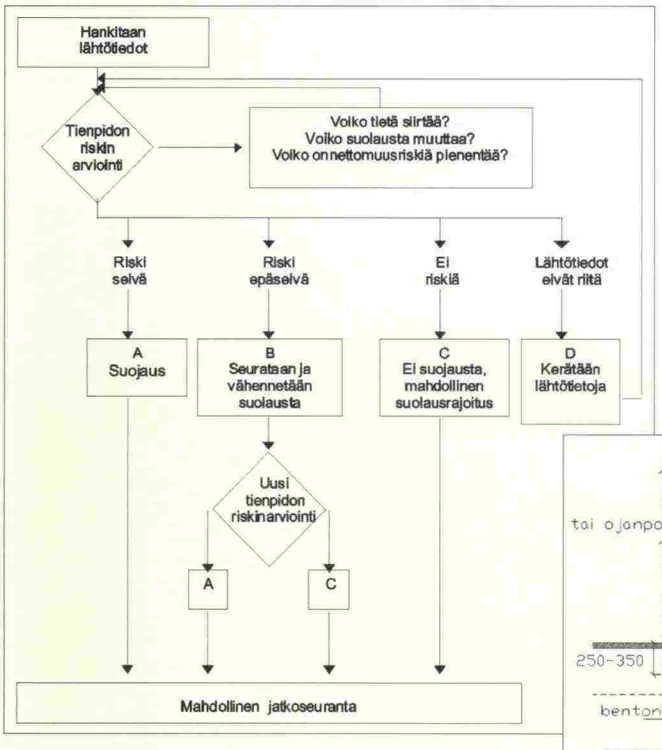
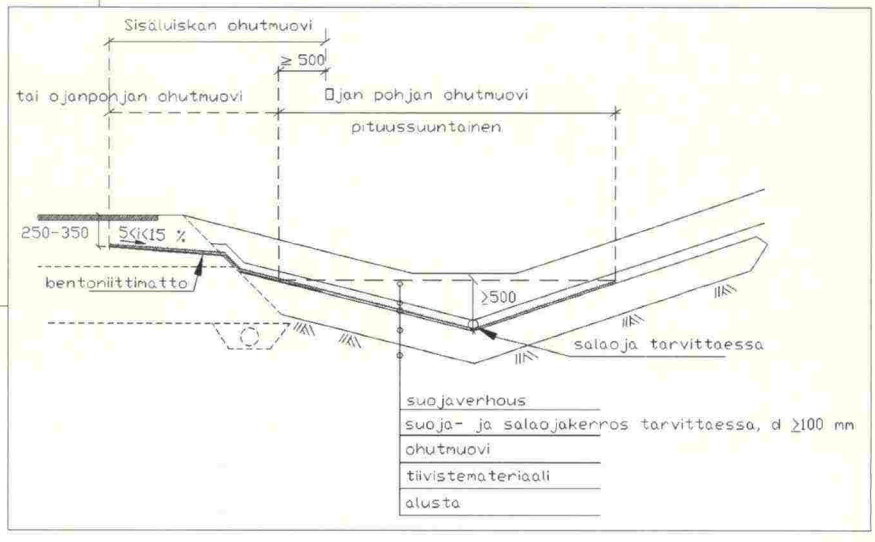
TIEHALLINTO

Pohjaveden suojaus tien kohdalla





Pohjaveden suojaus tien kohdalla

Suunnitteluvaiheen ohjaus

Tiehallinto
Helsinki 2004

ISBN 951-803-384-6
TIEH 2100028-04

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISBN 951-803-385-4
TIEH 2100028-v-04

Edita Prima Oy
Helsinki 2004

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011

Painotuote

TIEHALLINTO
Tekniset palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 150

TIEHALLINTO

MUU OHJAUS

3.11.2004 2009/1999/20/64

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA
Tielaki117 §

KORVAA/MUUTTAA
Pohjaveden suojaus tien kohdalla, TIEL 2140001-00

KOHDISTUVUUS
Tiehallinto

VOIMASSA
1.12.2004 alkaen

ASIASANAT
Pohjavesi, vesien suojelu, tie, luiskat

Pohjaveden suojaus tien kohdalla, TIEH 2100028–04

Pohjaveden suojausta tien kohdalla koskee suojaustarpeen (kohdat 1...3) osalta uusia ja raskaasti parannettavia teitä, mutta suojarakenteiden osalta (kohdat 4...8) myös vanhojen teiden suojauksia.

Suojaustarvetta koskeva osa on laadittu yhteistyössä alueellisten ympäristökeskusten ja ympäristöministeriön kanssa. Tiepiirit ja alueelliset ympäristökeskukset arvioivat suojaustarpeen tämän ohjeen perusteella.

Suojarakenteita koskeva osa on uudistettu yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen ja materiaalitoimittajien kanssa. Eri suojausluokkiin soveltuvat rakenteet on kuvattu ja materiaalikohtaisista laatuvaatimuksista on esitetty otteita. Materiaaleihin sovelletaan ensisijaisesti kulloinkin voimassa olevissa Tienrakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa ja työselityksissä (TYLT) olevia pohjaveden suojausta koskevia vaatimuksia. Hankekohtaisia poikkeamia ei tulisi tehdä.

Kehittämispäällikkö
Tie- ja geotekniikka

Kari Lehtonen

LISÄTIETOJA
Kari Lehtonen
Tiehallinto, Tekniset palvelut
Puh. 0204 22 2317

JAKELU / MYYNTI
www.tiehallinto.fi/julkaisut
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Telefaksi 020 450 2470

TIEDOKSI

Liikenne- ja viestintäministeriö
Ympäristöministeriö
Suomen ympäristökeskus
Alueelliset ympäristökeskukset
Tiensuunnittelukonsultit
Materiaalitoimittajat
Suomen Maarakentajien Keskusliitto ry
Suomen Kuntaliitto
Vesi- ja viemärilaitosyhdistys ry
Oppilaitokset
Kirjasto
Keskushallinnon yksiköt: S, HA, LP, TP

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 6

2 POHJAVEDEN SUOJELU SUUNNITTELUN ERI VAIHEISSA 8
- 2.1 Tien sijainti 8
- 2.2 Esi- ja kehittämisselvitykset 8
- 2.3 Yleissuunnitelma 8
- 2.4 Tiesuunnitelma 9
- 2.5 Rakennussuunnitelma 9
- 2.6 Rakentaminen 9

3 POHJAVEDEN SUOJAUSTARPEEN ARVIOINTI 10

4 POHJAVESIALUEEN TUTKIMUS 14
- 4.1 Olemassa olevan tiedon kokoaminen 14
- 4.2 Maastotutkimukset 14

5 TIENPIDON VAIKUTUSTEN SEURANTA 16
- 5.1 Kloridipitoisuuden seuranta 16
- 5.2 Suojauksen rakentamisen jälkeisen seurannan tarve 17

6 SUOJAUKSEN LEVEYS JA LAAJUUS, LASKUOJAT 18
- 6.1 Leveys 18
- 6.2 Jyrkät luiskat 19
- 6.3 Pituus ja laskuojat 21
- 6.4 Vanhat tiet 22

7 SUOJAUKSEN RAKENNE 23
- 7.1 Luokan valinta 23
- 7.2 Mitoituksen teoreettiset lähtökohdat 23
- 7.3 Luiskat 26
- 7.4 Päällysteet 26

8 TIIVISTEMATERIAALIT, SUOJAVERHOUS JA KUIVATUS 28

9 LIITTEET 32

1 JOHDANTO

Pohjavesialueelle rakennetun tien kohdalla tarvitaan toimenpiteitä tiesuolauksen aiheuttamien haittojen sekä onnettomuuksissa mahdollisten vaarallisten aineiden ja polttoaineiden vuotojen vuoksi. Toimenpiteitä ovat suolauksen vähentäminen, pintavesien mahdollisimman tehokas johtaminen pois alueelta, tieympäristön pehmentäminen, suojakaiteen rakentaminen onnettomuuksien varalle tai pohjavesisuojauksen rakentaminen.

Tässä ohjeessa käsitellään pohjaveden suojelussa tarvittavia tutkimustietoja pohjavesialueelta, suojaustarvetta ja pohjaveden laadun seurantaa sekä luiskatiivistyksessä käytettäviä rakenteita ja materiaaleja. Lähtökohtana on pohjaveden pilaamiskielto. Pilaamiskielto on määritetty ympäristönsuojelulain 8. pykälässä ja se korvaa vesilain ensimmäisen luvun 22. pykälän.

Pohjaveden suojaustarpeen osalta tätä ohjetta sovelletaan, kun rakennetaan uusi tie, vanhaa tietä levennetään tai puututaan tien sitomattomiin kerroksiin. Tilanteissa, joissa suunnitellaan esimerkiksi kevyen liikenteen väylän tai liittymän rakentamista tätä ohjetta voidaan myös soveltaa. Tällöin suojaustarpeeseen vaikuttaa tilanne ennen rakentamista ja suolausmäärissä tapahtuvat muutokset. Tienpidon riskinarviointimenetelmä on hyvä apuväline suunnittelussa.

