

Pohjaveden luiskasuojauksen rakentamisen aikainen valvonta



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan, insinööri (AMK)

Hämeenlinnan korkeakoulutuskeskus

Kevät, 2022

Markku Jylhä

Tekijä Markku Jylhä

Vuosi 2022

Työn nimi Pohjaveden luiskasuojauksen rakentamisen aikainen valvonta

Ohjaajat Jukka Tiala (HAMK) ja Ilmari Sikander (Rakennuttajatoimisto HTJ Oy)

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tilaaja on Rakennuttajatoimisto HTJ Oy, jolla toimin maanrakennuksen työmaavalvojana. Opinnäytetyön tavoitteena on antaa kuva Suomen pohjaveden esiintymisestä maaperässä ja perehtyä pohjaveden luiskasuojauksen rakentamiseen maantiellä sekä laatia työmaavalvojille tarkistuslista huomioitavista asioista tuleville pohjaveden luiskasuojaus työmaille.

Opinnäytetyön aikana toimin työmaavalvojana Valtatie 3:lla Janakkalassa olevalla Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojaus, linja-autopysäkkien ja liityntäpysäköintialueen rakennusurakassa. Urakan tilaajana oli Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus ja pääurakoitsija toimi GRK Infra Oy. Viralan eritasoliittymän pohjavedensuojaus ja kuivatusjärjestelmät olivat puutteelliset sekä vanhentuneet, mikä vaikuttaa pohjaveden laatuun. Alueen pohjaveden laatu on todettu huonoksi johtuen liikenteestä ja talvikunnossapidosta.

Opinnäytetyön aikana laadittu työmaavalvojien tarkistuslista luiskasuojaustyömaille perustuu omiin havaintoihin ja kokemuksiin Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojaus työmaalta. Jokainen pohjavesisuojaushanke suunnitellaan tapauskohtaisesti mutta laadittu tarkistuslistasta helpottaa sekä opastaa muita työmaavalvoja henkilöitä tulevissa valvontatehtävissä pohjaveden luiskasuojaus työmaille.

Avainsanat Pohjavesi, luiskasuojaus, kloridisuojaus

Sivut 34 sivua ja liitteitä 9 sivua

Author Markku Jylhä

Year 2022

Subject Supervision during construction of groundwater side-slopes protection

Supervisors Jukka Tiala (HAMK) and Ilmari Sikander (Rakennuttajatoimisto HTJ Oy)

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Rakennuttajatoimisto HTJ Oy, where the thesis author works as a civil engineering supervisor. The subject of this thesis was to present information on Finnish groundwater deposits in the soil and learn about groundwater protection in main roadside-slopes, as well as to write a checklist for site supervisors on issues to consider for future groundwater side-slope protection at construction site.

During the thesis, I worked as a site supervisor on the construction for the groundwater protection, bus stops and access parking area of the Virala interchange at Valtatie 3 in Janakkala. The developer was Southeast Finland Center for Economic Development, Transport and Environment and the building contractor was GRK Infra Oy. The groundwater protection and drainage systems at Virala interchange are deficient and outdated, which affects the groundwater quality. The quality of the groundwater in the area has been confirmed to be poor due to traffic and winter maintenance.

The checklist of site supervisors for side-slopes protection on construction site is a result of the thesis and it is based on my own observations and experiences in Virala interchange. Each groundwater protection is planned on a case-by-case basis, but the checklist will simplify and guide other construction supervisors in future groundwater roadside-slope protection construction sites.

Keywords Groundwater, side-slopes protection

Pages 34 pages and appendices 9 pages

Sisälllys

Määritelmät.....	1
1 Johdanto	3
2 Pohjavesi.....	3
2.1 Esiintyminen ja muodostuminen	4
2.2 Pohjaveden luokittelu	6
2.3 Pohjaveden käyttö	6
3 Pohjavesisuojaus	6
3.1 Pohjavesisuojauksen tarkoitus.....	7
3.2 Pohjavesisuojauksen suunnittelun vaiheistus	8
4 Pohjaveden suojaustavan valinta.....	10
5 Luiskasuojaus.....	11
5.1 Kloridisuojaus rakenne.....	12
5.1.1 Asennusalusta	13
5.1.2 Bentoniittimatto.....	13
5.1.3 Muovikalvo	14
5.1.4 Mineraalinen kuivatuskerros	15
5.1.5 Salaojitus	16
5.1.6 Pintakerros ja pintaverhous	17
5.2 Onnettomuussuojaus.....	17
5.3 Läpiviennit.....	18
5.4 Päälystäminen	19
6 Pohjavesisuojauksen kuvaus	20
7 Käytönaikainen seuranta.....	20
8 Valtatie 3 Viralan eritasoliittymän parantaminen.....	21
8.1 Hankkeen kuvaus	22
8.2 Suunniteltu pohjavesisuojaus	23
8.3 Rakennusvaiheen valvonta	25
8.4 Liikennejärjestelyjen valvonta	26
8.5 Laatuaineiston valvonta	27
8.6 Tietomallin valvonta.....	28
8.7 Takuuajan valvonta	29
9 Pohdinta kohteen valvojan tehtävistä	30
10 Työmaavalvojan tarkistuslista	32

11 Yhteenveto	32
Lähteet.....	34

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu (Ahola, 2019)	5
Kuva 2 Suunnitteluperusteiden siirtyminen hankkeen vaiheissa (Torkkeli ym., 2021)	9
Kuva 3 Yhdistelmä rakenne (Tiehallinto, 2004b)	12
Kuva 4 Periaatekuva bentoniittimaton läpiviennistä (infraRyl, 2021)	18
Kuva 5 Viralan eritasoliittymän sijainti (Väylävirasto, 2019).....	22
Kuva 6 Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojaus kartaakuva (Henkilökohtainen tiedonanto, 2020.).....	24
Kuva 7 Viralan tyyppipoikkileikkaus luiskasuojauksesta (Henkilökohtainen tiedonanto, 2020.)	24

Liitteet

Liite 1	Vertailutaulukko pohjaveden suojaustavoista
Liite 2	Pohjaveden suojauksen kuvaus esimerkki
Liite 3	Pohjaveden luiskasuojauksen työmaavalvojan tarkistuslista

Määritelmät

Bentoniitti

Bentoniitti on luonnonsavea, jolla on hyvä kyky sitoa vettä sekä suuri turpoamiskyky ja alhainen vedenläpäisevyys.

Bentoniittimatto

Geotekstiileistä ja bentoniittisavesta valmistetaan bentoniittimatto. Geotekstiilit on ommeltu yhteen, joiden välissä on bentoniittisavikerros.

fPP

Lyhenne on sanoista *"Flexible polypropylene"* taipuisa polypropeeni.

InfraRyl

Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset sekä hyvä rakennustapa kuvataan kyseisessä palvelussa.

Kloridisuojaus

Kloridisuojaus toteutetaan alueille, missä pyritään estämään liukkaudentorjunnassa käytettyjen aineiden pääsy pohjaveteen. Kyseinen suojaus toimii myös onnettomuussuojauksena.

LDPE

Lyhenne on sanoista *"low density polyethylene"* matalatiheksinen polyeteeni.

LLDPE

"Linear low density polyethylene" Lineaarinen matalatiheksinen polyeteeni.

Liukkaudentorjunta

Vilkasliikenteisillä maanteilla liukkaudentorjunta aineena käytetään suolaa (*natriumkloridi, kalsiumkloridi, kaliumformiaatti, natriumformiaatti*) ja muilla teillä hiekkaa.

Luiskasuojaus

Maantien luiskaan tehty rakenne, joka suojaa pohjavettä. Luiskasuojauksen tiivistyskerroksena toimii bentoniittimatto ja muovikalvo.

Pohjavesi

Pohjavedeksi määritellään kaikki maanpinnan alapuolella oleva vesi, joka täyttää maa- ja kallioperässä olevat avoimet tilat.

Pohjaveden suojaus

Pohjaveden suojaamiseksi erikseen suunniteltu rakenne. Yleisimmät suojausrakenteet ovat betonikaiteen ja viemärin yhdistelmä sekä luiskasuojaus.

1 Johdanto

Pohjavettä on suomalaisten käyttämässä talousvedessä yli 50 %, joten pohjavesi on yksi tärkeimmistämme vedenlähteistä. Saastuneen pohjaveden puhdistaminen on hidasta ja haastavaa. Haitta-aineiden kulkeutuminen pyritään ehkäisemään ennalta pohjaveden suojausrakenteilla. Pohjaveden luiskasuojauksen rakentaminen on monivaiheinen, joten sen rakentamisessa vaaditaan tarkkuutta ja suunnitelmallisuutta.

Rakentamisessa rakennuttajaorganisaatio ulkoistaa työmaan valvontatehtävät lähes aina konsulteille, johtuen rakennuttajaorganisaatioiden pienestä henkilömäärästä sekä tilaajan vastuun täyttämisestä riittävästä rakentamisen aikaisesta laadunvalvonnasta.

Rakennuttajaorganisaation henkilömäärän vähentämisen seurauksena on ollut tietotaidon vähentyminen rakentamisen eri työvaiheista sekä laatuvaatimuksista.

Opinnäytetyö toteutettiin portfoliona, opitun teorian hyödyntämisenä käytäntöön.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa kuva Suomen pohjaveden esiintymisestä maaperässä ja perehtyä pohjaveden luiskasuojaukseen rakentamiseen maanteillä sekä työmaavalvojana toimimiseen pohjavesisuojaustyömaalla. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena on laatia työmaavalvojille tarkistuslista pohjaveden luiskasuojaus työmaille opastamaan rakentamisen aikana huomioitavia asioita.

Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus tilasi Rakennuttajatoimisto HTJ Oy:ltä työmaanvalvonnan sekä turvallisuuskoordinaattorin Valtatie 3:lla Janakkalassa olevalla Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojauksen rakennusurakkaan. Opinnäytetyön aikana toimin työmaavalvojana Viralan rakennusurakassa, jossa pääurakoitsijana toimi GRK Infra Oyj.

2 Pohjavesi

Pohjavedeksi määritellään kaikki maanpinnan alapuolella oleva vesi, joka täyttää maa- ja kallioperässä olevat avoimet tilat. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.) Pohjavettä esiintyy runsaimmin sora- ja hiekkamaaperäisellä maalla, sillä se läpäisee vettä helposti, näitä alueita

ovat esimerkiksi harjut. Suomessa esiintyy pohjavettä melkein kaikkialla (Suomen ympäristökeskus, 2019).

Pohjavesialueiksi luokitellaan yleisesti runsastuottoiset harju- ja sora-alueet (Torkkeli ym., 2020, s.88). Maanpinnasta etäisyys pohjaveden pintaan vaihtelee yhdestä metristä yli 50 metriin, usein pohjaveden pinta on kahden - viiden metrin syvyydessä maanpinnasta. Raja, jonka alapuolella kaikki kallio- ja maaperän huokoinen tila on peittynyt kokonaan vedellä, kutsutaan pohjaveden pinnaksi (Suomen ympäristökeskus, 2019). Pohjavesi muodostuu maakerrosten päälle, jotka läpäisevät huonosti vettä (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.).

2.1 Esiintyminen ja muodostuminen

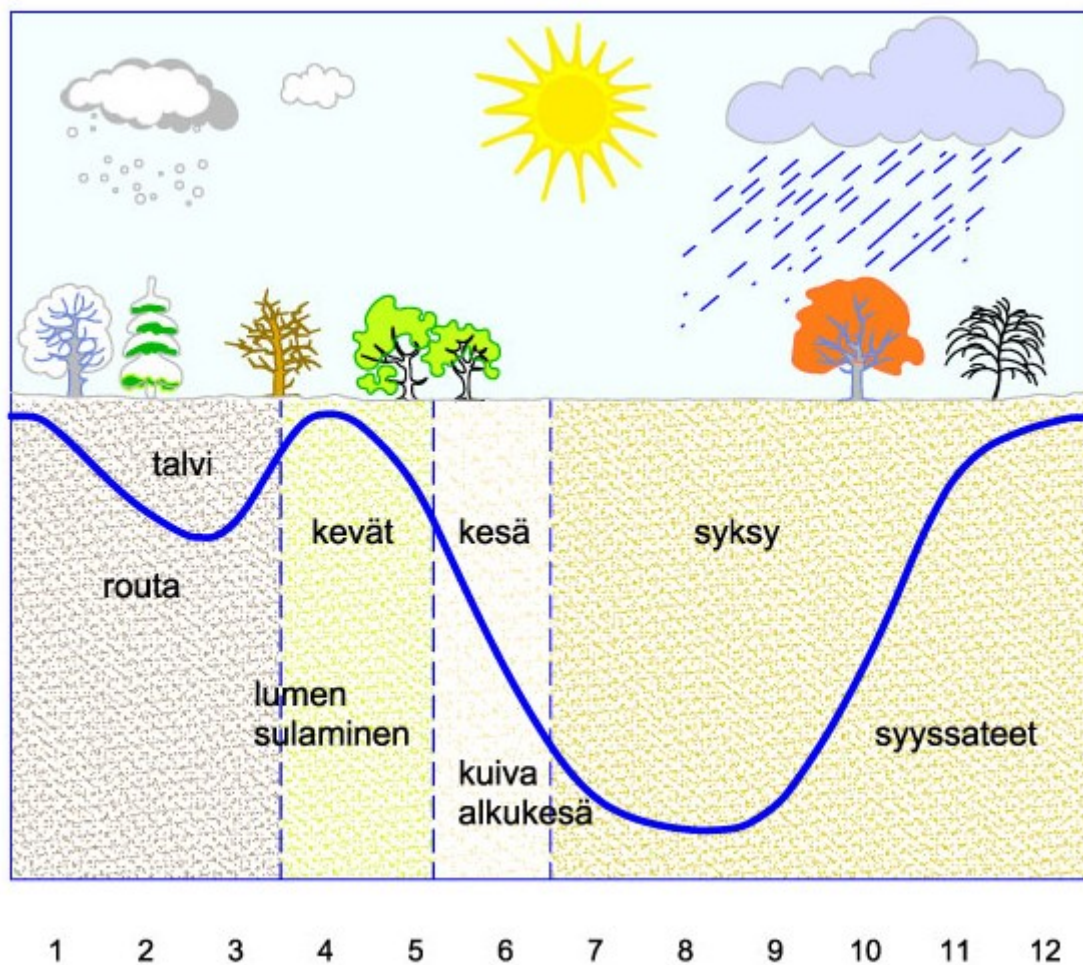
Kun maakerrosten läpi imeytyy sade- ja pintavesi tai vedet virtaavat kalliorakoihin, syntyy pohjavettä. Maalajien mukaan pohjaveden muodostuminen vaihtelee suuresti. Keskimäärin 30–60 % sadannasta sora- ja hiekkamuodostumien alueilla suodattuu pohjavedeksi. Alhaisimmillaan moreenimailla sadannasta vain 10 % suodattuu. (Torkkeli ym., 2020, s.91) Vielä vähäisempi pohjaveden muodostuminen on kallioalueilla ja savimailla. Vettä huonosti läpäisevien hienorakeisten maalajien alueilla sulamis- ja sadevedet valuvat ojien kautta vesistöihin. (Suomen ympäristökeskus, 2019.)