Tiehallinnon ympäristöpolitiikan mukaisesti Tiehallinto selvittää ympäristöviranomaisten kanssa teiden suolauksen vaikutuspiirissä olevien pohjavesialueiden kestokykyä ja varmistaa, ettei kestokyky ylity sekä toteuttaa tarvittaessa suojaukset. Yhteistyössä muiden vastuullisten kanssa Tiehallinto kehittää vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvien riskien hallintaa.

Vaarallisia aineita kuljetettiin maanteitse vuonna 2002 noin 12,3 milj. tn. Pääosa kuljetuksista oli palavien nesteiden (67 %) ja syövyttävien aineiden (15 %) kuljetuksia. Suurin osa (93 %) palavista nesteistä oli polttonesteitä ja -öljyjä (bensiini, dieselöljy, kevyt ja raskas polttoöljy, kerosiini, lentopetroli). Syövyttävistä aineista oli happamia aineita 43 % ja emäksisiä aineita 51 %.

Tiesuolan käyttö liukkauden torjunnassa on lisääntynyt 1960-luvulta ja suurimmillaan levitetyn suolan määrä oli vuonna 1990, jolloin sitä levitettiin yli 150 000 tonnia. Nyttemmin talvisuolan käyttöä on vähennetty n. 70 000 – 100 000 tonniin vuodessa, esim. talvikautena 2002–2003 määrä oli 73 000 tonnia. Tästä pääosa on natriumkloridia ja pieni osa kalsiumkloridia.

Yleisillä teillä suolaa käytetään pääosin vilkkaimpien teiden (hoitoluokat Is ja I) liukkaudentorjuntaan ilman lämpötilan ollessa lähellä nollaa ja pakkasta vähemmän kuin neljä astetta. Näitä teitä on noin 6300 km. Tämän lisäksi on noin 10 000 km ns. vähän suolattavia teitä (hoitoluokka 1b), joilla suolan käyttö rajoittuu lähinnä syksyn tai yleensä 0-kelin liukkauksiin.

Suolan käyttö on voimakkaasti riippuvainen ilman lämpötilasta. Samantasoisilla teillä suolan käyttö vähenee etelästä pohjoiseen ja koilliseen siirryttäessä niin, että esim. Rovaniemen tasolla I-luokan teitä suolataan vain vähän ja Ib-luokan teitä ei juuri ollenkaan. Linjan Imatra–Kokkola eteläpuolella suolasta käytetään noin 85 – 90 % ja linjan Imatra–Tampere–Pori eteläpuolella noin 55 %. 1990-luvun lopulla suolausmäärä 8 tonnia tiekilometrille ylittyi Is ja I-luokan tiellä Uudenmaan, Turun, Kaakkois-Suomen, Hämeen, Keski-Suomen ja Vaasan tiepiirin alueella. Savo-Karjalan ja Oulun tiepiirin alueella arvo ylittyi vain Is-luokan teillä.

2 POHJAVEDEN SUOJELU SUUNNITTELUN ERI VAIHEISSA

2.1 Tien sijainti

Uusien vilkasliikenteisten suolattavien teiden rakentamista pohjavesialueille, erityisesti pohjaveden muodostumisalueelle, vältetään. Jos tie joudutaan sijoittamaan pohjavesialueelle, toteutetaan suojaustoimet osana hanketta. Olemassa olevaa tietä parannettaessa yhtenä vaihtoehtona tutkitaan tien siirtämistä pois pohjavesialueelta tai pohjaveden oton kannalta suotuisampaan paikkaan. Ympäristöministeriö on antanut alueellisille ympäristökeskuksille tien suunnittelua ja sijoittamista pohjavesialueella koskevia yleisiä suosituksia. Ne koskevat tien rakentamisesta ja kunnossapidosta aiheutuvien pohjavesivaikutusten valvontaa.

2.2 Esi- ja kehittämisselvitykset

Eri linjausvaihtoehtojen kohdalla selvitetään, onko alueella pohjavesialueita ja voidaanko tie linjata pohjavesialueiden ulkopuolelle. Suunnittelun aikana tehdään tienpidon pohjavesialueelle ja vedenottamoille aiheuttaman riskin arviointi sekä arvioidaan alustavasti suojaustarve ja muut keinot vähentää tienpidon ja tieliikenteen aiheuttamia riskejä pohjavesialueilla. Suunnittelun aikana kerätään myös olemassa olevat tiedot pohjaveden virtaussuunnista, maaperästä, pohjaveden laadusta sekä alueen muista kloridilähteistä. Tarkastelut tehdään pohjavesialueiden rajojen mukaisesti. Suunnittelutyössä ollaan yhteydessä kuntiin ja alueelliseen ympäristökeskukseen.

Esisuunnitelmassa suunnitellaan alustavasti tarvittavat pohjavesialueen maastotutkimukset ja pohjaveden laadun seurannat, jotta tuloksia voidaan hyödyntää yleissuunnitelmavaiheessa suojauksen laajuuden määrittämisessä. Tutkimukset on syytä aloittaa vuosi ennen yleissuunnittelun käynnistymistä.

2.3 Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelmaa laadittaessa etsitään tielle ympäristön, liikenteen tarpeiden ja kustannusten kannalta edullisin sijainti. Tässä vaiheessa tehdään maastotutkimuksia.

Yleissuunnitelmassa esitetään suojauksen laajuus, alustavat rakentamiskustannukset ja alustava kuivatussuunnitelma. Suojaustarpeesta neuvotellaan alueellisen ympäristökeskuksen kanssa ja pyydetään tarvittaessa lausunto. Suunnitelmassa esitetään myös muut keinot vähentää tienpidon ja tieliikenteen aiheuttamia riskejä pohjavesialueilla.

2.4 Tiesuunnitelma

Tiesuunnitelman perusteella Tiehallinto saa oikeuden tietä varten tarvittavaan maa-alueeseen. Tien sijainti ja tasaus määräytyvät tässä suunnitteluvaiheessa. Tiesuunnitelmassa tai sen täydennysosassa esitetään suojauksen laajuus, vaativuusluokka ja kustannukset, mahdolliset suojauksen edellyttämät kaiteet, purkupaikat sekä suunnitelma kuivatuksesta. Purkupaikat suunnitellaan siten, ettei tiealueelta johtuva vesi aiheuta merkittävää vaaraa pohja- tai pintavesille. Suojausmateriaaleja ei päätetä tiesuunnitelman yhteydessä.

Tiesuunnitelma laaditaan yleensä muutamia vuosia ennen rakentamista. Sitä voidaan tarkistaa ja täydentää vielä ennen rakentamista. Suunnitelmasta ja tarkistuksista pyydetään alueellisen ympäristökeskuksen lausunto.

2.5 Rakennussuunnitelma

Rakennussuunnitelman teettää Tiehallinto tai urakoitsija, kun vaadittuun suojausluokkaan kelpaava suojausmateriaali on valittu. Materiaalien laatuvaatimukset ja paksuudet saadaan tästä ohjeesta sekä Tienrakennustöiden yleisistä laatuvaatimuksista ja työselityksistä. Pohjavesisuojausten suunnitteluun sisältyy lopullisten rakennekuvien ja työselitysten laatiminen, mm. altaat, pumppaamot ja purkulinjat. Suunnitelmassa varmistetaan mm. suojauksen pysyminen luiskissa ja läpivientien toteuttamiskelpoisuus. Öljynerotusaltaiden sijoittamista pohjavesialueelle on vältettävä.

2.6 Rakentaminen

Rakentamisen aikana havaitut poikkeamat pohjamaassa voivat edellyttää tehtyjen suunnitelmien muuttamista. Urakoitsijan on neuvoteltava muutoksista tilaajan kanssa, suojausalueen laajuuden ja luokan osalta myös alueellisen ympäristökeskuksen kanssa. Urakoitsija mittaa ja raportoi rakentamisensa laadun sekä laatii kunnossapitäjää ja pelastusviranomaisia varten toteutumapiirustukset. Rakennuttaja selvittää pistokokein raportoinnin oikeellisuuden.

3 POHJAVEDEN SUOJAUSTARPEEN ARVIOINTI

Luiskasuojauksen tarpeeseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- tien aiheuttama riski (suolausmäärä, vaarallisten aineiden kuljetukset, pohjaveden virtaussuunta tien ja vedenottamon välillä, tien sijainti pohjavesialueella)
- pohjavesialueen merkitys (alueen luokitus, maaperän ja veden laatu, alueen merkitys vedenhankinnalle)
- pohjavesialueen herkkyys (pohjavesialueen virtauskuva, pohjavesialueen koko, pohjavesialueella mitatut kloridipitoisuudet)

Suojaustarpeen arvioinnissa käytettäviä hydrogeologisia lähtötietoja ovat pohjavesialueen pohjaveden virtaussuunnat sekä virtausta ohjaavat hienoaineskerrokset ja kalliokynnykset tien ja vedenottamon tai suunnitellun vedenottoalueen välillä. Lisäksi tarvitaan vedenlaadun seurantatiedot vedenottamolta ja mahdollisista pohjavesiputkista sekä tietoja suolausmääristä.

Suojausta ei tarvita niillä pohjavesialueen osilla, joilla vettä johtavien maakerrosten päällä on vettä vain heikosti läpäisevä kerros. Pintakerroksen tulee silloin täyttää suojaukselle asetetut tavoitteet ja olla paksuudeltaan sellainen, ettei rakentamisen yhteydessä pääse syntymään yhteyttä alempiin vettä johtaviin kerroksiin.

Pohjaveden laadulle on määritelty tavoitearvoja terveydellisin perustein ja korroosion vuoksi. EU:ssa on direktiivi, jossa pohjaveden laadulle on terveydellisin perustein annettu tavoitearvo 250 mg/l. Korroosion vuoksi on Suomessa käytössä tavoitearvo 25 mg/l. Arvo perustuu 1980-luvulla tehtyihin selvityksiin.

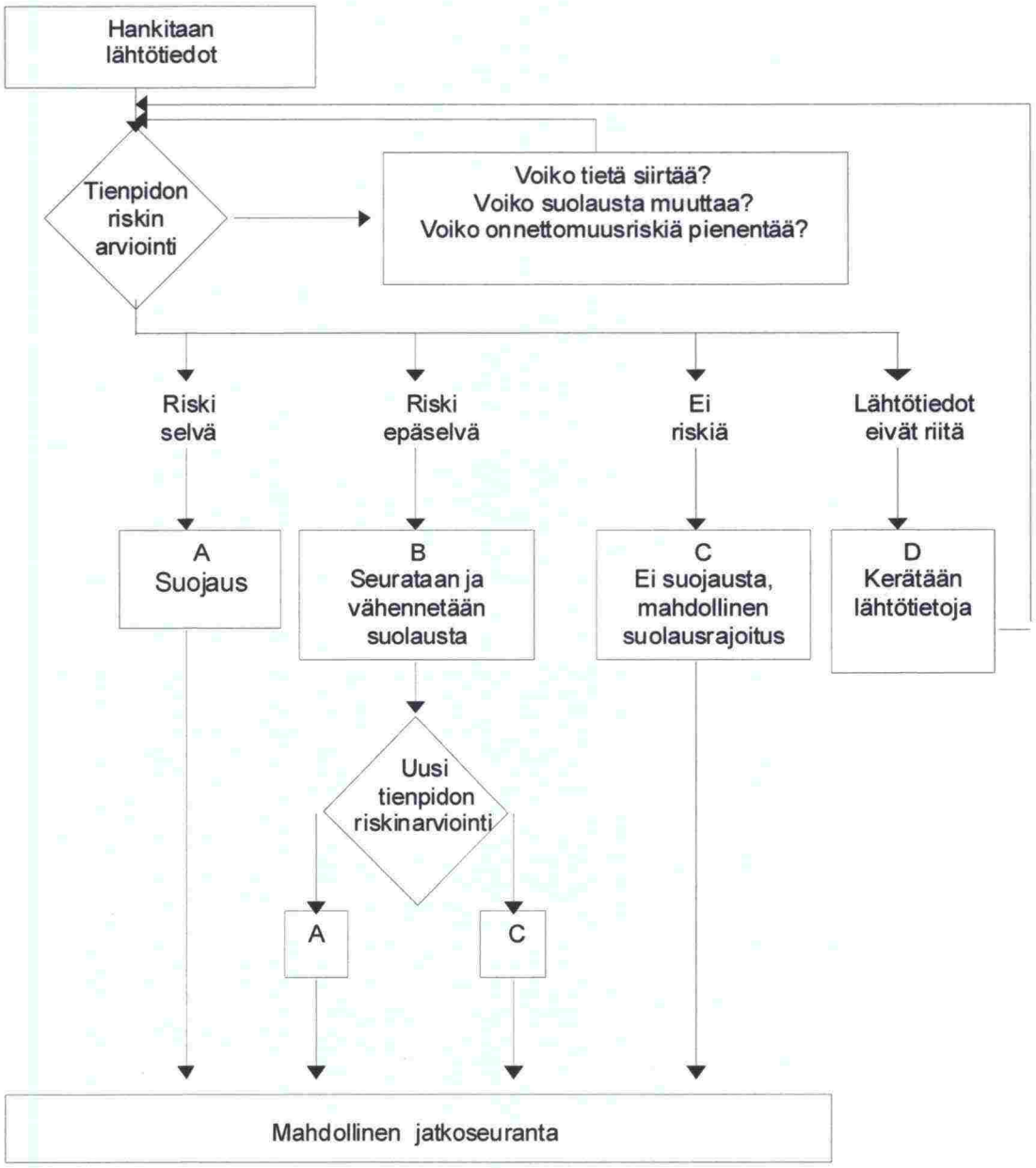
Veden syövyttävyyteen vaikuttavat alkaliteetin (lähinnä bikarbonaatti) suhde sulfaatin ja kloridin kokonaismäärään. Mitä korkeammat ovat sulfaatti- ja kloridipitoisuudet sitä suurempi tulee alkaliteetin määrän olla, jotta vesi ei aiheuta putkistoissa syöpymistä Korkea alkaliteetti aiheuttaa vuorostaan kalkkisaostumia lämminvesilaitteisiin.

Tässä ohjeessa esitettävää suojauksen tarpeellisuuden arviointia sovelletaan kaikilla pohjavesialueilla (I-, II- ja III-luokan alueet). Suojaustarpeen arvioinnissa tulee tarvittaessa käyttää Tiehallinnon ja alueellisten ympäristökeskuksen asiantuntijoiden apua.

Pohjaveden suojelutarvetta tarkastellaan koko alueella, erityistä huomiota kiinnitetään vedenottamoalueisiin. Vaikutuksia arvioitaessa otetaan huomioon pohjaveden virtaussuunnat, vedenottokapasiteetti ja maa-aineksen laatu.

Suojaustarpeen arvioinnin yhteydessä on suunniteltava valumavesien purkupaikat. Vesiä ei saa purkaa paikkaan, josta ne voivat imeytymällä tai pintavaluntana kulkeutua pohjavesialueelle. Purkupaikka on suunniteltava myös siten, ettei tiealueelta valuva vesi aiheuta pintavesien pilaantumista. Jos suojattu tieosuus sijaitsee keskellä pohjavesialuetta, suojataan vedet pohjavesialueen ulkopuolelle johtava laskuoja tai johdetaan vedet putkessa purkupaikkaan. Öljynerotusaltaiden sijoittamista pohjavesialueelle on vältettävä.

Kuva 1: Pohjaveden suojaustarpeen arviointi tien rakentamisen yhteydessä.



A Rakennetaan suojaus

Suojaus on rakennettava tilanteissa, joissa seuraavat kolme ehtoa toteutuvat:

1) pohjavesialueella on käytössä oleva vedenottamo tai suunniteltu vedenottoalue
2) pohjaveden virtaus suuntautuu tieltä vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottoalueelle
3) tien suolaus tulee olemaan yli 8 tn/km/v tai vaarallisten aineiden kuljetuksia tulee olemaan yli 100 000 tn/v

1990-luvun lopulla suolausmäärä 8 tn/km/v ylittyi tiepiirien U, T, KaS, H, KeS ja V alueilla kunnossapitoluokan I ja Is teillä ja tiepiirien SK ja O alueilla kunnossapitoluokan Is teillä.

Lisäksi suojaus rakennetaan, mikäli jo olemassa olevan suolattavan tien aiheuttamat riskit vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottamolla ovat merkittäviä (esim. kloridipitoisuus on yli 25 mg/l tai pitoisuustaso on selvästi kohoamassa, ja riskiluku on yli 75).

Poikkeus 1: Jos pohjavesialue on pieni ja paikallisesti merkittävä, vedenottamo sijaitsee hyvin lähellä tietä (alle 100 m:n etäisyydellä) tai pohjavesialue tai sen osa-alue on virtauskuvaltaan ympäristöstään vettä keräävä, harkitaan suojauksen rakentamista jo ehtoa 3 alhaisemman suolausmäärän perusteella.

Poikkeus 2: Ehdon 3 ohjeellista arvoa voidaan nostaa, jos tie kulkee pohjavesialueen reunalla tai pohjaveden muodostumisaluetta hipoen ja suolauksen aiheuttama haitta pohjavesialueelle on vähäinen.