Pohjavesimuodostumia on vettä ympäristöön keräävä (synkliini) tai vettä ympäristöön purkavaan (antikliini). Vuodenajoilla voi olla vaikutusta näiden pohjaveden muodostumisen mallien välillä. (Torkkeli ym., 2020, s.88) Pohjaveden muodostuma esimerkiksi harjuissa ja reunamuodostumilla, jossa on paljon vapaata vettä, kutsutaan akviferiksi (Suomen ympäristökeskus, 2019).

Pohjavedenpinta seuraa pääpiirteittäin maanpinnan muotoja. Maanpintaan pohjavesi yhtyy vesistöillä, soilla ja lähteissä. Kuvassa 1 on esitetty pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelevuus vuodenaikojen mukaan. (Torkkeli ym., 2020, s.91) Vuodenaikojen pituuksista johtuen eri osissa maata vaihtelu on erilaista. Talvella lumisade ja routa estävät veden imeytymisen maaperään, minkä seurauksena pohjavesivarannot pienentyvät hiljalleen. Keväällä lumien sulaminen täydentää varantoja. Lämpimän kesän sadevesi ei pääse imeytymään syvälle, koska haihdunta on suurta ja kasvillisuus käyttää

maankosteusvarastoja. (Suomen ympäristökeskus, 2019) Syksyn vesisade täydentää pohjavesivarannot. Muodostuman koko, pohjavedenpinnan etäisyys maanpintaan ja maaperän laatu vaikuttavat pohjavedenpinnan korkeuden muutoksiin vesisateen lisäksi. Mitä syvemmällä maanpinnasta pohjavedenpinta sijaitsee, sitä hitaampaa on sen vaihtelu. (Torkkeli ym., 2020, s.91) Maaperän suuri muokkaaminen ja pohjaveden runsas käyttö voivat vähentää pohjaveden määrää (Suomen ympäristökeskus, 2019).

Kuva 1. Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu (Ahola, 2019)



Suomessa on n. 6000 kartoitettua pohjavesialuetta, joilla muodostuu vuorokaudesta noin 5,4 miljoonaa kuutiometriä pohjavettä. Pohjavesialueet Suomessa ovat suhteellisen pieniä. Kolmannes Suomen pohjavesialueista sijaitsee Lapin alueella. Ahvenanmaalla sekä Pohjois- ja Etelä-Savon alueilla on vähiten pohjavesialueita. (Maa- ja metsätalousministeriö n.d.)

2.2 Pohjaveden luokittelu

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus luokittelee vesien- ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain mukaan pohjavesialueensa kolmeen luokkaan (Maa- ja metsätalousministeriö n.d.). Pohjavesialue, jonka vettä hyödynnetään vedenhankinnassa, on 1-luokan alue, luokan 2 pohjavesialueet ovat muuhun vedenhankintaan ja pintavesi- tai maanekosysteemi, joka on riippuvainen pohjavedestä, kuuluu E-luokkaan (Torkkeli ym., 2020, s.92).

Nykyiset pohjavesialueen luokat tulivat voimaan 2016 vuonna (Torkkeli ym., 2020, s.92). Vanhat pohjavesialueen luokka merkinnät olivat I-, II- ja III-jaottelulla. Luokka merkintä I on tärkeä alue, II-luokka soveltuva vedenhankintaan ja muuksi luokiteltu pohjavesialue on III-luokka (Suomen ympäristökeskus, 2020).

2.3 Pohjaveden käyttö

Perinteisten kaivojen vedenlähteenä on käytetty pohjavettä. Pohjavesivarojen kartoitus ja käytön suunnittelu alkoi 1960-luvulla. Tärkeät pohjavesialueet vedenhankinnan kannalta määriteltiin 1970-luvulla vesihallinnon toimesta. Vesihuollossa pohjaveden merkitys on jatkuvassa kasvussa. (Maa- ja metsätalousministeriö n.d.)

Suomessa saatava pohjavesi luonnontilaisista olevista hiekka- ja sora muodostumista on laadultaan hyvää. Vesihuollon kannalta pohjavedellä on suuri merkitys, sillä pohjaveden käsittelytarve on vähäinen sen tasalaatuisuuden vuoksi. Pohjaveden tasalaatuisuuden ja vähäisen käsittelytarpeen vuoksi vesilaitokset käyttävät pohjavettä raakaveden lähteenä. Pohjavettä on noin 65 % suomalaisten käyttämässä talousvedessä. Tekopohjavesi sisältyy osuuteen. Tekopohjavettä tuotetaan johtamalla pohjavesialueiden maaperän pintavettä. (Suomen ympäristökeskus, 2019)

3 Pohjavesisuojaus

Maailman suurin makean veden varasto muodostuu pohjavesistä. Ihmistoimilla on pitkäaikaisia vaikutuksia pohjaveteen, sillä haitta-aineiden poistuminen ja pohjaveden vaihtuminen on hidasta. Euroopassa on pitkä tausta pohjavesien suojelulle. Vuonna 1980

annettiin direktiivi pohjavedestä. Ensimmäisen pohjavesi direktiivin jälkeen on asetettu monia ohjaavia direktiivejä vesien käyttöön ja vuonna 2012 Euroopan vesivarojen turvaamiseksi julkaistiin suunnitelma vuoden 2000 vesipuitedirektiivin asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. (Sikiö, 2016, s.3)

Euroopassa vaihtelee pohjavesien laadullinen ja määrällinen tila, Suomessa tilanne on parempi verrattuna EU-alueen moniin muihin maihin. Ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014 §17), vesilaki (587/2011) sekä lait vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004) ohjaavat Suomessa pohjavesien suojelua. Pilaantumiskielto ja pohjavesien muuttamiskielto ovat pohjaveden suojelun pääperiaate. (Sikiö, 2016, s.3)

Avainasemassa pohjavesien suojelussa on ennaltaehkäistä pilaantumista (Torkkeli ym., 2020 s.14). Pohjavedet ovat pilaantumiselta paremmin suojassa pintaveteen verrattuna, mutta myös alttiita ympäristövaurioille ja pilaantumisemiselle. Likaantuneen pohjaveden puhdistaminen on kallista ja erittäin haastavaa, minkä vuoksi pohjaveden suojelu on tärkeää. Pohjaveden laatua ja saatavuutta uhkaa ihmisen toiminta, esimerkiksi teiden talvikunnossa pito, lannoitteet, torjunta-aineet, orgaaniset liuottimet tai muiden haitallisten aineiden maaperään joutumisen seurauksena. (Suomen ympäristökeskus, 2019)

Suomen ympäristökeskus seuraa noin 50 seuranta-asemalla, luonnontilassa tai mahdollisimman luonnontilassa olevien pohjavesien laatua eri puolella Suomea (Suomen ympäristökeskus, 2019). Tavoitteena on varmistaa niillä pohjavesialueilla, jotka sijaitsevat maantien läheisyydessä, hyvä pohjaveden laadullinen ja määrällinen tila. (Torkkeli ym., 2020, s.14)

3.1 Pohjavesisuojauksen tarkoitus

Suolapitoisten vesien sekä ympäristöä vahingoittavien aineiden kulkeutumista pohjavesiin estetään pohjavesisuojuuksilla (Lehtonen, 2004, s.9). Liukkauden torjunnassa käytetyn tiesuolan käyttö lisääntyi 1960-luvulla ja 1990 vuonna tiesuolaa levitettiin yli 150 000 tonnia. Nykyisin käytetään keskimäärin 95 000 tonnia vuodessa tiesuolaa. Natriumkloridia käytetään suurammaksi osin liukkaudentorjunnassa ja vaihtoehtoisia aineita ovat liuosmainen kaliumformiaatti ja kideäistä natriumformiaattia. (Torkkeli ym., 2020, s.16)

Talvikunnossapito kaudella 2014–2015 oli maanteillä liukkaudentorjunnassa käytössä kaliumformiaattia yhteensä 32 pohjavesialueella (Sikiö, 2016, s.4).

Pohjaveden suojauksessa pyritään ennaltaehkäistä pohjaveden likaantumista. Ennaltaehkäisykeinot voivat esimerkiksi olla pohjavesisuojausten rakentaminen ja vaihtoehtoisen liukkaudentorjunta-aineen käyttäminen. Suomessa on toteutettu noin 290 kilometriä pohjavesien luiskasuojauksia maantieverkolla. Pohjavesisuojausten rakentaminen aloitettiin jo 1980-luvulla. Nykyisin vanhojen teiden korjaamisen ja uusien teiden rakentamisen yhteydessä asennetaan pohjavesisuojauksia vuosittain yhdestä kahteen kohteeseen. (Sikiö, 2016, s.3) Nykyiset pohjavesisuojausrakenteet ovat ennen vuoden 1990 toteutuneisiin rakenteisiin verrattuna merkittävästi parempia suojausteholtaan (Sikiö, 2016, s.4).

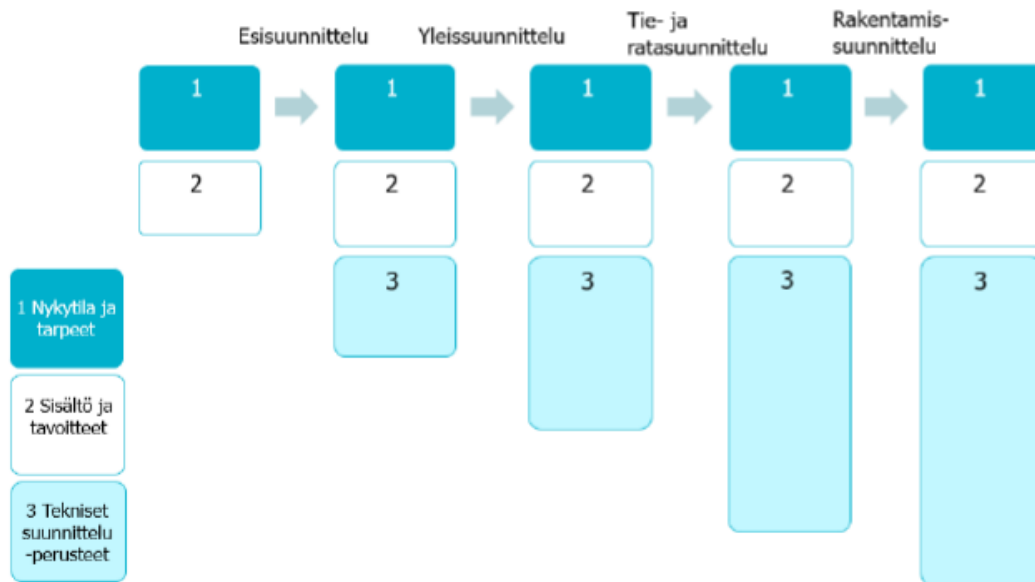
Liikenneviraston ja ELY-keskuksen yksi ympäristötyön kehittämisen painopistealue on pohjavesien ja maaperän suojelu. Suomessa on 5970 kilometriä maanteitä I-luokan pohjavesialueilla ja 2670 kilometriä maanteitä II-luokan pohjavesialueilla. Lisääntyvästä liikenteestä johtuen tulevaisuudessa maaperään ja pohjavesiin liittyvät riskit tulevat kasvamaan, näin ympäristötoimintalinjassaan on Liikennevirasto arvioinut. On arveltu pohjaveden laadun parantuvan ja pohjavedenriskien pienenevän niillä alueilla, joissa toteutetaan pohjavedensuojauksia, korvaavan materiaalia käyttö liukkaudentorjunnassa, maaperän ja pohjaveden puhdistus. (Sikiö, 2016, s.14)

3.2 Pohjavesisuojausten suunnittelun vaiheistus

Väyläviraston 38/2021, *Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus*-ohje kuvaa menettelyt teiden, ratojen ja vesiväylien suunnitteluperusteiden laadinnalle (Torkkeli ym., 2021, s.3). Tavoitteiden ja teknisten suunnitteluperusteiden siirtyminen suunnitteluvaiheesta toiseen ja näiden toteutuminen varmistetaan suunnitteluperusteilla (Torkkeli ym., 2021, s.6). Kuvassa 2 havainnollistetaan suunnitteluperusteiden siirtyminen suunnitteluprosessissa. Esiselvitys, yleissuunnitelma, tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma ovat tiehankkeen suunnitteluprosessin vaiheet (Torkkeli ym., 2020, s.22). Vanhojen maanteiden parantaminen tai uusien rakentaminen suunnitellaan siten, ettei liikenteestä tai kunnossapidosta aiheudu haittaa pohjaveden laadulle. Uusien maanteiden rakentamista

pohjavesien muodostumisalueille tulisi välttää. Pohjavedensuojauksen rakentaminen vaikuttaa kuitenkin sadeveden imeytymiseen koko suojauksen laajuudelta. (Torkkeli ym., 2020, s.19)

Kuva 2. Suunnitteluperusteiden siirtyminen hankkeen vaiheissa (Torkkeli ym., 2021)



Tien nykytilan ongelman, tarpeen sekä tavoite ovat keskeisiä suunnitteluperusteita esisuunnitteluvaiheessa (Torkkeli ym., 2021, s.15). Esisuunnitteluvaiheessa aloitetaan jo maantien pohjavesisuojauksen suunnittelu. Pohjavesialueesta kerätään lähtötiedot ja arvioidaan suojaustarve sekä toteutetaan alustavat maastotutkimukset pohjavesialueella. (Sikiö, 2016, s.24) Esisuunnitteluvaihe on yleisluontoista ja avoin ideoinneille (Torkkeli ym., 2021, s.15).

Esisuunnitteluvaiheen lopputulos on lähtökohta yleissuunnitteluvaiheelle. Kyseisessä suunnitteluvaiheessa tarkennetaan tiehankkeen nykytilaa, tarpeita ja kirjataan tekniset suunnitteluperusteet, esimerkiksi telematiikan lisäämiset. Yleissuunnitteluvaiheessa laadittu yleissuunnitelma on *Liikennejärjestelmästä ja maanteistä 527/2018* lakiin perustuva. (Torkkeli ym., 2021, s.17)

Aluetarpeet, vaikutukset ja rakentamiskustannukset selvitetään lakiin perustuvassa tiesuunnitelmassa (Torkkeli ym., 2021, s.17). Tiesuunnitelmavaiheen perusteella määräytyvät suojauksen laajuus ja vaativuusluokka, jotka määrittävät pohjavesisuojauksen

materiaalit (Sikiö, 2016, s.24). Tiesuunnitelmavaiheessa yleisesti tarkennetaan rakennuskohteen tavoitetta ja laatutasoa (Torkkeli ym., 2021, s.17).