B Aloitetaan seuranta ja ryhdytään tarvittaessa toimenpiteisiin

Suojauksen rakentamisen sijaan harkitaan kloridipitoisuuden seurantaa, suolauksen vähentämistä tai ojien kunnostusta pintavesien poisjohtamisen nopeuttamiseksi, jos kohdan A ehdoista 1, 2 tai 3 jää vähintään yksi osittain toteutumatta. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi seuraavat:

- vesi ei täytä muutenkaan terveysviranomaisen asettamia laatuvaatimuksia
- pohjaveden virtauksen suuntautuminen tiealueelta vedenottamolle tai suunnitellulle vedenottoalueelle on mahdollista, muttei täysin varmaa
- tiesuolan käyttö alittaa edellä esitetyn ohjeellisen arvon, mutta on enemmän kuin puolet raja-arvosta
- pohjavesialueella on muita kloridipitoisuuteen vaikuttavia toimintoja ja tien vaikutus on epäselvä.

Normaalitilanteessa seuranta on alkuvaiheessa tarkoituksenmukaista järjestää kunnan viranomaisten tai vesilaitoksen toimesta. Mikäli pohjaveden kloridipitoisuus on tiesuolauksen vuoksi kohonnut (yli 25 mg/l), siirtyy vastuu tarkkailun järjestämisestä tiepiirille.

Jos tarkasteltavan tien osuus kloridipitoisuuksien kohoamisesta on epäselvä, tarvitaan vedenottamon lisäksi seurantaa myös tien ja vedenottamon väliin asennetuista pohjavesiputkista.

Seurannan perusteella selvitetään tarve suojauksen rakentamiseen tai suolan käytön lisärajoituksiin. Seurannasta on ohjeita kohdassa 5.

C Toimenpiteitä ei tarvita

Kun kohdan A ja B ehdot eivät täyty, ovat tienpidon ja tieliikenteen riskit vähäiset eikä tarvita suojauksen rakentamista ja suolan käytön rajoittamista. Suolan käyttömääriä seurataan vuosittain. Pohjaveden kloridipitoisuustaso on tällöin alle 10 mg/ ja riskiluku alle 65.

D Suoritetaan lisätutkimuksia

Usein päätöksenteon aikana huomataan, ettei pohjaveden virtaussuuntia ja vedenottamoiden vaikutusalueita tunneta riittävästi. Tällöin tehdään tarvittaessa lisätutkimuksia. Ennen kuin lisätutkimuksiin ryhdytään, selvitetään alueiden kaivojen ja asennettujen pohjavesiputkien sijainnit ja mahdollisuudet virtaussuuntien määrittämiseen näiden tulosten avulla. Tutkimukset tehdään kohdan 4 mukaisesti ja päätös toimenpiteestä tehdään tutkimustulosten perusteella. *Liitteessä 2* on lisätietoja.

Lisätutkimuksista on hyötyä myöhemminkin suojauksia ja seurantoja suunniteltaessa. Tutkimukset selvittävät, virtaako pohjavesi vedenottamon suuntaan vai ei. Seurantaa varten asennettavat pohjavesiputket sijoitetaan edustaviin paikkoihin, jolloin seuranta on luotettavaa. Tutkimuksista on hyötyä myös myöhemmässä vaiheessa. Ne helpottavat selvitystyötä tilanteessa, jolloin pohjaveden likaantumisen aiheuttaja on kiistanalainen, ja vaarallisten aineiden onnettomuuspäästöissä puhdistustyö ja veden laadun jälkiseuranta on helpompaa.

Uusia tutkimuksia virtaussuunnan selvittämiseksi ei tarvita, jos pohjaveden virtaussuunta tunnetaan seurannan ja tutkimusten perusteella. Tutkimuksia ei tarvita, kun tien suolaus on vähäistä eikä vaarallisten aineiden kuljetuksia ole erityisen paljon.

4 POHJAVESIALUEEN TUTKIMUS

4.1 Olemassa olevan tiedon kokoaminen

Pohjaveden virtaussuuntien sekä tien ja vedenottamon välisen hydrogeologisen yhteyden selvitys aloitetaan läpikäymällä ensin olemassa olevat geologian, hydrologian ja geofysiikan taustatiedot (kartat, tulkintaleikkaukset, pistehavainnot ja aiemmin laaditut raportit) sekä tekemällä karttatulkinnat. Parhaassa tapauksessa valmis tutkimustieto on riittävä pohjaveden virtaussuuntien määritykseen eikä uusia tutkimuksia tarvita.

Pohjavesialueiden tutkimustietoja tuottavat kunnat, vesilaitokset, pohjavettä käyttävät toiminnan harjoittajat, alueelliset ympäristökeskukset ja Geologian tutkimuskeskus.

4.2 Maastotutkimukset

Pohjaveden virtaussuunta voidaan määrittää pohjavesiputkista mitattujen vedenkorkeuksien perusteella silloin, kun muodostuman tarkasteltavalla alueella ei ole hienoaineskerroksia tai kalliokynnyksiä ja havaintopisteverkko on todettu riittäväksi. Maastokäynnillä tarkastetaan putkien kunto ja mitataan vedenkorkeudet. Tarvittaessa havaintopisteverkkoa tihennetään asentamalla lisäputkia. Asennettavien putkien sijainnit arvioidaan tapauskohtaisesti. Tällöin tulee ottaa huomioon mahdollisuus putkien käyttöön myös pohjaveden laadun seurannassa (ks. kohta 5). Pohjavedenpinnan korkeuden tarkkailua varten asennettavat putket ovat yleensä halkaisijaltaan 32 mm:n rautaputkia. Mikäli putkesta on tarkoitus ottaa vesinäytteitä, on syytä käyttää läpimitaltaan edellä mainittua suurempaa (esim. 50 mm) muoviputkea.

Maakairausten ja pohjavesiputkien asennuksen ohella on aiheellista käyttää geofysikaalisia menetelmiä, jos alueella ei ole aiemmin tehty muodostuman geologista rakennetta kartoittavia tutkimuksia tai selvitysten perusteella voidaan epäillä tien ja vedenottamon välillä olevan virtaukseen vaikuttavia rakenteita. Käytettävät geofysikaaliset tutkimusmenetelmät ja eri vaihtoehdot riippuvat maa- ja kallioperäolosuhteista. Pohjavesitutkimuksissa yleisimmin käytettyjä geofysiikan menetelmiä ovat maatutkaluotaus, sähköinen vastusluotaus ja seisminen taittumisluotaus. Menetelmillä selvitetään pohjaveden pinnan asemaa, maalajeja, kerrospaksuuksia ja virtausta estävät kalliokynnykset. Tulkinnassa hyödynnetään valmiina maastossa olevat pohjavesiputket ja tulosten pohjalta voidaan asemoida tarvittavat uudet putket. Pohjavesiputkista mitatut vedenkorkeudet ja maakairauksilla saatavat kerrosrajojen tarkat sijainnit yhdessä geofysiikan luotausten kanssa antavat tiedot, joilla arvioitavan alueen kuvaus ja suojattavan alueen rajaus onnistuu. Lisätutkimuksille varataan aikaa 3-6 kk. *Liitteessä 2* on lisätietoja.

Kun kalliopinnan ja pohjavedenpinnan syvyyksiä ei tunneta tai kun ne ovat syvyysvälillä 0–30 m, tehdään ensin maatutkaluotaus. Luotauslinjoja tulisi olla pohjavesialueella 1–2 kpl suunnitteilla olevan tien suunnassa ja 3 kpl/km poikkisuuntaan. Luotausten tueksi tehdään kairauksia ja otetaan maanäytteitä. Osa linjoista suunnataan kulkemaan käytössä olevan tai suunnitellun vedenottamon ja mahdollisten seurantaputkien kautta. Maatutkan käytössä on rajoituksia: tutka-aallon etenemistä häiritsevät tieluiskassa liukkaudentorjuntaan käytetty suola sekä ohuet savikerrokset, joita se ei pysty läpäisemään.

Mittauslinjojen topografia mitataan 0,5 metrin tarkkuudella (vaaitus, GPS). Mittauslinjat ja -pisteet sidotaan maaperäkairauspisteisiin ja mahdollisiin mitattuihin pohjavedenpintoihin. Maatutkalla tehdään myös pistekohtaisia luotauksia syvyyskalibrointia varten.

Kun kallionpinta ja pohjavedenpinta ovat yli 10 metrin mutta alle 30 metrin syvyydellä, tehdään lisäksi sähköisiä vastusluotauksia. Mittaus tehdään joko pisteluotauksena, jolloin tarvittava pistemäärä on noin 10 kpl/km2, tai linjaluotauksena. Toinen mahdollinen menetelmä on seisminen taittumisluotaus (refraktioluotaus). Molemmat soveltuvat käytettäviksi myös alueilla, joilla on sähköä johtavia savi- tai silttikerroksia.