Rakentamissuunnitteluvaiheen lähtötiedot ovat aiemmissa vaiheissa selvitetty lähtökohdat ja tavoitteet (Torkkeli ym., 2021, s.19). Pohjavedensuojauksessa käytettävät materiaalit ja rakenteet sekä määräävät asiakirjat päätetään rakennussuunnitelmassa (Torkkeli ym., 2020, s.29). Kyseiseen vaiheeseen kuuluu hankinnan valmisteluvaihe, minkä suunnitteluperusteena toimii aikaisempien vaiheiden lopputulokset. Rahoituksen tarkentumisella ja toteutuksen urakkamuodolla voi olla vaikutus hankkeen kokonaisuuteen sekä suunnitelmien tasoon ja tarkkuuteen. (Torkkeli ym., 2021, s.19)

4 Pohjaveden suojaustavan valinta

Pohjavesiselvityksen ja riskikartoituksen pohjalta määritellään tapauskohtaisesti suojauksen tarve ja laajuus (Toikka ym., 2020, s.21). Liitteessä 1 olen havainnollistanut ja koonnut eri vaihtoehdot pohjavesisuojaus tavoista sekä niiden ominaisuudet taulukkoon. Vaihtoehdot pohjavedensuojaukseen tiealueella ovat luiskasuojaus, betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmä sekä penkereen alle tehtävä suojaus. Vesitiivistä asfalttipäällystettä on käytettävä luiska- ja betonikaidesuojauksissa. Suojausvaihtoehdoissa on eroavaisuuksia vesien hallinnassa ja käytönaikaisen toimivuuden todentamisessa. (Torkkeli ym., 2020, s.60)

Maantien luiskaan rakennettua pohjavesisuojausta kutsutaan luiskasuojaukseksi. Luiskasuojauksessa tieltä valuva likainen vesi suodattuu luiskan kasvillisuudessa ja maakerroksissa. Talvella, kun maakerrokset ovat jäässä sekä rankkasateiden aikaan suurin osa vedestä ei suodatu. Rakennuskohteen maastonmuodolla on suuri vaikutus luiskasuojauksen toteuttamiseen. Kohteet, joissa on jyrkkäluiskainen penger tai alaspäin viettävä rinne eivät sovellu luiskasuojaukselle. Jyrkissä tai korkeissa luiskissa on luiskasuojauksen vaurioitumisen riski suuri märkänä vuodenaikana ja repeämisestä sekä valumisesta johtuvien vaurioiden korjaaminen on haastavaa. Luiskasuojauksen rakentamisen jälkeen, suojauksen vesitiiveyden ja kunnan tarkistaminen on haastavaa. (Torkkeli ym., 2020, s.60)

Useimpiin kohteisiin varsinkin korkeille penkereille pohjaveden suojaustavaksi soveltuu betonikaiteen ja sadevesiviemärin yhdistelmä. Sadevedet ja lumen sulamisvedet virtaavat sadevesikaivoihin ja viemäriputkea pitkin purkupaikkaan, jossa voi vaikuttaa vesien jälkikäsittelytarpeeseen. Käytönaikana betonikaiteen ja sadevesiviemärin kunto on helppo todeta. Ajoneuvon törmäyksestä johtuvat vauriot betonikaiteessa on helppo korjata. Betonikaiteella on myös pienentävä vaikutus ajoneuvomelua kohtaan. (Torkkeli ym., 2020, s.60)

Rakennuskohteen maastonmuodoilla on vaikutus suojaustavan valinnassa. Jos suojattavalla alueella on luiskan korkeus yli kaksi metriä tai sisäluiskan kaltevuus jyrkempi kuin 1:3, on betonikaiteen ja sadevesiviemärin rakentaminen yleensä kustannuksiltaan pienempi. Luiskasuojauksen rakentamiskustannuksiin vaikuttaa merkittävästi hankkeelta saatavan maa-aineksen soveltuvuus pintakerroksiin. (Torkkeli ym., 2020, s.61)

5 Luiskasuojaus

Luiskasuojaus on pohjaveden kloridi- tai onnettomuussuojausrakenne, joka on rakennettu tieluiskaan (Toikka ym., 2020, s.9). Kloridisuojaus tehdään alueilla, jossa estetään tiesuolan imeytyminen pohjaveteen. Bentoniittimatto ja muovikalvo (geomembraani) yhdessä koostavat tiivistysrakenteen, jota käytetään kloridisuojauksessa ja kutsutaan yhdistelmärakenteeksi (Torkkeli ym., 2020, s.60). Yhdistelmä rakenne on toimintavarmin suojarakenne Suomen ilmastossa. Suojarakenteen tehokas toimiminen perustuu siihen, että rakenteessa käytetyt materiaalit suodattavat haitta-aineita eri tavoin. (Toikka ym., 2020, s.21) Kuivatusta luiskasuojauksessa tehostetaan vesijuoksun kohdalla salaojituksella (Torkkeli ym., 2020, s.10).

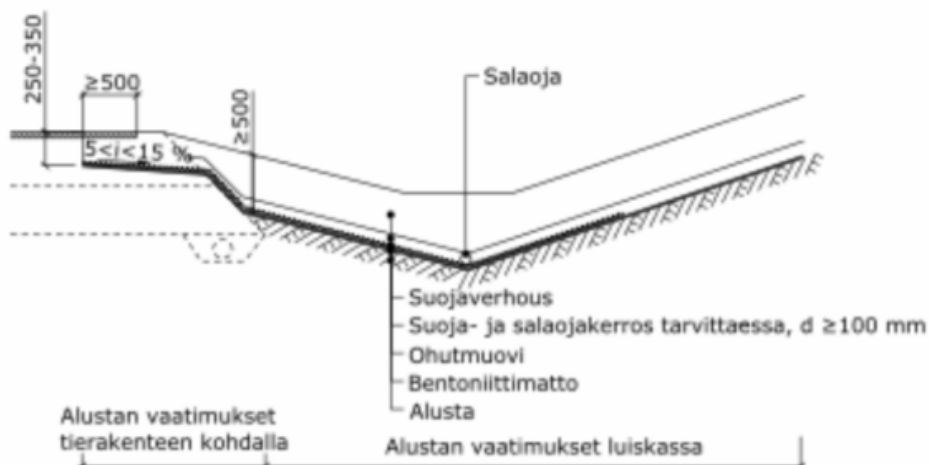
Luiskasuojauksen leveys toteutetaan maantien päällysteen reunasta 10 metrin levyisenä, huomioiden ulkoluiskan korkeusero vähentävästi tai lisäten leveyteen. Ulkoluiskassa suojaus asennetaan vähintään yhden metrin korkeuteen ojan pohjasta. Mahdolliset aurauslumet eivät yleensä lennä suojausleveyden ulkopuolelle. Poikkeustilanteissa esimerkiksi johtuen metsän säästämisestä, kiinteistöjen rajoista tai muusta syystä voidaan pohjaveden suojaus toteuttaa kuuden metrin levyisenä. (Torkkeli ym., 2020, s.63)

Valmiin luiskasuojauksen vesitiiveys ja kunto on haastava tarkistaa, jolloin rakentamisen aikaisessa laadunvalvonnassa tulee kiinnittää huomiota asennusalustaan ja tiivistysrakenteen limityksiin sekä läpivientien tiiveyteen. Suojauksen kriittisin kohta on ojan pohjalla oleva vesijuoksu. Pienikin reikä tai virheellinen limitys voi vaikuttaa suojauksen toimivuuteen. (Torkkeli ym., 2020, s.30)

5.1 Kloridisuojaus rakenne

Suojarakenteiden tarkoitus on pidättää haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen ja hallitusti ohjata pohjaveden muodostumisalueelta haitta-ainepitoiset vedet pois (Toikka ym., 2020, s.21). Asennusalustasta, bentoniittimatosta, muovikalvosta, suojageotekstiilistä, kuivatuskerroksesta, salaojaputkesta, pintakerroksesta ja kasvualustasta koostuu maanteiden kloridisuojaus esitetty kuvassa 3. (InfraRyl 14231 Teiden ja katujen pohjavedensuojaus) Ilman kuivatusjärjestelmää toteutettu kloridisuojaus toimii myös onnettomuussuojauksena. (Torkkeli ym., 2020, s.10.)

Kuva 3. Yhdistelmä rakenne (Tiehallinto, 2004)



Yleensä luiskasuojauksen rakentaminen aloitetaan tien pituussuunnassa alimmasta kohdasta ylöspäin. Poikkeustilanteessa asentamisen voi toteuttaa ylhäältä alaspäin, jolloin vesienhallinta on suunniteltava siten, ettei levitetty bentoniittimatto kastu. (InfraRyl 14231.3.2)

5.1.1 Asennusalusta

Suojausrakenteen asennusalustan on oltava tasapintainen ja tiivistetty. Asennusalustana toimivat käytännössä kaikki tierakenteet niin pohjamaat, louheet tai pengertäytöt. InfraRYL luvun 14231.2 mukaisesti, asennusalustasta on poistettava terävät irtokivet, juuret ja koneiden aiheuttamat painumat. Asennusalustan epätasaisuudet voidaan esimerkiksi täyttää hiekalla. (InfraRYL 14231.3.1) Luiskasuojauksen tiivistysrakenteeseen ulotetaan olemassa olevan tien päällysteen alle 0,5–0,6 metriä (Torkkeli ym., 2020, s.69).

Valmiille asennusalustalle suoritetaan tarkistus, jossa silmämääräisesti tarkistetaan alustan tasaisuus ja kaltevuudet vastaavat suunnitelma-asiakirjoja (InfraRYL 1431.3.1).

5.1.2 Bentoniittimatto

Valmiille ja tarkistetulle asennusalustalle asennetaan bentoniittimatot. Toisiinsa ommeltuja geotekstiilejä, joiden välissä on savea muistuttavaa bentoniittia, kutsutaan bentoniittimatkoksi (Sikiö, 2016, s.38). Bentoniittimatto on materiaalina itsestään korjautuva, sillä kun vesi imeytyy bentoniittiin, pienet halkeamat korjautuvat ja materiaali tiivistyy (Torkkeli ym., 2020, s.67).

Yhdysvalloista ja Euroopan eteläosista on tuotu Suomeen bentoniittia. Vulkaanisen tuhkan pitkän ajan muuttumisen seurauksena syntyy bentoniittia. (Sikiö, 2016, s.38) Bentoniitti on ominaisuuksiltaan savea muistuttava ja erityisominaisuutena on kastuessaan suuri turpoamiskyky (Torkkeli ym., 2020, s.10). Oikeissa olosuhteissa bentoniitti voi turvota jopa kymmenkertaiseksi kuivaan bentoniittiin verrattuna (Sikiö, 2016, s.38). Bentoniitilla on myös erittäin alhainen veden läpäisevyys, tämän vuoksi pohjavesisuojuksissa hyödynnetään bentoniittia (Torkkeli ym., 2020, s.10).

Bentoniittimatto asennus aloitetaan alhaalta ylöspäin limisaumoin, jolloin vesi virtaa sauman ylitse tiilikattomaisesti (Torkkeli ym., 2020, s.69). Bentoniittimatto rullaa siirretään sekä asennetaan kaivinkoneeseen kytketyn asennuspuomin avulla (InfraRYL 1423.3.2).

Asentaessa bentoniittimaton rullakaistoja, limityksen sivusaumassa tulee olla vähintään 0,3 metriä ja jatkoskohdissa limityksen tulee olla vähintään 0,5 metriä (Torkkeli ym., 2020, s. 69).

Bentoniittimaton asennus toteutetaan sateettomana aikana (InfraRyl 14231.3.2). Asennettu bentoniittimatto on peitettävä vuorokauden kuluessa, jolloin sääaltistuskokeita ei vaadita (InfraRyl liite 8 Bentoniittimaton ominaisuudet). Vähäisen vesisateen aikana voidaan asentaa, jos bentoniittimatto peitetään välittömästi asennuksen jälkeen. Vesilammikoiden päälle ei saa asentaa bentoniittimattoa. (InfraRyl 14231.3.2) Talvella luiskasuojauksen rakentaessa bentoniittimatto saa jäätyä (Torkkeli ym., 2020, s.67). Asennusvaiheessa vettyneen bentoniittimaton päälle levitetään uusi matto siten, että uusi bentoniittimatto ulottuu 0,5 metriä vettyneen alueen ylitse (InfraRyl 14231.3.2).

Bentoniittimatto vaatii vähintään 500 mm paksuisen maakerroksen painon päälle, jolloin paisuminen tapahtuu riittävässä jännitystilassa saavuttaakseen alhaisen vedenläpäisevyyden ja hyvän tiiveyden. Bentoniitti saa riittävän kosteuden pohjamaasta ja turpoaminen tapahtuu kolmen viikon sisällä. (Sikiö, 2016, s.38)

Bentoniittimatosta otetaan materiaalin vastaanottotarkastuksen yhteydessä näyte alkavaa 10 000 m²:ä kohti, joka toimitetaan tilaajan hyväksymään testauslaboratorioon.

Näytepaloista testataan vähintään paisumisindeksi ja bentoniitin määrä. Bentoniittimaton tuotetiedoilla, CE-merkinnällä ja suoritustasoilmoituksella osoitetaan suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt ominaisuudet. (InfraRyl 14231.1.3)

Työmaavalvojan on seurattava työmaalla, että bentoniittimaton varastointi ja käsittely on Infra RYL kohdassa 14231.3.2 vaaditun mukaista ja toimitettu bentoniittimatto täyttää tuotevaatimukset. Bentoniittimaton asennusvaiheessa työmaavalvoja seuraa, että työsuoritus on urakoitsijan laatiman työ- ja laatusuunnitelma mukaista sekä työskentely on turvallista.

5.1.3 Muovikalvo

Muovikalvon vanha termi oli ohutmuovi (InfraRyl 14231). Muovikalvo asennetaan bentoniittimaton päälle ja ulotetaan kokonaan suunnitellun luiskasuojauksen leveydeltä. Sen tarkoituksena on vähentää vedenpainetta ja kosteusvaihtelua, sekä estää kasvien juuria varioimasta bentoniittimattoa. (Torkkeli ym., 2020, s.70) On havaittu, että ulkoluiskassa oleva bentoniittimatto ilman muovikalvoa saattaa olla kuiva, jolla olisi vaikutus rakenteen

toimivuuteen (Sikiö, 2016, s.51). LDPE, LLDPE sekä fPP ovat muovikalvon laatuja, joita voidaan käyttää pohjaveden luiskasuojauksessa (InfraRYL 14231.1.5).

Muovikalvorullan käsittelyssä on noudatettava varovaisuutta ja rullan siirrot sekä asennus toteutetaan kaivinkoneeseen kytketyllä rullan läpi ulottuvalla nostopuomilla (InfraRYL 14231.3.3). Muovikalvo asennetaan noin 0,5–0,6 metriä tierakenteen päällysteen alle ja ulkoluiskassa vesijuoksun pohjasta minimissään 0,5 metrin korkeuteen (Torkkeli ym., 2020, s.70). Asennus suoritetaan kuivalla ja mahdollisimman tyynellä säällä (InfraRYL 14231.3.3).

Kloridisuojauksessa pysyvää vedenpainetta ei kohdistu muovikalvolle, jolloin muovikalvo voidaan asentaa limisaumoin sekä sallia pienet reiät ulkoluiskassa vesijuoksun yläpuolella. (Torkkeli ym., 2020, s.70) Muovikalvo voidaan tarvittaessa ankkuroida asennuksen ajaksi ankkurikaivantoa tai metalli- tai puutappeja hyödyntäen (InfraRYL 14231.3.3). Kitkapintaista muovikalvoa voidaan käyttää jyrkkäluiskaisissa penkereissä. Kuitenkin kitkapintaisen muovikalvon käytöstä ei ole kokemusta ennen vuotta 2020 (Torkkeli ym., 2020, s.65).

Ennen muovikalvon asennusta urakoitsija esittää valmistajan tuotetiedoilla, CE-merkinnällä ja suoritustasoilmoituksella, että suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt materiaalivaatimukset täyttyvät (InfraRYL 14231.1.5). Muovikalvon asennusvaiheessa työmaavalvoja seuraa työnsuoritusta urakoitsijan laatiman työ- ja laatusuunnitelman mukaisesti sekä sitä, että Infra RYL kohdassa 14231.3.3 mainitut limitykset, läpiviennit sekä muovikalvon tasaisuus täyttävät laatuvaatimukset.

5.1.4 Mineraalinen kuivatuskerros

Kuivatuskerroksella edesautetaan suojauksen kuivatusta, jolla poistetaan tiivisrakennetta kuormittavan vedenpaine (Torkkeli ym., 2020, s.70). Mineraalinen kuivatuskerros rakennetaan muovikalvoa suojaavan suojageotekstiilin päälle yhtenä kerroksena ja tiivistämättä. Materiaali ripotellaan paikoilleen pyrkien välttämään mahdollisten kasojen työntämisen, jotteivat tiivistysrakenteet vaurioidu. (InfraRYL 14231.3.6.1)

Mineraalisen kuivatuskerroksen vähimmäispaksuus on 100 millimetriä (InfraRYL 14231.1.7.1). Väyläviraston Pohjaveden suojelu maanteillä-ohjeessa suositellaan rakennettavan kuivatuskerroksen paksuudeksi vähintään 200 millimetriä (Torkkeli ym. 2020,

s.70). Valmiin kuivatuskerroksen päälle voi asentaa luokan N3 suodatinkankaan, estämään kerros materiaalien sekoittumisen ja eroosiovaurioiden syntymisen (InfraRYL 14231.1.7).

Koska ohuen kerroksen rakentaminen on haastavaa ja levityskalusto voi vaurioittaa muovikalvoa voidaan vaihtoehtoisesti erillisen kuivatuskerroksen toteuttaa salaojamatolla tai hyvin kuivettuvalla pintakerroksella (Torkkeli ym., 2020, s.70).

Käytetystä materiaalista tulee kelpoisuus osoittaa CE-merkinnällä, rakeisuuden tutkimustuloksella ja suoritustasoilmoituksella, jotka ovat standardin SFS-EN 13242 mukaisesti laadittu (InfraRYL 14231.1.7.1). Työmaavalvojan tulee tarkistaa, että materiaalista esitetyt dokumentit ja mittaustulokset täyttävän asetetut vaatimukset. Työmaalla valvojan on seurattava, että mineraalisen kuivatuskerroksen paksuus täyttää suunnitelma-asiakirjoissa esitetyn kerrospaksuuden ja asennus toteutetaan Infra Ryl:ssä esitetyllä tavalla.

5.1.5 Salaojitus

Kloridisuojausta kuormittava vedenpaine poistaminen on edellytys suojauksen toimivuudelle (Torkkeli ym., 2020, s.70). Salaojaputkella ja sen ympärystyillä tehostetaan yhdistelmä rakenteen kuivatusta. Muovikalvon suojaksi asennetaan suojageotekstiili tai salaojamatto, jonka päälle asennetaan salaojitus vesijuoksun kohdalle. (InfraRYL 14231.1.7.3)

Pestyä luonnonsoraa tai kalliomurskettä enimmäisraekooltaan 16 mm käytetään salaojaputken ympärystyissä. Valmiin salaojituksen päälle asennetaan suodatinkangas estämään muiden suojausrakenteiden sekoittumisen. (InfraRYL 14231.1.7.3) Salaojan lietepesällisiä tarkistuskaivoja voidaan asentaa 0,5 kilometrin välein (Torkkeli ym., 2020, s.70). Kuitenkin lietepesällisten tarkistuskaivon asennusta pyritään välttämään, jottei tiivistysrakenteeseen tehdä läpivientejä (InfraRYL 14231.1.7.3).

5.1.6 Pintakerros ja pintaverhous

Bentoniittimattoa ja muovikalvoa suojaa eri vuoden ajoilta pintakerros (Torkkeli ym., 2020, s.71). Pintakerros rakennetaan hiekasta, jonka rakeisuusalue vaatimukset on esitetty Infra Ryl 14231.1.8 kohdassa (InfraRYL 14231.1.8).

Pintakerros toimii kasvualustana, joka suodattaa haitta-aineita (InfraRYL 14231).

Luiskasuojauksessa pintakerroksen paksuus on vähintään 0,5 metriä ja tierakenteen päällysteen reunassa vähintään 0,25 metriä (Torkkeli ym., 2020, s.68). Pintakerroksen materiaalin rakeisuusalueen valinnassa tulee huomioida mahdollisesti käytetyn salaojamaton asettamat rakeisuusvaatimukset (InfraRyl 14231.1.8).

Pintakerroksen asentaminen suoritetaan kaivinkoneella kevyesti nostaen paikoilleen ja pyrkien välttämään materiaalin työntämistä, jottei alapuolisiin suodatinkankaisiin tai suojageotekstiileihin tapahdu muodonmuutoksia. Pintakerroksen tiivistys toteutetaan kaivinkoneen kauhalla kevyesti painelemalla. (InfraRYL 14231.3.7)

Pintakerroksen paksuuteen kuuluu pintaverhous. Suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti pintakerroksen päälle asennetaan pintaverhous, kuten kiveys, kasvialusta tai eroosiosuojauksen pohjaan. (Torkkeli ym., 2020, s.72)

5.2 Onnettomuussuojaus

Onnettomuussuojauksen tavoite on estää onnettomuus tilanteessa mahdollisten vaarallisten aineiden kulkeutuminen maaperään. Pohjaveden luiskasuojaus voidaan rakentaa onnettomuussuojauksen, jos tiellä on paljon raskasta liikennettä ja tie ei kuulu talvisuolauksen piiriin. (Torkkeli ym., 2020. s.76)

Onnettomuussuojauksen rakenne koostuu maatiivistä kerroksesta, esimerkiksi laihasta savesta. Pintakerros rakennetaan kitkamaasta ja asennetaan maatiivisten päälle.

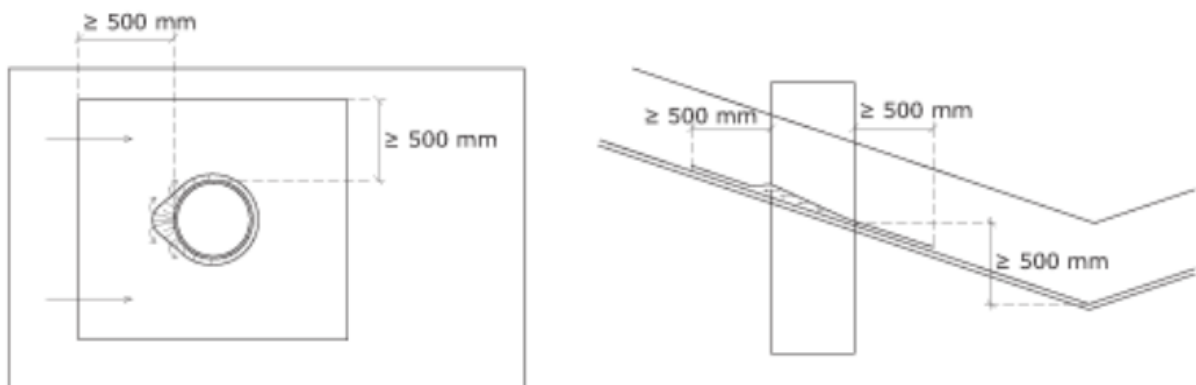
Pintakerros peitetään kasvialustalla Infra Ryl kohdan 23110 mukaisella materiaalilla.

Onnettomuussuojaus toteutetaan ilman kuivatusrakenteita. (Torkkeli ym., 2020, s.76)

5.3 Lämpiviennit

Luiskasuojauksen läpiviennit opastustaulujen- ja valaisinpylväiden jalustoille sekä kaivoille ja portaalien jalustoille on suunniteltava ja toteuttaa huolellisesti (ks. kuva 4). (InfraRYL 14231) Tehdyissä pohjavesisuojausten kuntotarkastuksissa on havaittu läpivientien tiiveydessä puutteita sekä että läpiviennit on sijoitettu vastoin InfraRYL luvussa 14321 mainittuja ohjeistuksia (Sikiö, 2016, s.29). Puutteellisesti tehdyistä sisäluiskan läpivienneistä voi kulkeutua pieni määrä haitta-aineita pohjavesisuojauksen lävitse. Ojan vesijuoksun kohdalle sijoitetuista läpivienneissä on suurempi vuotoriski, jonka takia vesijuoksun kohdalle ei saa sijoittaa läpivientejä. (Sikiö, 2016, s.51) Huolimattomasti toteutettu läpivienti voi pahimmassa tapauksessa uittaa haitta-aineet pohjaveteen (Torkkeli ym., 2020, s.74).

Kuva 4. Periaatekuva bentoniittimaton läpiviennistä (InfraRyl, 2021)



Luiskasuojauksessa tulisi sijoittaa läpiviennit 0,5 metriä vesijuoksua ylemmäksi. (Torkkeli ym. 2020, s.73) Työmaan suunnitelmia on muutettava, jos läpiviennit ovat vesijuoksusta tai alle 0,5 metrin etäisyydellä vesijuoksusta (InfraRYL 14231). Sadevesiviemäreiden kaivot pyritään sijoittamaan vesijuoksujen kohdille, jolloin salaojavedet on helppo liittää samaan kaivoon (Torkkeli ym., 2020 s.74).

Lämpivientien kohdalla bentoniittimaton asennusalusta muotoillaan pois päin viettäväksi. Lämpivientikohtaan pyritään leikata läpivientävän muotoinen aukko. Bentonittimatosta leikataan läpivientikappale, joka ulottuu 0,5 metriä leikatun aukon ympärille siten, että joka puolella on kaksi bentoniittimattokerrosta. Lopuksi läpivientiaukko tiivistetään

bentoniittimaaseoksella, joka koostuu bentoniittijauheesta ja luonnonmaan seoksesta. InfraRYL luvussa 14231.1.4 kerrotaan tarkemmin bentoniittimaan ja bentoniittipastan ohjeistuksesta. (InfraRYL 14231)

Vesijuoksun kohdalle sijoittuvat sadevesikaivot ovat kumitiivisteellisiä muovikaivoja. Kloridisuojauksen tiivistyskerroksessa oleva muovikalvo on helppo liittää muovikaivon kumitiivisteeseen. Kaivojen läpivienneissä voidaan käyttää myös kiristyspantaa. (Torkkeli ym., 2020, s.74)

Tie kaiteiden pylväät lyödään kaikista pohjavesisuojauksen rakenteista lävitse, jotta syntynyt reikä pysyy pienenä. Bentoniittimaalla tai kivituhkalla yli täytetään mahdollisesti syntyneet painanteet siten, että valumavesi kiertää läpilyönti kohdan. (InfraRYL 14231.3.4)

Sähkö- ja telekaapeleiden asentaminen luiskasuojauksissa noudatetaan *määräystä johtojen ja rakenteiden sijoittamista maantien alueella* (2018) sekä väyläviraston *Sähkö- ja telejohdot ja maantiet* -ohjetta (2018). Luiskasuojauksessa sähkö- ja telekaapelit sijoitetaan suojaputkessa ulkoluiskaan. Silloin sähkökaapeille ja jatkoskaivoille kuljetaan ulkoluiskan sivuilta ja vältetään pohjavesisuojauksen yli kulkemista. (Torkkeli ym., 2020, s.75)

5.4 Päällystäminen

Pohjavesisuojaus kohteissa käytetään normaalia tiiviimpää asfalttibetoni päällystettä. Tiivis asfalttibetoni lyhenteeltään ABT käytetään myös kaatopaikoilla, sen tyhjätila on pienempi yleisemmin käytettyyn asfalttibetoniin verrattuna. Sinällään tiivis asfalttibetoni päällyste ei sovellu maanteille huonon kulumiskestävyyden ja deformaation takia, vaan tarvitsee erillisen kulutusta kestävän päällyste kerroksen. (Nummelin & Petäjä, 2018, s.84)

Luiskasuojauksen bentoniittimatto ja muovikalvo ulotetaan 0,5–0,6 metrin olemassa olevan tien päällysteen alle. Limityksen toteuttaminen on helpompia, jos rakentamisvaiheessa ajoradan piennarta levennetään 0,5 metriä. (Torkkeli ym., 2020, s.65) Ajoradan päällysteen reunaan syntyy sauma vanhan ja uuden päällysteen liittymiskohtaan. Saumojen tiivistymiseen kiinnitettävä erityistä huomiota ja pyrkiä päällystämään siten, ettei saumojen kohdat ole päällekkäin. (Nummelin & Petäjä, 2018, s.85)

6 Pohjavesisuojauksen kuvaus

Pohjavesisuojausten valmistuttua laaditaan tai päivitetään rakennussuunnittelu vaiheessa laadittua kuvausta pohjavesisuojausten rakenteesta, laajuudesta ja kunnossa pidosta. Pohjavesisuojausten kuvauksen laatii pääurakoitsija yhteistyössä suunnittelijan kanssa. Kuvauksen laadinnan yhteydessä määritellään myös Väyläviraston tietojärjestelmään vietävät tiedot. Pohjavesisuojausten kuvauksen laadinnan ohjeena toimii *Väyläviraston ohjeita 19/2020 Pohjaveden suojele maanteillä* -ohje. (Torkkeli ym., 2020, s.83) Liite numero 2 on esimerkki, miten pohjavedensuojausten kuvaus voidaan laatia.