Mikäli pohjaveden ja kalliopinnan asemasta ei saada tietoa edellä esitetyillä tutkimuksilla, suunnitellaan erityistutkimukset arvioidun tarpeen mukaisesti erikseen. Lähes aina tämä johtuu siitä, että pohjaveden ja kallion pinta sijaitsevat syvällä, yli 30 metriä maanpinnasta. Tällöin kyseeseen tulevia menetelmiä ovat seisminen heijastusluotaus (reflektioluotaus), painovoimamittaus ja sähkömagneettinen luotaus. Paksujen maakerrosten ja syvällä sijaitsevan pohjaveden tapauksessa on tutkimukset suunniteltava erityisellä huolella.

Tutkimustulosten perusteella tehdään tienpidon riskinarviointi ja suunnitellaan tarvittavat jatkotoimenpiteet pohjaveden suojelemiseksi.

5 TIENPIDON VAIKUTUSTEN SEURANTA

5.1 Kloridipitoisuuden seuranta

Seurannan tarkoituksena on selvittää kloridipitoisuuden kehittymistä vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottoalueella, kun suojausta ei rakenneta. Vedenlaatua koskevia tietoja on saatavissa vesilaitoksilta, kunnista ja alueellisista ympäristökeskuksista. Kloridipitoisuuden seurantaa tulee tehdä vedenottamon lisäksi pohjaveden virtaussuuntien ja käytössä olevan tai suunnitellun vedenottamon sijainnin suhteen tarkoituksenmukaisesti asennetuista havaintoputkista. Seuraamalla säännöllisesti kloridipitoisuutta tien ja vedenottamon välillä voidaan ennakoida vedenottamolla tapahtuvaa kloridipitoisuuden kehitystä ja tulosten perusteella ajoissa ryhtyä toimenpiteisiin (suojauksen rakentaminen tai suolauksen vähentäminen).

Eri toimijoiden seurantavelvoitteista on suosituksia YM:n ohjeessa alueellisille ympäristökeskuksille. Alkuvaiheessa seuranta on tarkoituksenmukaista järjestää kunnan tai vesilaitoksen toimesta. Mikäli pohjaveden kloridipitoisuus on tiesuolauksen vuoksi merkittävästi kohonnut, siirtyy vastuu seurannasta tiepiirille.

Vedenottamolta otettu näyte kuvaa lähialueen pohjaveden tilaa ja on pohjavesialueelle suuntaa antava. Seurantaa on tarpeen tehdä vedenottamon lisäksi myös pohjavesiputkista. Poikkeuksena ovat pinta-alaltaan erittäin pienet pohjavesialueet. Seuranta vedenottamolla on tällöin oltava systemaattista (näytteet otetaan vedenottamon kaivosta samaan aikaan vuodesta, samasta syvyydestä, samalla menetelmällä ja vuosittaisia näytteenottokertoja on oltava riittävästi).

Normaalissa tienpidon vaikutusten seurannassa seurattavia vedenlaatuparametrejä ovat kloridi ja sähkönjohtavuus. Selvitettäessä tarkemmin kloridin lähdettä analysoidaan kloridin lisäksi natrium-, kalsium-, magnesium-, sulfaatti- ja bikarbonaattipitoisuus. Arvioitaessa pohjaveden syövyttävyyttä tarvitaan tiedot kloridi-, sulfaatti- ja bikarbonaattipitoisuudesta.

Pohjavesialueella tulisi seurantaa varten olla vähintään kolme halkaisijaltaan esim. 50 mm muovista pohjavesiputkea. Vähintään yksi putki sijoitetaan pohjaveden virtauksen suunnassa tien ja vedenottamon/suunnitellun vedenottoalueen välille. Lähin putki sijoitetaan noin 50 m etäisyydelle tiestä. Yksi putki sijoitetaan paikkaan, jossa pohjavesi on luonnontilaista. Putkien siiviläosa kattaa mahdollisuuksien mukaan koko veden kyllästämän osan.

Näytteet otetaan neljä kertaa vuodessa: keväällä, kesällä, syksyllä ja talvella. Näytteet otetaan syvyydeltä, jossa pitoisuus on korkein. Kloridipitoisuudessa esiintyy toisinaan syvyyssuuntaista vaihtelua, joten ensimmäisillä

kerroilla otetaan näytteet usealta eri syvyydeltä sopivan näytteenotto-syvyyden määrittämiseksi. Näytteenottosyvyys voidaan määrittää myös sähkönjohtavuuden kenttämittarilla: syvyydellä, jolla sähkönjohtavuus on korkein, on todennäköisesti myös kloridipitoisuus korkein. (Huom. Näytettä ei saa ottaa hienoaineskerrosten kohdalta.)

Kaikista havainnoista piirretään havaintopistekohtaisesti kuvaajat, joista kloridipitoisuuden kehityssuunta päätellään. Kloridipitoisuuksia tulee seurata myös vedenottamolla. Vuosittaisia tiesuolan käyttömääriä (tn/km/v) seurataan pohjavesialuekohtaisesti. Seurannan aikana arvioidaan tilanne kolmen vuoden välein ja päätetään toimenpiteistä:

- Rakennetaan suojaus (tai lopetetaan suolaus), jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä ja vedenottamolla on selvästi nouseva ja pitoisuuden vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottoalueella ennustetaan viiden vuoden sisällä kohoavan yli tason 25 mg/l.
- Jatketaan seurantaa ja vähennetään suolausta mahdollisuuksien mukaan, jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä on nouseva, mutta pitoisuuden vedenottamolla tai suunnitellulla vedenottoalueella ei ennusteta nousevan yli tason 25 mg/l.
- Harvennetaan näytteenottoa yhteen kertaan vuodessa (kesä tai alkusyksy), jos kloridipitoisuuden kehitys havaintopisteissä ei ole nouseva ja pitoisuus vedenottamolla on alle 25 mg/l. Näytteet otetaan samaan aikaan ja samasta syvyydestä kuin aiemmassa seurannassa. Seurantaa tihennetään, jos kloridipitoisuus havaintopisteissä kääntyy nousuun.
- Seurantatulokset tallennetaan Tiesuolauksen riskirekisteriin (TSRR). Ohjelma on käytössä alueellisissa ympäristökeskuksissa, tiepiireissä, Suomen ympäristökeskuksessa.

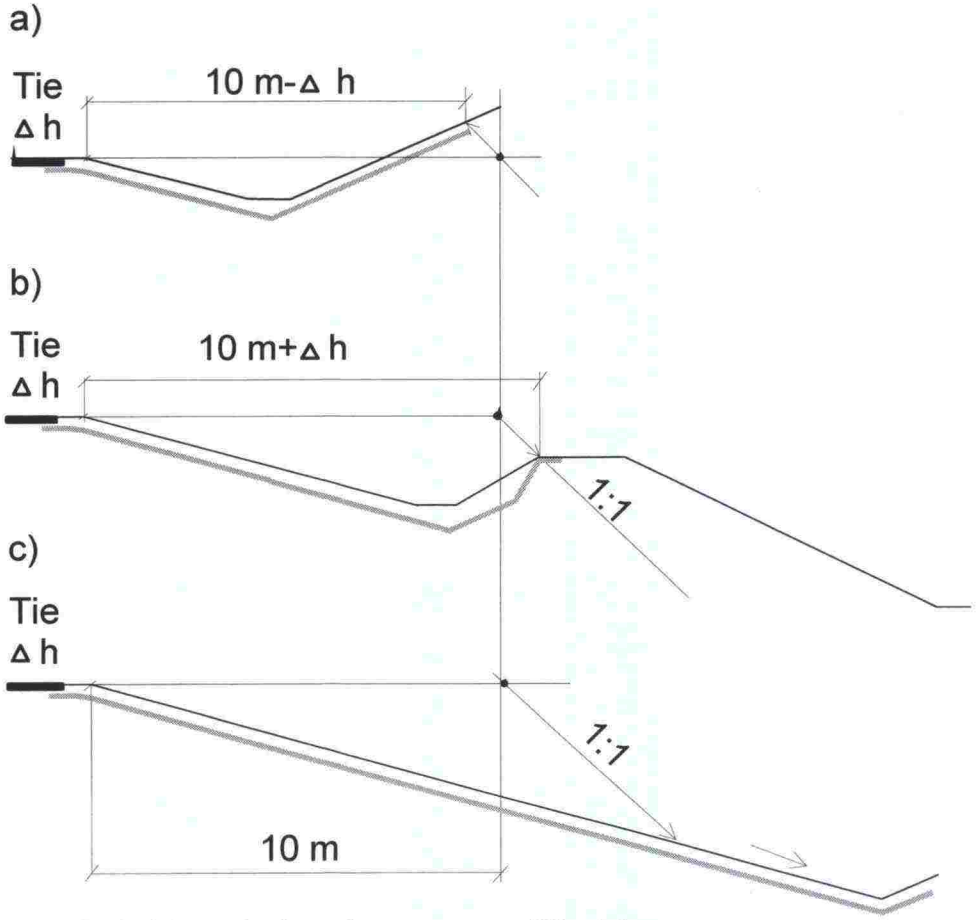
5.2 Suojauksen rakentamisen jälkeisen seurannan tarve

Kun tielle on rakennettu luiskasuojaus, on suositeltavaa seurata pohjaveden kloridipitoisuuden kehittymistä suojauksen toimivuuden varmistamiseksi. Seurannan avulla pystytään mahdollisesti arvioimaan myös tehokkuuseroja eri suojaustekniikoiden välillä. Usein suojauksen rakentamisen vaikutus varmistuu kloridipitoisuuden laskuna vasta muutaman vuoden viipeellä riippuen pohjaveden virtausnopeudesta ja havaintopisteen etäisyydestä tiestä. Seuranta suojauksen toimivuuden varmistamiseksi järjestetään samoin kuin edellä kuvattu esiseuranta.

6 SUOJAUKSEN LEVEYS JA LAAJUUS, LASKUOJAT

6.1 Leveys

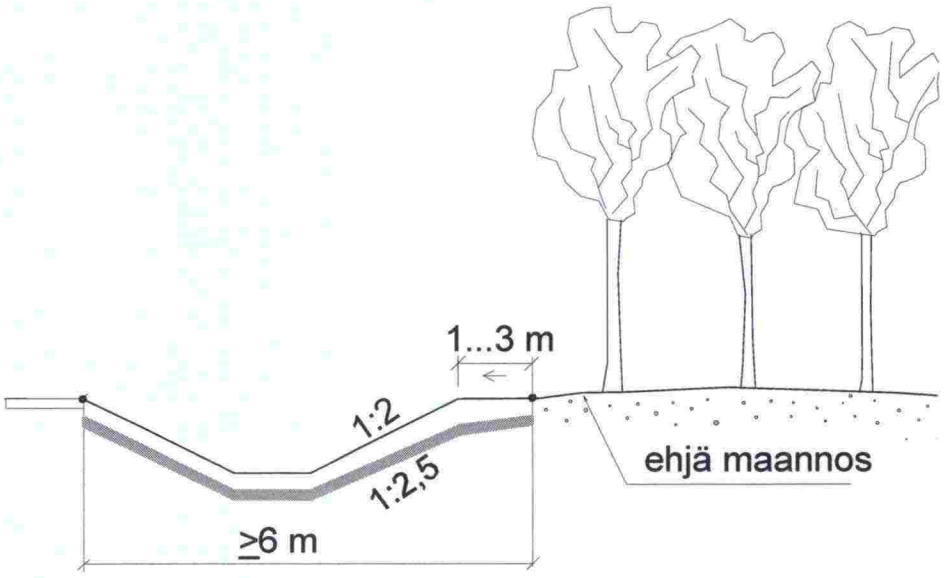
Tien leveyssuunnassa suojaus on kuvan 2 tai 3 mukainen. Autojen kaatumisen vähentämiseksi sisäluiskan tulisi olla loiva (1:4) ja taitteet pyöristettyjä (tien reunan vieressä 1:8 noin 1 m leveydellä ja ojan pohjassa vähintään 1 m levyinen tasanne, johon tehdään pyöristykset). Tällöin suojaus on myös kohtuullisen helppo rakentaa. Tiivistemateriaalin valumisen kannalta kaltevuuden tulisi olla enintään 1:3. Ulkoluiskan pinnan kaltevuus on tavallisesti 1:2, mutta tiivisteen kaltevuuden tulisi olla 1:2,5. Maton tai muovin yläreuna on ankkuroitava. Matalissa ulkoluiskissa voidaan sallia kaltevuus 1:2, koska ulkoluiska ei ole aivan yhtä tärkeä osa suojausta kuin sisäluiska.



Kuva 2: Luiskasuojauksen leveys normaalitilanteissa.

a) Kun maasto nousee tien pinnan yläpuolelle leveys on 10 m – korkeusero (Δh).
b) Kun maasto laskee tien pinnan alapuolelle leveys on 10 m + korkeusero (Δh).
c) Vieläkin leveämpi suojaus tarvitaan, jos vesi muuten valuisi suojaukselta viereiseen maastoon.

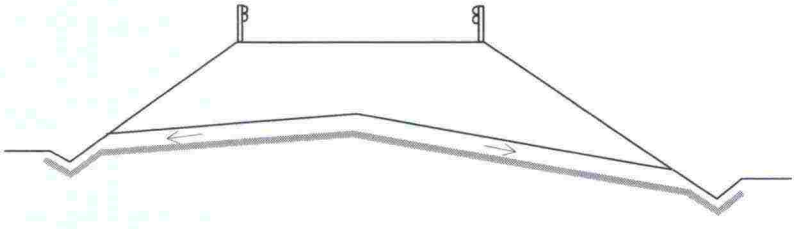
Aurauslumi ei yleensä lennä näin määritetyn alueen ulkopuolelle. Suistuneista autoista alle 10 % pääsee alueen ulkopuolelle.



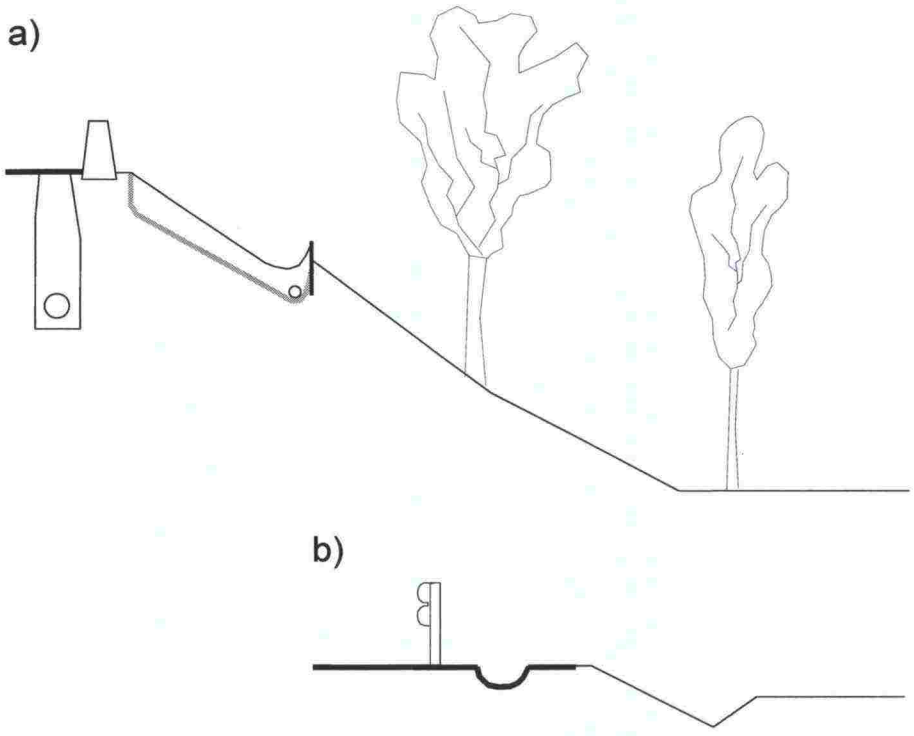
Kuva 3: Maisemallisesti arvokkaan metsän säästämiseksi, lähellä olevan tontin vuoksi tai muusta vastaavasta syystä voidaan valita leveydeksi n. 6 m. Tällöin aurausnopeutta on pienennettävä, kun lumi on suolaista. Puhdas lumi voidaan aurata normaalinopeudella suojauksen yli. Suistuvista autoista 30 % pääsee suojauksen yli. Metsän ehjä kasvillisuus ja pintamaannos hidastaa kuitenkin vaarallisten aineiden imeytymistä.

6.2 Jyrkät luiskat

Jyrkkiin luiskiin on vaikea tehdä kunnollista luiskasuojausta tiivisteen valumisen tai repeämisvaaran tai suojaverhouksen valumisen vuoksi. Siksi uusilla penkereillä kuormia kestävä tiiviste voidaan sijoittaa penkereen alle kuvan 4 mukaisesti. Vaihtoehtoisesti suolaisen lumen, roiskeveden ja säiliöautojen pääsy luiskaan estetään järeällä tiiviillä kaiteella kuvan 5 mukaisesti. Ratkaisu soveltuu myös harjuille, joissa kuvan 2 mukainen suojaus edellyttäisi puuston raivaamista jopa sadan metrin leveydeltä.



Kuva 4: Penkereen alle tehty suojaus. Tiivistekerroksen kaltevuudessa ennakoidaan pohjamaan kokoonpuristuminen.



Kuva 5: Harjulle tai penkereelle tarkoitettu suojaus.