Kuvausta suojauksesta tarvitsevat tien kunnossapitäjät, pelastusviranomaiset, tiensuunnittelijat sekä tienviranomaiset. Esimerkiksi vaarallisen aineen liikenneonnettomuudessa pelastusviranomainen voi tarkistaa pohjavesisuojausten laajuuden ja mahdollisten sulkukaivojen sijainnit nopeasti kuvauksesta. (Isotalo & Nironen, 1996, s.5)

Toteutuneen pohjavesisuojausten kuvaus on loppudokumentointia, mikä toimitetaan tilaajan lisäksi tieliikennekeskukselle, ympäristöviranomaisille, pelastuslaitokselle, tienpitäjälle sekä tarvittaessa muille tahoille (Torkkeli ym., 2020, s.82).

Vanhoista pohjavesisuojaus kohteista paikkansa pitävien tietojen löytäminen on haastavaa, joten suojaukseen liittyvien tietojen kokoaminen yhteen dokumenttiin on tärkeää (Isotalo & Nironen, 1996, s.4). Tavoitteena on, uusien pohjavesisuojaus koskeva kuvaus löytyy Väyläviraston suunnitelma- ja toteumatietovarastosta, jota Tieliikennekeskus käyttää (Torkkeli ym., 2020, s.82).

7 Käytönaikainen seuranta

Käytön ja tiekunnossapidon aikana kasvien juuret, liikennemerkkien pystyttäminen ja suistumisonnettomuudet ovat tyypillisiä vaurion aiheuttajia pohjavesisuojausrakenteelle (Sikiö, 2016, s.29).

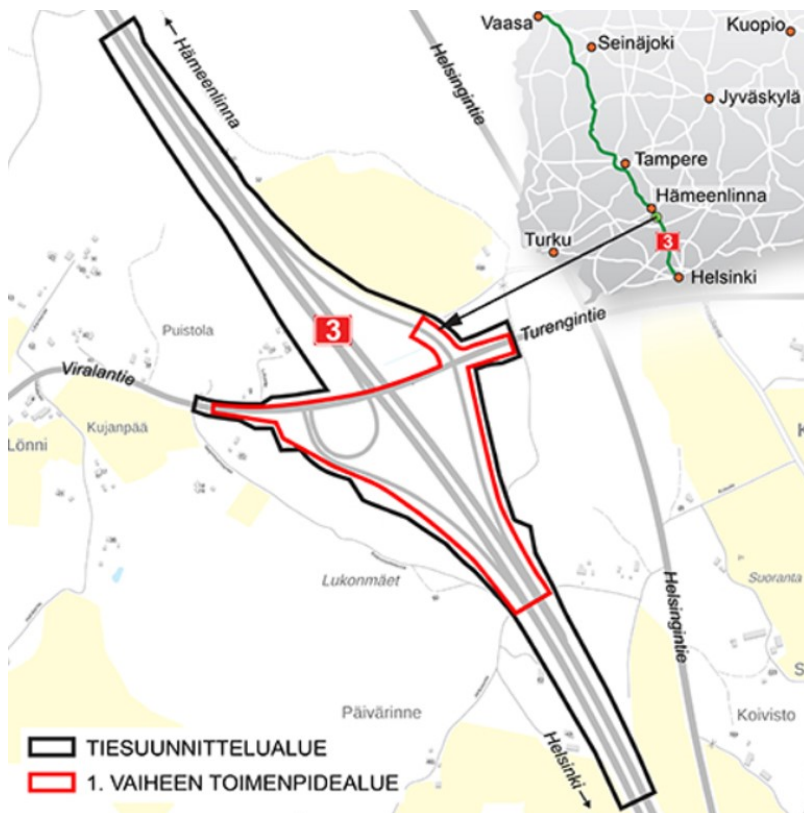
Pohjavesisuojausten kuvauksessa määritetään suojausten kohdalle toteutettava viherhoito. Luiskasuojatuilla alueilla tehdään niittäminen vuosittain koko suojausten leveydeltä, kuitenkin on vältettävä raskaiden koneiden ajamista suojausrakenteen päällä. Luiskasuojauksen päällä ajaessa kunnossapitotraktorikalustolla on tarkkailtava maan painumista ja tarvittaessa siirtää työt kuivempaan vuodenaikaan. (Torkkeli ym., 2020, s.32) Luiskasuojauksen vaurioiden korjaaminen on haastavaa ja harvoin rakenteesta saadaan täysin vesitiivis (Sikiö, 2016, s.29). Mahdollisten vaurioiden korjaustoimenpiteet suunnitellaan tapauskohtaisesti (Torkkeli ym., 2020, s.33).

Viemäröityjen kloridisuojauksien kuivatuksen toimivuutta on kunnossapidon aikana seurattava. Kloridisuojauksen toimivuus perustuu toimivaan kuivatukseen. Päällysteiden kunto ja luiskien eroosiovauriot tarkistetaan vuosittain. (Torkkeli ym., 2020, s.33)

8 Valtatie 3 Viralan eritasoliittymän parantaminen

Viralan eritasoliittymä sijaitsee Valtatien kolmen varrella Janakkalassa (kuva 5). Joukkoliikenteen pysäkkejä ei ole toteutettu Viralan eritasoliittymään, vaikka se sijaitsee päätieyhteydellä. Viralan eritasoliittymä sijoittuu osittain Tarinmaan I-luokan pohjavesialueelle. Kirkonkylän ja Kaipialan pohjavedenottamot sijaitsevat kyseisellä pohjavesialueella. Eritasoliittymän alueen pohjavedensuojaus- ja kuivatusjärjestelmät ovat puutteelliset, jolla on vaikutus alueen pohjaveden laatuun. Alueen pohjaveden laatu on todettu huonoksi johtuen teiden suolauksesta ja liikenteestä. Hankkeen tavoitteena on pohjaveden laadun sekä joukko- ja paikallisliikenteen parantaminen. (Väylävirasto, Vt3 Viralan eritasoliittymän parantaminen, n.d.)

Kuva 5. Viralan eritasoliittymän sijainti (Väylävirasto, 2019)



Pohjavedensuojaus alkaa Viralan eritasoliittymän eteläpuolelta noin 500 metrin päässä sijaitsevalta Nummelan risteys sillalta ja ulottuu Kaunisvuoren risteys silltaan noin kahden kilometrin päähän pohjoiseen. Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin pohjavedensuojaus ja liikennejärjestelyt välille Turengin risteys sillta – Nummelan risteys sillta. Kyseisen vaiheen pohjavedensuojaus kattaa lähes kokonaan valtatie kolmella sijaitsevan pohjaveden muodostumisalueen. Rakennus urakkaan sisältyi myös optiokohde, valtatie kolmen keskialueen ja luiskien pohjavedensuojauksen rakentaminen paalu välille 885–1500. (Väylävirasto, Vt3 Viralan eritasoliittymän parantaminen, n.d.)

8.1 Hankkeen kuvaus

Viralan eritasoliittymään rakennettiin etelän ja pohjoisen suuntaan pikavuoropysäkit. Paikallisliikenteen pysäkit toteutettiin maanteille 292 (Viralantie) ja 13838 (Turengintie) varten, jolloin pikavuoroon vaihtaminen helpottuu. Kevyenliikenteen väylä toteutettiin maanteiden 292 ja 13838 varten ja valtatie 3 ylittävän Turengin risteys sillalle,

leventämättä nykyistä siltaa. Viralan eritasoliittymän länsipuolelle rakennettiin liityntäpysäköintialue, jolle ajoyhteys on maantie 292 (Viralandantie). Eritasoliittymäalueen hulevedet ohjattiin pohjavesialueen ulkopuolelle. (Väylävirasto, Vt3 Viralan eritasoliittymän parantaminen, n.d.)

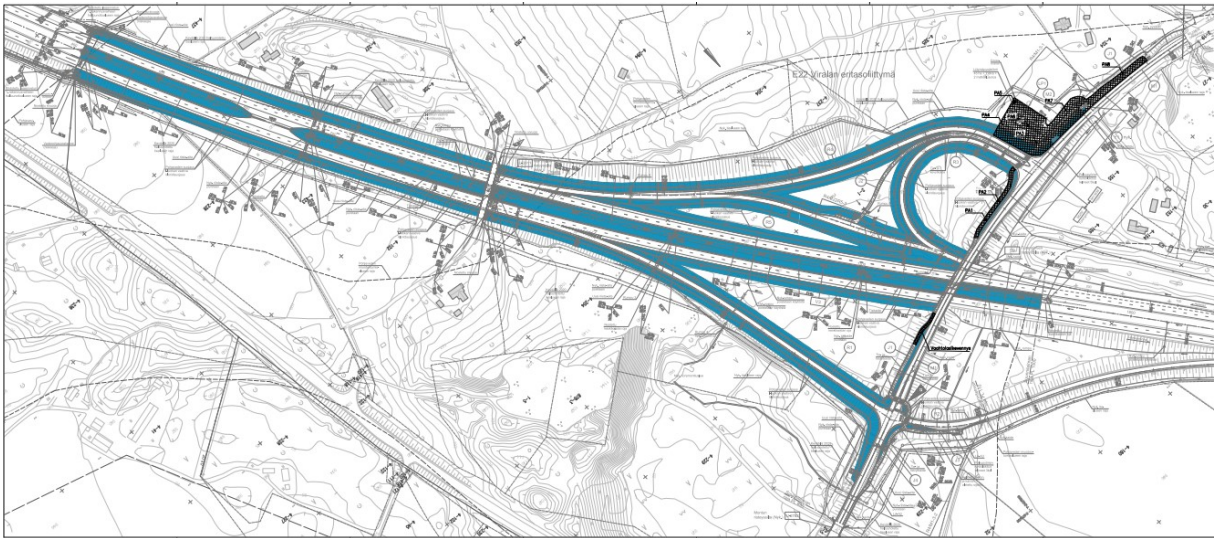
Valtatien kolmen pientareelta ja keskialueelta poistettiin 90-luvulla asennetut lyhyet pohjavedensuojaukset ja korvattiin nykypäiväisellä kloridisuojaus rakenteella. Pohjavedensuojaus toteutettiin eritasoliittymän alueen kaikille teille lukuun ottamatta liityntäpysäköintialuetta.

Pohjavedensuojaus toteutettiin 2019 vuonna päivitetyn tiesuunnitelman mukaisesti eritasoliittymän alueelle. Rakennesuunnittelu alkoi syksyllä 2019 ja rakentaminen alkoi syksyllä 2020. (Väylävirasto, Vt3 Viralan eritasoliittymän parantaminen, n.d.)

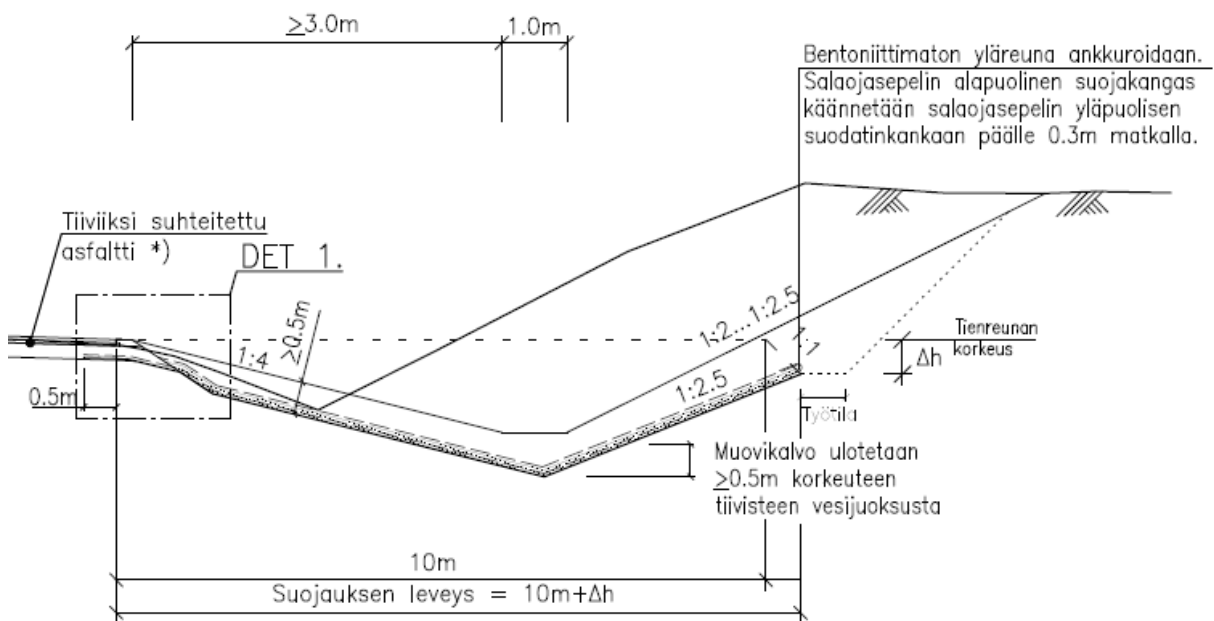
8.2 Suunniteltu pohjavesisuojaus

Viralan eritasoliittymän pohjavedenmuodostumisalue kuuluu I-suojaluokkaan. Viralan kloridisuojaus oli suunniteltu myös onnettomuussuojaukseksi, joten salaojitus toteutettiin hulevesikaivojen läheisyyteen (ks. kuva 6 ja 7). Suojattavan alueen maaston muoto ja perusmaa soveltuivat luiskasuojauksen rakentamiseen. Viralan eritasoliittymän alueelle toteutettiin noin 60 000 neliötä luiskasuojauksia.

Kuva 6. Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojausten karttakuva (Henkilökohtainen tiedonanto, pohjarakennuskartta, ELY-keskuksen sisäinen arkisto, 2020)



Kuva 7. Viralan tyypipoikkileikkaus luiskasuojauksesta (Henkilökohtainen tiedonanto, pohjavedensuojauksen tyypipoikkileikkaukset, ELY-keskuksen sisäinen arkisto, 2020)



Pohjavesisuojaus toteutettiin olemassa olevien teiden pientareille ja luiskiin. Alueen hulevedet ohjautuvat sulkumekanismilla varustettujen kaivojen kautta pohjavesialueen ulkopuoliseen laskuojaan. Viralan eritasoliittymän eteläreunalle rakennettiin sivuojiin maavallit estämään hulevesien kulkeutumisen suojausalueen ulkopuolelle ja samalla hulevedet kulkeutuvat kaivoihin.

8.3 Rakennusvaiheen valvonta

Maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 § 119 mukaan perusvastuu rakentamisesta ja siihen koskevien määräysten toteuttamisesta on rakennushankkeeseen ryhtyvällä.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on myös huolehdittava riittävästä rakennustyön valvonnasta, mikä täyttää lain mukaisen huolehtimisvelvollisuuden. Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi teettää valvonnan kokonaan tai osittain ulkopuolisella yrityksellä tai vaihtoehtoisesti tehdä omana työnään. (Junnonen, 2012, s.1)

Työmaalla rakennuttajan asiantuntijana ja luottohenkilönä toimii työmaavalvoja. Keskeisesti työmaavalvoja tarkistaa rakennustyön vastaavan rakennuttajan asettamia vaatimuksia ja lopputulos vastaa suunnitelmia sekä rakentaessa noudatetaan lainsäädäntöä ja hyvää rakennustapaa. Työmaavalvoja toimii rakennushankkeen osapuolten yhteyshenkilönä, joten osapuolten hyvä yhteistyö on tärkeää valvonnan tavoitteiden kannalta. (Junnonen, 2012, s.1)

Rakennuttajatoimisto HTJ Oy toimi Viralan eritasoliittymän työmaavalvojana ja turvallisuuskoordinaattorina. Viralan eritasoliittymän urakan valvonta perustui hyvin keskeisesti urakoitsijan laatusuunnitelman toimivuuden toteamiseen. Työmaalla valvojat tarkastelivat työsuoritusta, työturvallisuutta, liikenneturvallisuusmääräysten ja tilaajan vaatimusten noudattamista.

Hankkeen urakkaohjelmassa oli määritelty valvojan toimivalta työmaalla. Näitä olivat esimerkiksi sopimuksen vastaisesta tai virheellisestä menettelystä huomauttaminen, antaa suostumus kiireellisille lisä- ja muutostöille, oikeus saada nähtäväksi kaikki kohteeseen liittyvät dokumentit ja oikeus keskeyttää työt työturvallisuuden tai liikenteen vaarantuessa. Lisäksi valvojat kirjoittivat työmaapäiväkirjaan ohjeita ja huomautuksia hankkeen aikana.

Työmaavalvojat tekivät viikossa kahdesta neljään työmaakerrosta. Kierroksille osallistui valvojan lisäksi pääurakoitsijan edustaja ja tarvittaessa tilaaja. Työmaakerroksista laadittiin viikoittain raportti, jossa esitettiin esimerkiksi viikon tärkeimmät havainnot, kuvat, kokoukset ja pääurakoitsijan toimittamat dokumentit. Viikkoraportti toimitettiin sähköpostijakelulla kaikille rakennushankkeen toteutuksen aikaisille osallisille viikon päätteeksi.

Mahdollisesti työmaakerroksella, valvojan tai pääurakoitsijan havaitsemasta poikkeamista ilmoitettiin hankkeen osallisille. Pääurakoitsijan edustajan kanssa keskusteltiin työmaalla jo poikkeamasta ja sen korjaamisesta. Poikkeamahavainnosta laadittiin myös sähköpostimuistio, jolla viitattiin aikaisemmin käytyyn keskusteluun ja pyydettiin pääurakoitsijaa laatimaan poikkeamaraportti ja korjaussuunnitelma.

Haasteeksi Virlan eritasoliittymän pohjavesisuojausten valvonnassa tuli bentoniittimaton, muovikalvon sekä geotekstiilin riipeä asennustahti ja rakenteiden peittäminen, jotta bentoniittimatto saisi tarvitsemansa kuormituksen tiivistyäkseen. Tästä johtuen kaikkia tiivisrakenteen läpivientejä valvojat eivät kerenneet henkilökohtaisesti tarkistamaan. Haastavien läpivientien kohdat pyrittiin keskustelemaan ennakkoon työnjohtajien kanssa ja varmistamaan, että asennus on laatuvaatimusten mukainen sekä urakoitsijan valokuvaamaan peitetty rakenteet.

Työmaakerroksilla valvotaan myös työn turvallisesta toteutuksesta. Ennen työvaiheen aloitusta pääurakoitsija laatii työ- ja laatusuunnitelman, jossa on turvallisuus huomioitu. Suunnitelmassa kerrotaan menettelytavat työvaiheen toteutukselle ja mainitaan vaaratekijät, esimerkiksi syvissä kaivannoissa käytetään kaivantotukea. Hyvin laaditusta suunnitelmasta oli helppo tarkistaa, onko urakoitsija huomioinut kaikki laatu määräykset ja tilaajan asettamat vaatimukset.

8.4 Liikennejärjestelyjen valvonta

Pääurakoitsijan vastaavamestari laatii ennakkoon liikenteellisesti merkittävien työvaiheiden liikenteenohjaussuunnitelmat. Viralan eritasoliittymän urakkaohjelmassa mainittiin, että pääurakoitsijan kuuluu hyväksyttää liikenteenohjaussuunnitelma tilaajalla ja valvojilla kaksi viikkoa ennen töiden aloitusta, jotta työmaan valvojalle, turvallisuuskoordinaattorilla sekä tilaajalla jäisi riittävästi aikaa kommentoida esitettyä liikenteenohjaussuunnitelmaa. Kommenttien pohjalta pääurakoitsija päivitti liikenteenohjaussuunnitelmat.

Valtatie kolmelle rakennettavan pohjavesisuojausten johdosta, pääurakoitsija pyysi tilaajan suostumusta toisen ajokaistan kaventamiseen Väyläviraston ohjeistuksen mukaiseen minimi leveyteen. Ajokaistan kaventaminen vaikuttaa liikenteen nopeuteen pienentävästi, jolloin

työskentely turvallisuus parani. Ajokaistan leveyttä valvottiin ja tarvittaessa mitattiin, ettei työn aikaiset suojaukset kavennu entisestään. Kohteen kiertotiet ja kavennukset havainnollistettiin ohjeistuksien ja määräyksien mukaisesti.

Työn edetessä urakoitsija oli siirtymässä valtatie kolmen keskialueelle. Keskialueelle oli suunnitelmissa esitetty hulevesilinjan ja pohjavesisuojauksen rakentaminen.

Urakkasopimuksessa oli määrätty, että rakentamisen aikana valtatie kolmella tulee olla kaikki ajokaistat käytössä. Pääurakoitsijan kanssa keskusteltiin useita kertoja, miten louheet, pintamaat ja rakennusmateriaalit saadaan kuljetettua valtatie kaistojen ylitse turvallisesti. Pohdintojen lopputuloksena oli suorittaa siirtoajot ruuhka-aikojen ulkopuolella ja liikennejärjestelyt toteutettiin ELY-keskuksen ”liikenteen pysäyttäminen moottoritillä” - ohjeen mukaisesti. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, liikenteenohjaussuunnitelmat, n.d.)

Työmaa kesti kohtuullisen kauan, joten liikennejärjestelyt pyrittiin suunnittelemaan ja toteuttamaan hyvin. Työmaavalvoijilla oli käytössä Vaisala RoadAI sovellus, jolla kuvattiin työmaan liikennejärjestelyt vähintään kerran viikossa. RoadAI tallentaa paikkatietovideota, johon käyttäjä voi merkitä huomioita tien kunnosta tai liikennejärjestelyistä (Vaisala Digital, RoadAI, n.d.). Sovellus on todettu aikaisemmissa hankkeissa erittäin hyödylliseksi liikennejärjestelyjen kuvaamiseen. Videot tallentuvat Vaisalan pilvipalveluun ja yksilöidyillä käyttäjätunnuksilla voi tarkistella tietokoneelta otettua videota tai valokuvaa. Viralan eritasoliittymän työmaan aikana tarkistettiin useita kertoja videokuvattuja liikennejärjestelyjä jopa työmaan luovutuksen jälkeen.

Liikenneonnettomuuksilta ei kuitenkaan välttytty vaan työmaan aikana valtatie kolmelle asennettuihin rakennustyön aikaisiin suojiin törmättiin neljä kertaa. Henkilövahingoilta kuitenkin välttyttiin riittävien suojaetäisyyksien (puskurivyöhyke) ja turvakasojen johdosta.

8.5 Laatuaineiston valvonta

Hankkeen aikaiset asiakirjat ja laatudokumentit tallennettiin ELY-keskuksen

hankkeenhallintajärjestelmään (HHJ), josta jatkossa puhutaan projektipankkina.

Projektipankkiin tilaaja latasi viimeisimmät suunnitelmat ja valvojat tallensivat järjestelmään

sopimukset, katselmuksien muistiot, työmaakokouksien pöytäkirjat ja viikkoraportit.

Pääurakoitsija tallensi projektipankkiin kaikki työmaata koskevat laatuaineistot kuten työ- ja laatusuunnitelmat, materiaalitodistukset, poikkeamaraportit, liikenteenohjaussuunnitelmat, kuukausi raportit ja niin edelleen.

Työmaan valvojan tuli huolehtia, että kaikki merkittävät asiakirjat ja suunnitelmat löytyvät projektipankista. Pääsääntöisesti pääurakoitsija huolehti hyvin laatuaineiston viemisestä projektipankkiin. Tarvittaessa muistutettiin puuttuvista suunnitelmista tai asiakirjoista. Työmaan lopussa urakoitsija luovutti tilaajalle laatuaineiston, jonka kansiorakenne oli määritelty tilaajan toimesta. Valvojana tarkistin urakoitsijan luovutusaineiston asiakirjat Excel-ohjelmalla laaditun taulukon avulla, johon oli työmaan aikana kirjattu tarvittavat asiakirjat.

Luovutusaineiston yksi osa oli työn aikaiset valokuvat. Pääurakoitsija ja valvojat ottivat viikoittain useita valokuvia työmaasta. Ongelma syntyi valokuvien tallentamisessa, miten valokuvat kansioidaan, jotta vuosien päästä tietyn rakennusvaiheen kuvat löytyisivät helposti. Valokuvaaminen työmaalla toteutettiin puhelimenkamoilla. Puhelimeissa oli kuvaus hetkellä paikkatieto päällä, jolloin valokuviiin tallentui sijaintitieto ja siirrättäessä valokuvia HTJ:n kovalevyille kuvat eriteltiin ottajan ja kuvaus viikon mukaan.

Valvojilla käytössä ollut Vaisala RoadAi sovelluksella valokuvaaminen oli helppoa ja valokuviiin tallentui paikkatieto. Ongelmana syntyi kuitenkin valokuvien massalataaminen sovelluksesta, sillä sovelluksella ei ole kuvien massalataamis toimintoa. Tästä syystä valokuvat tuli ladata yksitellen.

8.6 Tietomallin valvonta

Rakennelman esittäminen ominaisuustietoineen, kutsutaan tietomalliksi. Viralan eritasoliittymän rakennustyöt toteutettiin tietomallipohjaisena. Sen avulla mahdollistetaan rakennelmien elinkaaren hallinnointi suunnittelusta aina purkamiseen asti. (YIV-ohjeet, 2021, s.12)

Tilaaaja luovutti urakoitsijalle suunnitelmamallin rakennusurakasta, josta urakoitsija laatii toteutusmallin koneohjausta varten. Toteutusmalli on pelkistetty versio, jossa esitetään materiaalikerrokset ja kerroksien taitepisteet. Valmiista rakennekerroksesta korkeus- ja sijaintitiedon urakoitsija päivittää toteumamalliin, joka on lopullinen toteuma.

Hankkeen alussa yhteisesti sovittiin, että toteumamallin päivityksen tapahtuvan urakoitsijan toimesta noin kahden viikon välein sekä tiedostojen nimeäminen yhdenmukaisesti Infra RYL tyyppisesti. Urakkaohjelmassa oli mainittu leikkauspohjien ja rakennekerrosten korkeusasemien tarkemittaus tehdään noin 20 metrin välein ja vähintään kolme mittauspistettä poikkileikkausta kohden. Eri rakennekerroksien mittauspisteet tulee mitata mahdollisimman läheltä edellisen rakennekerroksen mittauspisteitä.

Pääurakoitsijalla oli Viralan työmaalla käytössä Trimble connectin järjestelmä, jonne työmaavalvojille luotiin myös omat käyttäjätunnukset. Trimblen nettiselaimella toimivalla ohjelmalla oli helppo tarkistaa toteumamallin ajantasaisuus sekä suunnitelmamallin ja toteumamallin mahdolliset korkeusaseman poikkeukset. Rakennusurakan aikana keskeisesti tarkistettiin toteumamallin ajantasaisuutta verraten työmaan tilanteeseen sekä suunniteltujen rakennekerroksien korkeusasemaa mittaukset ovat toleranssissa.

8.7 Takuuajan valvonta

Urakkasopimuksessa mainittiin, että rakennusurakan yleinen takuu aika on kaksi vuotta, asfalttitöillä kolme vuotta ja tiemerkinnoilla yksi vuosi. Viralan eritasoliittymän takuu aika päättyy syksyllä 2023. Takuu aikana seurataan rakennettua pohjavesisuojaus aluetta silmämääräisesti maastotarkastuksilla keväisin sekä syksyisin. Maastotarkastuksista laaditaan muistio, johon liitetään tarkastusaikana otetut valokuvat. Mahdolliset sadevedet voivat aiheuttaa eroosiovaurioita tai pintamaan sortumia, paljastaen pohjavesisuojaus rakenteen.

Asfalttipäällysteiden osalta seurataan vanhan ja uuden päällysteen sauma kohtia. Huolimattomasti tiivistetty asfalttisauma rikkoutuu veden sulamis- ja jäätymissyklissä. Viralan eritasoliittymästä kulkee huomattava määrä raskasta liikennettä, joka rasittaa päällysteitä, eritoten päällysteen saumoja. Tarvittaessa rikkoutuneet päällysteet tulee korjata urakoitsijan toimesta.

Työmaan aikana havaittiin valtatie kolmella työskennelleiden kaivinkoneiden telaketjujen rikkoneen asfalttipäällysteen runkoainesta ja samalla jättäneen painaumia päällysteeseen. Havainnosta pidettiin erillinen katselmus, johon osallistui ELY-keskuksen kunnossapidon edustajia, tilaaja, pääurakoitsija ja työmaavalvojat. Katselmuksesta laadittiin muistio ja sovittiin päällysteen kunnan seuraamisesta takuuajan loppuun. Katselmuksessa sovittiin, että tilaaja pidättää puheoikeuden, jos takuuajana päällyste rikkoutuu kyseiseltä alueelta, jolloin sovitaan jatko toimenpiteistä.

9 Pohdinta kohteen valvojan tehtävistä

Työmaavalvojat tekevät satunnaisesti työviikolla työmaakerroksia rakennustyömaalla. Haasteeksi rakennustyömaalla oli rakennettavan kloridisuojauksen rakenteiden limityksien ja läpivientien tiiveyden tarkistaminen koska Infra RYL kohdassa 14231 mainitaan, että tiivisrakenne peitetään mahdollisimman nopeasti levittämisen jälkeen. Tästä johtuen työmaalla käytiin urakoitsijan vastaavan mestarin kanssa keskusteluita ennakkoon tiivistysrakenteen läpivienneistä ja muistutettiin läpivientien valokuvaamisesta.

Viralan eritasoliittymän tapauksesta opittiin, että seuraavilla pohjavesisuojaustyömailla tulisi urakoitsijan laatia läpivienneistä työ- ja laatusuunnitelma sekä toteuttaa suojausrakenteen läpiviennistä niin sanotun malliasennus, jolla määritetään työmaan laatutaso läpivientien kohdissa. Malliasennuksesta tulisi laatia muistio, jossa eri vaiheet kuvattaisiin ja kerrottaisiin sallitut toleranssit, joka toimisi ohjeena työmaan muille läpivienti kohdille.