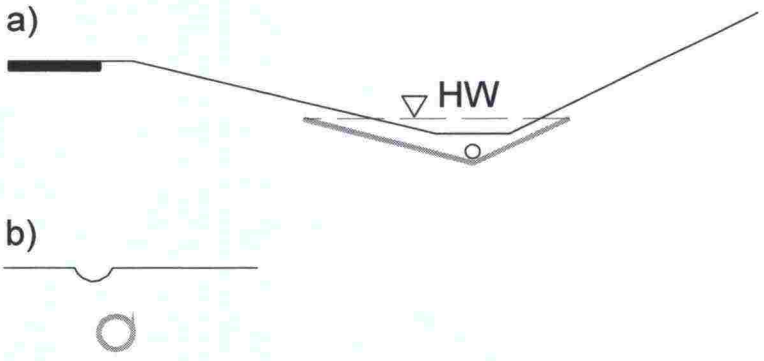
a) Suolaisen lumen, roiskeveden ja säiliöautojen pääsy luiskaan estetään järeällä roisketiiviillä kaiteella. Kaiteeksi sopii parhaiten 1 m korkuinen teräksinen melukaide tai vähintään 0,8 m korkuinen betoninen melukaide. Tien hulevedet kootaan sadevesiviemäriin ja johdetaan putkistoa pitkin purkupaikkaan. Puhdas lumi pyritään auraamaan kaiteen yli. Myös suolainen lumi voidaan aurata yli, jos kaiteen taakse on tehty kloridisuojausalueella auraustavasta riippuen 6...12 m levyinen luiskaverhous, jolta vedet kerätään putkeen tai matalla penkereellä alhaalla olevaan tiivistettyyn avo-ojaan.

b) Jos tiellä käytetään niin vähän suolaa, että kloridisuojausta ei tarvita, kaiteen ei tarvitse olla roisketiivis, mutta sen on kuitenkin pidettävä kuorma-autot tiellä, jos tiellä on paljon vaarallisten aineiden kuljetuksia. Ajoradalle pääsevät myrkylliset aineet kootaan reunatuella tai aivan kaiteen takana olevalla kourulla (d = 0,3 m).

Tarkemmin kaiteita on käsitelty Tiehallinnon muissa ohjeissa.

6.3 Pituus ja laskuojat

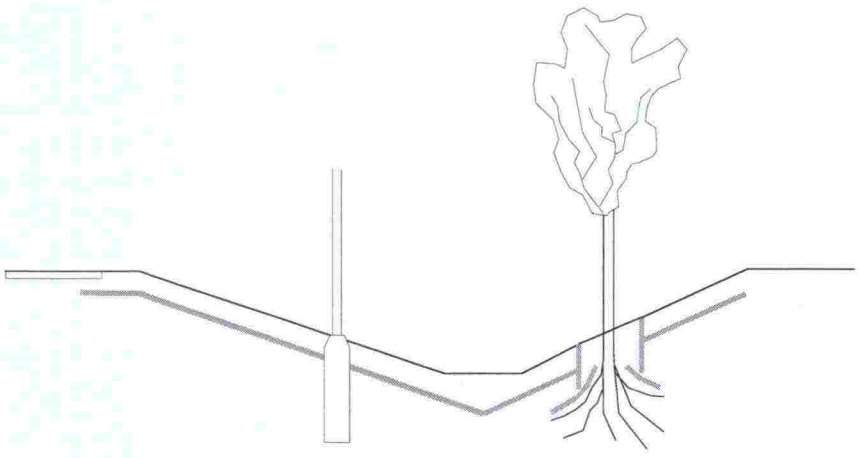
Tien pituussuunnassa suojaus ulottuu koko suojattavaksi määrätylle pohjavesialueelle. Suojausta voidaan joutua jatkamaan sivuojan tai laskuojan pohjassa suojattavan alueen ulkopuolellekin, jos vettä ei saa purkaa heti suojattavan alueen reunassa. Ojan pohjaan tulee tällöin saman tasoinen suojaus kuin alueella, jolta vedet johdetaan, mutta suojauksen leveys on *kuvan 6* mukainen.



Kuva 6: Viereiseltä alueelta kerättyjen vesien johtaminen laskuojaa tai pohjavedelle vaarattoman tien sivuojaa pitkin pohjavesialueella.

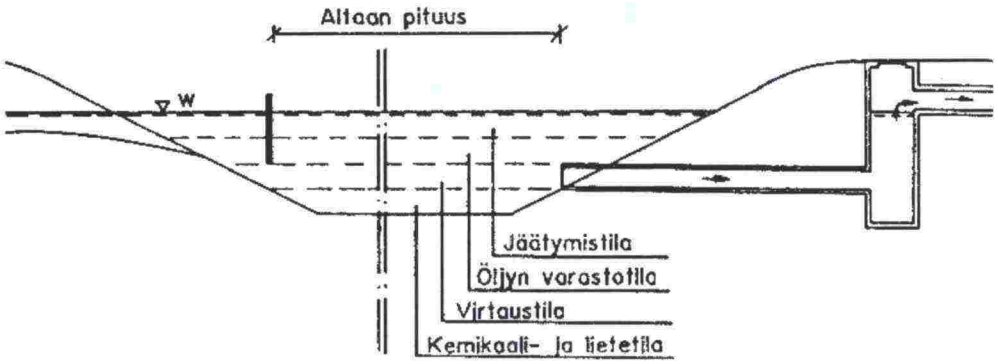
a) Sivuojan pohjan suojaus ulottuu avouomassa virtaavan veden pinnan tasolle, kun luiskissa ei ole muuta suojausta.

b) Laskuojissa ja muissa jyrkkäluiskaisissa ojissa putkitus on luotettavin ja usein ainoa hyväksyttävä. Luiskaverhousmateriaalit eivät pysy jyrkissä luiskissa tai suojaverhous valuu niiden päältä pois tai eroosio kuluttaa suojaverhousta tai tiivistettä paikoin.



Kuva 7: Opastustauluja ja muita laitteita ei sijoiteta kuvan 6 kohdan a määrittämälle ojan pohjan alueelle. Tarvittaessa ojaa tai laitetta siirretään. Toisaalta ulkoluiskaan tai välikaistoille voidaan alhaisen nopeuden teillä jättää aukko suojaukseen puita varten. Aukosta vuotava kloridimäärä on pieni, jos estetään veden valuminen suojaukselta aukkoon. Ulkoluiskan säilytettävien yksittäisten puiden kohdalla suojausta voi paikallisesti kaventaa.

Joskus voi olla tarpeen estää erityisen vilkasliikenteiseltä tieltä peräisin olevien öljyisten tai raskasmetallipitoisten vesien pääsy erityisen arkaan purkuvesistöön. Silloin laskuojaan voidaan tarvita öljynerotusallas. Pohjavesialueilta kerätyt vedet eivät muuten ole erityisen likaisia, joten normaalisti öljynerotusaltaita ei tarvita. Toinen erikoistapaus on sellainen, missä vedet kerätään ajoradalta suoraan viemäriin. Silloin säiliöauto-onnettomuuksissa karanneen myrkyllinen aine pääsee nopeasti purkupaikkaan imeytymättä suojaverhoukseen. Tällöin voi olla tarpeen virtausta hidastava allas.



Kuva 8: Öljynerotusallas, esimerkki mitoituksesta.

Jäätymistilan paksuus on 0,6...1,0 m. Öljyn (ym. kevyiden aineiden) varastotilavuudeksi valitaan usein 20 m^3, mikä riittää säiliöauto-onnettomuudessa. Lietteen (ym. raskaiden aineiden) varastotilavuus voi olla 10...30 m^3. Virtaustilan virtaamissuuntaa vastaan kohtisuora poikkileikkaus (A = leveys x korkeus) valitaan siten, että keskimääräiseksi virtausnopeudeksi (v) tulee enintään 54 m/h (A > Q/v). Mitoitusvirtaamaksi (Q) valitaan kerran 20 vuodessa toistuva kevätylivaluma. Lisäksi altaan pituus (l) mitoitetaan siten, että veden viipymisajaksi (t) altaassa tulee vähintään 9 minuuttia eli 0,15 tuntia (l>t x v). Vesiviranomaisten kanssa voidaan sopia muistakin mitoitusperusteista; esimerkiksi virtausnopeudeksi 75 m/h ja viipymäksi 0,25 tuntia.