Sääolosuhteet teettivät myös haasteita pohjavesisuojausten rakentamiselle.

Bentoniittimatto sekä muovikalvo asennetaan limityssaumoin tiilikattomaisesti ja asennus tulisi asentaa alhaalta ylöspäin. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa pohjavedensuojausta aloitettiin rakentamaan eritasoliittymän ramppien läheisyydestä, jolloin sade- ja lumien sulamisvedet valuivat toisessa vaiheessa rakennettavalla alueelle, minne pintavedet tuli ohjata. Tämän takia työmaalla jouduttiin padottamaan pintavesiä, jotta suojausalueen alajuoksu saatiin suojattua ja kuivatusjärjestelmät asennettua. Rakennusjärjestyksellä on pohjavesisuojauskohteissa huomattava vaikutus. Tulevissa pohjavesisuojaushankkeissa mattojenlevityssuunnitelmalla voitaisiin mahdollisesti välttää vastaava ongelma.

Viralan eritasoliittymän työmaa oli erittäin hyvä esimerkki liikennejärjestelyjen toimivuuden suunnittelussa ja toteutuksessa. Liikennemäärät valtatie kolmella ovat suuret, jonka takia hankkeen aikana pyrittiin pitämään kaksi ajokaistaa suuntaansa käytössä. Työmaasta opittiin, että kavennetun kaistan toteutus olisi voitu toteuttaa huomattavasti paremmin.

Kavennetulla osuudella käytetty MiniGuard kaidemalli, olisi pitänyt vaihtaa esimerkiksi SafePass kaidemalliin. SafePass kaide olisi helpompi asentaa suoraan linjaan pitkällä matkalla. Kavennetulla osuudella urakoitsija maalasi telalla tiemerkinnot, vaikka urakkaohjelmassa määrätään hankkeen tiemerkinnot toteuttamaan koneellisesti. Suurin osa ajoneuvon kuljettajista seuraa tiemerkinnoista ajolinjansa, joten mutkitteleva tiekaide sekä heikosti maalatut tiemerkinnot eivät paranna liikennejärjestelyjen yleisilmettä ja yhdenmukaisuutta.

Valtatie kolmella työnaikaisiin suojauksiin kolaroineet ajoivat pääsääntöisesti ylinopeutta, joka on ongelma tietyömailla yleisesti. Liikennejärjestelyjen yleisilmeessä ja yhdenmukaisuudessa olisi ollut parannettavaa, jota tulen seuraavilla työmailla seuraamaan tarkemmin.

Ennen Viralan eritasoliittymän luovutusta urakoitsija kysyi ohjeistusta pohjavesisuojausten kuvauksen laadintaan. Ohjeistin heitä ja toimitin heille *Väyläviraston ohjeita 19/2020 Pohjaveden suojelu maanteillä*-ohjeen. Ohjeessa kerrotaan hyvin selkeästi, miten kuvaus tulee laatia, joko sanallisesti tai kuvittamalla. Urakoitsija toimitti Viralan eritasoliittymän pohjavesisuojauksesta sanallisesti laaditun kuvauksen, jossa oli liitteenä koko suojattalue karttakuva sekä sulkumekanismilla varustettu kaivon rakennekuva.

Opinnäytetyön aikana olin yhteydessä Väyläviraston henkilöihin, jotka olivat laatimassa *Väyläviraston ohjeita 19/2020 Pohjaveden suojelu maanteillä*-ohjetta pohjavesisuojausten kuvauksen laadinnan osalta. He toimittavat muutaman esimerkki kuvauksen. Huomasin, että kaikki pohjavedensuojausten kuvaus dokumenttien periaate oli sama mutta toteutus erilainen. Liitteenä 2 oleva kuvaus oli mielestäni kaikista informatiivisin kuvien johdosta.

10 Työmaavalvojan tarkistuslista

Viralan eritasoliittymän toteutuksen aikana laadin liitteenä 3 olevan työmaavalvojille tarkoitetun tarkistuslistan pohjaveden luiskasuojaus rakennusurakoihin. Tarkistuslista on suunniteltu henkilöille, jotka toimivat työmaavalvojina.

Tarkistuslistassa olen maininnut yleisimmät asiakirjat sekä ohjeet, jotka liittyvät pohjaveden luiskasuojauksen rakentamiseen sekä rakenteisiin. Listassa on kirjattu urakan valmistelu vaiheessa huomioitavia asioita, jotka tulivat esille Viralan eritasoliittymän rakennusurakassa.

Ennen luiskasuojauksen rakentamista urakoitsijan tulee laatia työ- ja laatusuunnitelma sekä erityistä huomiota tulee kiinnittää läpivientisuunnitelmaan. Useissa ohjeistuksissa kerrotaan esimerkiksi lyhtypylvään tai kaivon läpiviennin toteutus mutta vaakatasossa kulkevat rumpuputkien läpivienneissä sovelletaan edellä mainittuja toteutus tapoja. On oletettavissa, että ohjeistukset tulevat täydentymään läpivientien osalta.

11 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa yleiskuva Suomen pohjavedestä ja pohjaveden luiskasuojauksesta sekä helpottaa tulevien työmaavalvojen valvontatehtävää pohjaveden luiskasuojaus työmailla laaditulla tarkistuslistalla. Laadittu tarkistuslista antaa hyvän pohjan työmaavalvojille tuleville pohjaveden luiskasuojaus työmailla. Mielestäni opinnäytetyö antaa kattavan kuvan pohjavesisuojaus hankkeen etenemisestä sekä työmaavalvojan tehtävistä luiskasuojauksen rakentamisen aikana.

Työmaavalvoja toimii tilaajan asiantuntijana ja samalla tekemään yhteistyötä urakoitsijan kanssa. Valvojan tulee luoda työmaalle luottamuksellinen ilmapiiri sekä hyvä yhteishenki, jolloin suunniteltu lopputuote vastaa tilaajan vaatimuksia.

Työmaavalvojan tulee reagoida työmaalla esiin tuleviin ongelmiin. Ongelmiin tai kysymyksiin ei tarvitse heti ottaa kantaa, tärkeintä on asioiden selvittäminen ja saadun tiedon jakaminen. Työmaan hyvän ilmapiirin ylläpitämiseksi valvojan tulee myös tuoda esiin onnistumiset ja hyvät suoritukset, jolloin virheistä on helpompi keskustella työmaalla.

Opinnäytetyön aikana huomasin oman tietoni pohjavedestä ja luiskasuojauksen teoriasta olleen suppea. Työn edetessä tieto lisääntyi ja tulevilla pohjavedensuojauksen hankkeilla minulla on hyvä perustieto pohjavedestä sekä luiskasuojauksen rakentamisesta ja mitä tulee ottaa huomioon eri rakennusvaiheissa.

Lähteet

- Ahola, O. (2019). *Pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee luontaisesti vuodenaikojen mukaan.*
- Britschgi, R. (12. 6 2020). *Suomen ympäristökeskus SYKE.* Pohjavesitietojärjestelmä:
[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Tietojarjestelmat/Pohjavesitietojarjestelma__ohjeita_tiedo\(8279\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Tietojarjestelmat/Pohjavesitietojarjestelma__ohjeita_tiedo(8279))
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (n.d.). *Liikenteenohjaussuunnitelmat.*
<https://www.ely-keskus.fi/liikenteenohjaussuunnitelmat>
- Junnonen, J.-M. (2012). *Työmaavalvojan vastuu ja tehtävät.* Rakennustietosäätiö.
- Juvonen, J. (16. 9 2019). *Suomen ympäristökeskus SYKE.* Pohjaveden laatu:
https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Pohjavesi_tila/Pohjaveden_laatu
- Lehtonen, K. (2004). Teoksessa *Pohjaveden suojausrakenteet 4840* (s. 9). Helsinki: Tiehallinto.
- Maa- ja metsätalous. (n.d.). *Pohjavedet.* <http://mmm.fi/vesi/pohjavedet>
- Nironen, J. I. (1. 4 1996). Väylävirasto. <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2270008-pohjavkuvausohje1.pdf>
- Toikka, J., K. I.-L. (Huhtikuu 2020). Pohjaveden suojaustarpeet Keski-Suomen maantieverkolla 2020. Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Torkkeli, M., J. J. (15. 12 2021). Väyläviraston ohjeita 38/2021 Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus. Helsinki.
- Torkkeli, M., P. R. (3. 12 2020). *Pohjaveden suojele maanteillä 19/2020.* Helsinki: Väylävirasto.
- Petäjä, M. N. (2018). *Tierakenteen suunnittelu 38/2018.* Helsinki: Liikennevirasto.
- Rakennustieto. (n.d.). InfraRyl 14231:K7 Bentoniittimaton läpivienti.
- InfraRyl 2021. (2021). InfraRyl 14231 Teiden ja katujen pohjavedensuojausrakenteet. Rakennustietosäätiö.
- Sikiö, M.-T. (2016). Bentoniitista rakennettujen pohjaveden-suojaarakenteiden toimivuuden taustaselvitys 48/2016. Helsinki: Liikennevirasto.
- Suomen ympäristökeskus. (13. 6 2019). *Pohjaveden esiintyminen.*
http://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_esiintyminen
- Toikka, J., K. I.-L. (Huhtikuu 2020). Pohjaveden suojaustarpeet Keski-Suomen maantieverkolla 2020. Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Torkkeli, M., J. J. (15. 12 2021). Väyläviraston ohjeita 38/2021 Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus. Helsinki.

Torkkeli, M., P. R. (3. 12 2020). Pohjaveden suojele maanteillä 19/2020. Helsinki: Väylävirasto.

Vaisala Digital. (n.d.). *RoadAI*. <https://www.vaisala.com/en/products/road-ai>

Väylävirasto. (n.d.). *Vt 3 Viralan eritasoliittymän parantaminen*. <http://vayla.fi/vt-3-viralan-eritasoliittyma-parantaminen>

Väylävirasto. (2019). <https://vayla.fi/vt-3-viralan-eritasoliittyma-parantaminen>

Väyläviraston. (2021). Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus ohje 38/2021.

	Periaatekuva	Soveltuvuus	Rakentaminen	Käytön aikana	Korjaaminen	Vuoden aikojen vaikutus
Luisasuojaus	<p>Kuva: Vähäviraston ohjeita 19/2020</p>	Suojausalueen maastonmuodoilla suuri vaikutus toteutettavuuteen.	Rakenteessa useita kangas materiaaleja joiden asentaminen vaatii tarkkuutta limityksissä ja läpiviennissä.	Vaikeata todeta asentamisen jälkeän toimivuus ja kunto.	Haastava korjata ja todeta korjatuksi.	Maakerrosten ollessa jäässä, haitta-aineet eivät suodatu.
Betonikaide + hulevesiviemäri järjestelmä	<p>Kuva: Vähäviraston ohjeita 19/2020</p>	Soveltuu useimpiin kohteisiin.	Hulevesijärjestelmän rakentaminen. Betonikaide toteutetaan liukuvaluna tai elementeistä koottuna vesitiivein saumoin.	Helppo todeta toimivuus ja kunto.	Helppo korjata ja todeta korjatuksi.	Betonikaide saattaa kinostaa lunta, joka voi tukkia sadevesikaivot.
Penkereen alle tehtävä suojaus	<p>Kuva: Vähäviraston ohjeita 19/2020</p>	Soveltuu vain uudiskohteisiin.	Tierankenteen alapuolelle rakennetulla tiivistysrakenteella voidaan vähentää läpivienteihin sekä luiskiin liittyviä ongelmia.	Vaikeata todeta asentamisen jälkeän toimivuus ja kunto.	Haastava korjata ja todeta tiiveys.	Maakerrosten ollessa jäässä, haitta-aineet eivät suodatu.

Liite 2: Pohjaveden suojauksen kuvaus esimerkki



Pohjaveden suojaus maantiellä 77 Tou-
latkankaan pohjavesialueen kohdalla

Sisältö

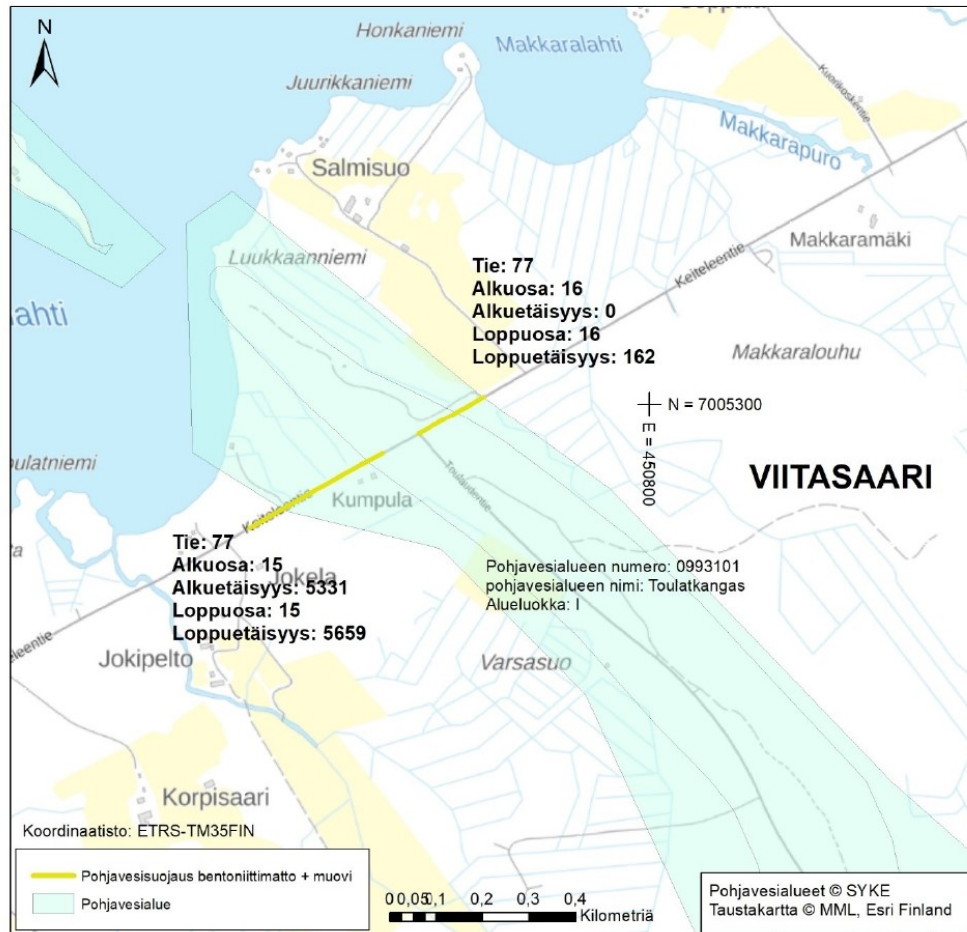
1. Perustiedot.....	3
2. Suojauksen rakenne.....	5
3. Suojauksen kunnossapito	6
3.1. Talvihoito pohjaveden suojauksen kohdalla	6
3.2. Kasvillisuuden hoito	6
3.3. Liikennemerkkin pystyttäminen.....	6
3.4. Seuranta.....	6
3.5. Yhteystiedot.....	6

LIITTEET:

Liite 1. Kantatie 77 parantaminen välillä Taimoniemi-Keitele. Hankkeen päätien suunnitelma. Suunnitelmakartta, Kt 77, paaluväli 14000-15400

Liite 2. Tyypipipokileikkaus, pohjavesisuojaus, vaativa kloridisuojaus, Kt 77.

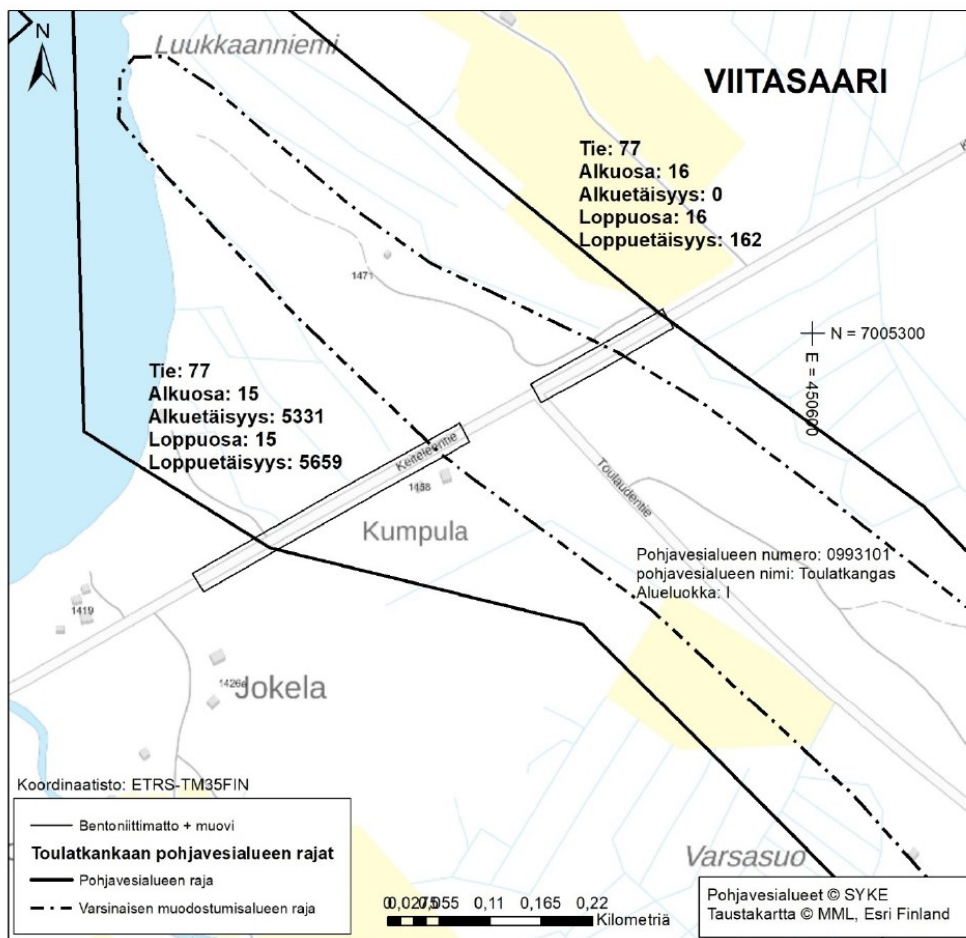
1. Perustiedot



Kuva 1. Yleiskartta Toulatkankaan pohjavesialueen pohjavesisuojauksesta.

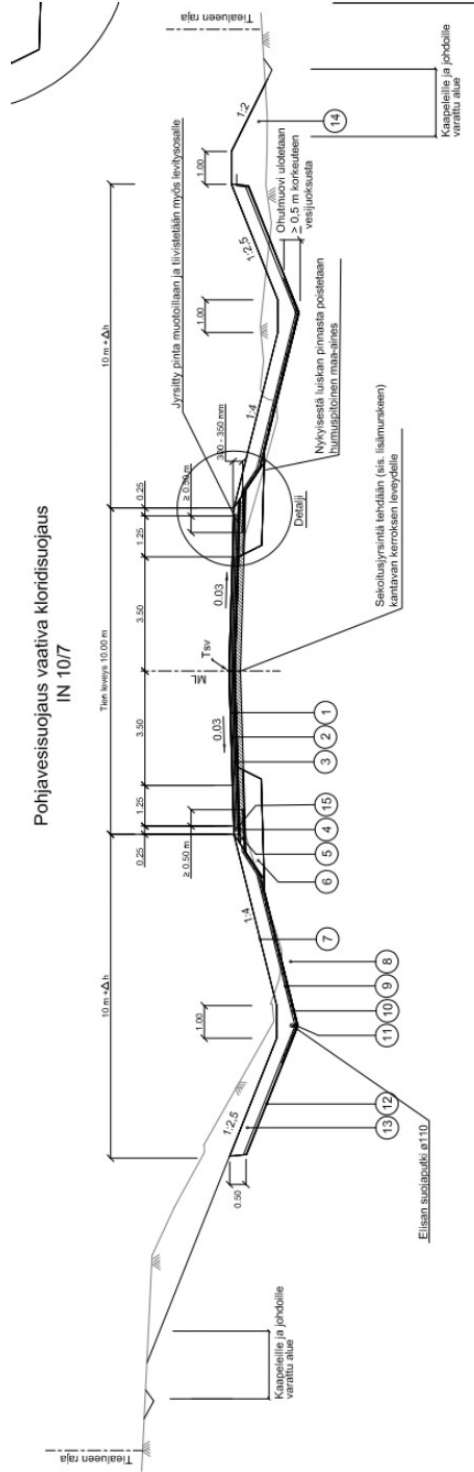
Taulukko 1. Toulatkankaan pohjavesialueen pohjavesisuojauksen perustiedot.

Suojauksen perustiedot	
Kunta	Viitasaari
Tie, alkuosa, etäisyys – tie, loppuosa, etäisyys	Kt 77/15/5331 – Kt 77/15/5659
Pituus	328 m
Tie, alkuosa, etäisyys – tie, loppuosa, etäisyys	Kt 77/16/0 – Kt 77/16/162
Pituus	162 m
Pohjavesialueen nimi	Toulatkangas
Pohjavesialueen numero	0993101
Pohjavesialueen luokka	I
Vedenottamo	Viitaseudun Energian Luukkaanniemen vedenottamo
Pohjavesisuojauksen rakentaja ja rakennusvuosi	Destia, 2016
Pohjaveden luiskasuojauksen tyyppi	7, bentoniittimatto ja muovi



Kuva 2. Toulatkankaan pohjavesialueen pohjaveden suojauksen yksityiskohtainen kartta.

2. Suojauksen rakenne



Kt 77, Pohjavesisuojaus vaativa kloridisuojaus

Nro	Nimitys	Materiaali	Paksuus	Huomautus
1	Päällystekerros	AB 16	40 mm	v. 2017
2	Päällystekerros	ABT 22	50 mm	
3	Bitumilla sidottu kantava kerros	ABK 22	50 mm	Kokonaisleveys 7,50 m
4	Profiilinturske	KaM 0-45		
5	Sekoitusjyrsintä-lisämukske	KaM 4-45	250 mm	Kantavan kerroksen levyydelle
6	Jäkävän kerros	Sora	550 mm	
7	Luisaverhoitus	Nurmetus		Maisema-urmi 1
8	Alusta / tukikerros	InfrarYI, 14231.2.1, mukainen		Tarvittaessa
9	Suojakerros	InfrarYI, 14231.3.2, mukainen	100 mm	Tarvittaessa
10	Ohutmuovi	LLD-PE, FPP tai LOPE		Sisäluskaari ja ojan pohjalle
11	Salaaja	Halk. 100 mm		Tarvittaessa
12	Bentonittimatto	InfrarYI, 14231.1.1, mukainen		
13	Suojaverhoitus	InfrarYI, 14231.3.1, mukainen	500 mm	
14	Maaavalli	Mäepöngä		
15	Pienmärtäyte	SrM 0-16		

Pohjaveden suojaus: Paaluvälillä 14290-14800

Kuva 3. Tyyppioppikallekkaus Toulatkankaan pohjavesisuojaus rakenteesta (Kuvaakaappaus: Liite 2 Tyyppioppikallekkaus, vaativa kloridisuojaus, kt 77).

3. Suojauksen kunnossapito

3.1. Talvihoito pohjaveden suojauksen kohdalla

Kantatie 77 kuuluu Toulatkankaan pohjavesialueen kohdalla talvihoitoluokkaan Ib, jossa peruskelinä on koh-
tuullinen talvikeli. Liukkaudentorjuntaan käytetään tiesuolaa. Pohjavesisuojauksen kohdalla ei ole suolan käy-
tön rajoituksia.

3.2. Kasvillisuuden hoito

Suunnitelman mukaan luiskaverhouksena on nurmetus ja nurmetusluokkana Maisemanurmi 1. Kasvillisuu-
den hoidossa noudatetaan maanteiden hoidon ja ylläpidon tuotekorttia. Niitto suoritetaan 1-2 kertaa vuo-
dessa. Mikäli niittokertoja on vuodessa kaksi, ensimmäinen niitto ulotetaan vähintään 2 metrin etäisyydelle
päällysteen reunasta ja toinen niitto vähintään neljän metrin etäisyydelle tien reunasta. Vesakonraivaus teh-
dään kolmen vuoden välein puustorajaan asti.

3.3. Liikennemerkkin pystyttäminen

Liikennemerkkien pystytyksessä noudatetaan Liikenneviraston ohjetta Liikennemerkkien rakenne ja pysty-
tyt. Liikennemerkkejä ei saa sijoittaa 1 m lähemmäksi ojan pohjaa.

3.4. Seuranta

Pohjaveden suojauksen kunnan seurannasta (esim. luiskan valuminen) ei ole tietoa. Kuivatusjärjestelmien
kunnossapidossa noudatetaan Liikenneviraston hoidon ja ylläpidon tuotekorttia. Sadevesikaivot ja -viemärit
sekä salaojakaivot tarkastetaan, tyhjennetään ja puhdistetaan hiekoitushiekan poiston jälkeen 31.5. men-
nessä ja muulloin tarvittaessa. Salaojaputkistot huuhdellaan tarvittaessa. Pumppaamojen jatkuva toimivuus
varmistetaan poistamalla lietepesään kertynyt liete.

3.5. Yhteystiedot

Palo ja pelastusviranomainen

Keski-Suomen pelastuslaitos

Viitasaaren paloasema

p. 044 459 7408

Liite 3: Pohjaveden luiskasuojauksen tarkistuslista



Työmaavalvojan tarkistuslista

Markku Jylhä
pvm. 7.4.2022

Pohjaveden luiskasuojaus

(Tarkistuslista on suunniteltu henkilölle joka toimii työmaavalvojana)

Lisätietoa:

- InfraRyl kohta 14231 pohjavedensuojaukset
- Väyläviraston ohjeita 19/2020 "Pohjaveden suojele maanteillä"
- Väyläviraston tutkimuksia 3/2019 "Maanteiden luiskasuojauksien stabiliteetti- ja kuivatustarkastelu"
- Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/20016 "Bentoniitista rakennettujen pohjavedensuojauksrakenteiden toimivuuden taustaselvitys"

Valmistelu vaiheessa urakka-asiakirjat ja suunnitelmat:

Kaupalliset:

- Onko rakentamisen aikana mahdollista sulkea toinen ajokaista vai toteutetaanko asennus penkereen puolelta.
- Onko rakennuskohteessa mahdollisesti vanhaa pohjavesisuojaus rakennetta.

Tekniset:

- Luiskasuojauksen tiivisrakenteen suunniteltu leveys.
- Valaisin sekä opasteiden jalustojen sijainnin tarkistus suunnitelmista. (vähintään 0,5 metriä ojan vesijuoksua korkeammalle)
- Siltojen hulevesikaivojen kivipiesien syvyyden tarkistus, pyritään välttämään ylimääräiset läpiviennit tiivisrakenteesta.

Toteutus vaiheessa urakka-asiakirjat ja suunnitelmat: (Asiakirjojen pätevyysjärjestys tulee tarkistaa urakkasopimuksesta)

Kaupalliset:

- Urakkasopimus
- Urakkaohjelma
- Tarjouspyyntö
- Tuotevaatimukset (erit. ST-urakat)

Tekniset:

- Työkohtaiset työselostukset ja laatuvaatimukset
- Sopimuspiirustukset

Urakoitsijan toimittamat suunnitelmat:

- Liikenteenohjaussuunnitelma.
- Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma huomioiden turvallisuus.
- Levityssuunnitelma mm. bentoniittimatolle, muovikalvolle sekä suojaotekstiilille.
- Läpiviennin suunnitelma mm. kaivoille, valaisin jalustoille, sillan pilareille sekä vaakatasossa oleville rumpuputkille.

Rakentamisen aikana:

- Materiaalin varastointi
 - Rullat varastoidaan kuivalle ja tasaiselle alustalle irti maasta ja suojataan sekä sateelta että likaantumislta suojapeitein tuuletuksesta huolehtien. Rullien suojamuovit poistetaan vasta juuri ennen asennusta. (InfraRyl 14231.3.2)
- Asennuslupakatselmus
 - Jossa testataan käytettävien työmenetelmien ja kaluston soveltuvuus kyseiseen työhön ja varmistetaan vaatimukset täyttävän asennuslupaan laatu (InfraRYL 14231.3.2)
- Läpiviennit
 - Onnistuminen varmistetaan koeasennuksella. Asennus dokumentoidaan ja valokuvataan. Urakoitsijan suunnitelmia päivitetään tarvittaessa katselmuksen ja koeasennuksen perusteella. (InfraRYL 14231.3.2)
- Asennus
 - Luiskasuojauksen materiaalit tulisi asentaa penkereen puolelta, jotta maantien päällysteen rikkoutumiselta vältettäisiin.

Luiskasuojauksen rakennusmateriaalien laatudokumentointi:

- Pohjavesisuojausrakenteissa ei käytetä uusiomateriaaleja.
 - Materiaalien yhteenvetotaulukko löytyy InfraRYL kohta 14231 taulukko T1
- Pohjavesisuojausrakenteissa käytetään uusiomateriaaleja.
 - Materiaalien yhteenvetotaulukko löytyy InfraRYL kohta 14231 taulukko T2

Takuu-aikana:

- Asfalttipäällysteiden saumojen kunnon seuraaminen.
- Pintaverhouksen kasvillisuuden seuraaminen.
- Luiskien ja ojan vesijuoksun kunnon seuraaminen eroosion vaikutusten takia.