6.4 Vanhat tiet

Vanhoilla teillä suojauksen leveys ja muu laajuus määritetään periaatteessa samalla tavalla kuin uusilla teillä. Vanhat luiskat ovat kuitenkin usein hiukan liian jyrkkiä. Päällysteen ja tiivistekerroksen reunan limityksen tekeminen onnistuu helpommin, jos tietä samalla levennetään 0,5 m kummallakin puolella. Tällöin joudutaan tavallisesti leventämään tiealuetta, joten luiskia voidaan samalla loiventaa, jos tilaa on. Vaihtoehtoisesti voidaan avo-ojaa madaltaa, mikä voi vaatia osittaisen viemäröinnin. Myös kaiteellista viemäröityä vaihtoehtoa kannattaa harkita ahtaissa paikoissa. Vanhojen teiden suojarakenteisiin sovelletaan samoja vaatimuksia kuin uusilla teillä, kun suojauksen luokka on valittu. Päällysteen ja maton reunan limitys voidaan kuitenkin korvata auraukselta yms. suojatulla bitumikermillä, jos limitystä ei voi rakentaa.

7 SUOJAUKSEN RAKENNE

7.1 Luokan valinta

Kloridisuojausta käytetään, kun suojaustarpeen syynä on kloridipitoisten vesien pääsy pohjaveteen. Kun tietä suolataan selvästi vähemmän kuin *kohdan 3* raja-arvot, riittää onnettomuussuojaus. Kloridisuojaukset suojaavat pohjavesiä myös onnettomuustapauksissa.

Kaikkein toimintavarmimmat (pitkä kokemus Suomen ilmastossa, vähän riskejä) rakenteet on koottu luokkaan vaativa kloridisuojaus. Vaativa kloridisuojaus voi olla tarpeen tärkeän vedenottamon lähialueella.

7.2 Mitoituksen teoreettiset lähtökohdat

Suojauksen mitoituksen lähtökohtana on kloridisuojauksessa läpäisevä vesimäärä. Sen laskemisessa voidaan olettaa, että tiivistekerroksen ja suojaverhouksen päällä on vettä enimmillään noin 0,3 m keväällä noin viikon ajan ja rankkasateiden jälkeen. Muualla suojauksessa vettä voi olla tiivisteen päällä olevassa salaojituskerroksessa enimmillään noin 0,1 m paksuinen kerros keväällä ja rankkojen sateiden jälkeen. Pelkkä läpäisevyyskriteerin täyttyminen ei tee rakenteesta hyväksyttävää. Uutena rakenteista täytyy tehdä 10...100 kertaa laskennallista mitoitusta tiiviimpiä, koska routa ja kuivuminen löyhdyttää rakennetta. Ojan pohjassa ja erityisesti valuma-alueen alapäässä käytetään normaalia varmempaa rakennetta, koska ojan pohjassa oleva reikä voisi pilata koko yläpuolisen suojauksen hyödyn. Luiskan yläosassa, varsinkin ulkoluiskassa yksittäisellä reiällä on vain paikallinen merkitys.

Kloridisuojauksessa ja onnettomuussuojauksessa säiliöauto-onnettomuuden sattuessa vaaralliset aineet eivät saa tunkeutua alle 12 tunnissa tiivisteen läpi. Yleensä aineet imeytyvät suojaverhoukseen. Vaarallisimpia aineita ovat liuottimet. Polttoöljy etenee melko hitaasti silttisessä hiekassakin.

Suojarakenteiden on kestettävä yli ajavan kuorma-auton paino ilman, että tiiviste vahingoittuu. Yli ajava kevyt traktori ei saisi tehdä uria suojaverhoukseenkaan.

Tiivistekerrokset saavat jäätyä, mutta veden kapillaarista nousua märästä pohjamaasta rajoitetaan tiivistekerroksen routimisen vähentämiseksi. Jäätyneen kerroksen läpäisevyys on normaalia suurempi, mutta tiiviys palautuu, kun sulamisvesiä imeytyy tiivisteeseen. Routiminen löyhdyttää sitä vähemmän, mitä vesitiiviimpi kerros on. Suuri savipitoisuus lisää kuivumishalkeilua. Eri suojausluokkien rakenteet ovat seuraavat:

Vaativa kloridisuojaus [3)]

Bentoniittimaa + muovi:
0,25 m suojaverhousta [1)]
0,1 m hiekkaa tai suojaverhousta [7)]
sisäl. ja pohjalle 0,5 mm ohutmuovi [5)]
0,15 m bentoniittimaata [1, 10)]

Bentoniittimatto + muovi:
0,4 m suojaverhousta [2)]
0,1 m hiekkaa tai suojaverhousta [7)]
sisäl. ja pohjalle 0,5 mm ohutmuovi [5)]
bentoniittimatto [2, 10)]

Kloridisuojaus [3)]

Bentoniittimaa + muovi:
0,25...0,32 m suojaverhousta [1)]
0,1 m hiekkaa tai suojaverhousta [7)]
sisäl. ja pohjalle 0,5 mm ohutmuovi [5)]
0,08...0,15 m bentoniittimaata [1, 10)]

Bentoniittimatto + muovi:
kuten vaativassa suojauksessa

Maatiiviste+muovi:
0,3 m suojaverhousta [1)]
0,1 m hiekkaa tai suojaverhousta [7)]
luiskiin 0,5 mm ohutmuovi [4)]
0,3 m maatiiviste [10)]

Kloridisuojaus, vaatii erillisen hyväksynnän [3)]

Asfaltti+muovi: [9)]
mahdollinen verhous
pohjalle 0,5 mm ohutmuovi [4)]
0,05 m tiivistä asfalttia
mahdollinen tukikerros

Muovi ulkoluiskaan: [8)]
0,4 m suojaverhousta
0,1 m hiekkaa
0,7 mm muovi [8)]
0,1 m hiekkaa tarvittaessa

Onnettomuussuojaus

Joku yllä mainituista bentoniittimatto- tai –maarakenteista, kuitenkin ilman ohutmuovia ja kuivatusrakenteita tai

Pelkkä maatiiviste:
0,1...0,3 m suojaverhousta
0,5...0,7 m maatiivistettä

Paksuuksista

1) Bentoniittimaan paksuus riippuu k-arvosta tienrakennustöiden yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten (TYLT) mukaisesti. Bentoniittimaan ja verhousten yhteispaksuus on luiskissa ja ojan pohjalla vähintään 0,5 m, tien reunassa verhousten paksuus on vähintään 0,25 ja enintään 0,35 m. Maatiivisteen verhousten yhteispaksuus on vähintään 0,4 m.

2) Bentoniittimaton päälle tarvitaan suojaksi ja painoksi 0,5 m maakerros, tien reunassa verhousten paksuus on vähintään 0,25 ja enintään 0,35 m.

Ajorata ja sen reuna

3) Ajoradalla käytetään kloridisuojauksessa vesitiivistä asfalttia, jos muuta suojausta ei uloteta koko ajoradan alle. Ennen seuraavaa päällystystä vesitiiviin päällysteen halkeamat korjataan pysyvällä tavalla. Ajorata-asfalttia voidaan käyttää myös saarekkeiden ja välikaistojen alla. Päällysteen reuna tiivistetään ulottamalla bentoniittimatto tai bentoniittimaakerros 0,5 m päällysteen alle. Vanhoilla teillä, joita ei levennetä, päällysteen reuna voidaan tiivistää myös 1,5 m levyisellä lujitetulla bitumikermillä, joka lämmitetään päällysteen reunaan kiinni.

Täydentävät muovit ja salaojat

4) Ojan pohjaan heti tiivistekerroksen päälle asennetaan pituussuuntainen 0,5 mm paksuinen ohutmuovi, joka ulottuu sisä- ja ulkoluiskassa vähintään 0,5 m korkeuteen tiivisteen vesijuoksusta. Saumoihin tulee 2 m limitys. Saumoja tehdään mahdollisimman vähän eikä koskaan huonon vieton (alle 0,5 %) kohdalle. Vesi ei saa virrata muovin reunojen alle. Kaarteessa muovi taitellaan. Tiivisteen pinnassa ei saa olla kiviä eikä vettä johtavaa kerrosta. Muovin päälle asennetaan 100...160 mm salaojaputki ja siihen tehdään tarvittaessa 500 m välein lietepesällinen kaivo, mutta läpivientejä on vältettävä.

5) Kohdan 4 mukainen pituussuuntainen ohutmuovi ulotetaan sisäluiskassa päällysteen alle tai sisäluiskaan asennetaan joko pituus- tai poikkisuuntaan 0,5 mm ohutmuovi, joka limittyy ojan pohjan muovin päälle. Saumoihin tulee 0,5 m limitys. Altaissa tulee koko leveydelle 1,5 mm hitsisaumattu muovi.

6) Kuten 5, mutta muovi ulottuu myös ulkoluiskaan, jonka yläreunaan se ankkuroidaan. Puiden ja jyrkkien luiskien kohdalla muovia voi kaventaa.

Suojaverhous

7) Suojaverhous suojaa tiivistettä kuormilta ja eroosiolta. Erillinen salaoja- tai suojakerros tarvitaan
   a) ojan pohjaan, kun verhouksen 0,063 mm läp-% > 7 % (veden joht.)
   b) koko leveydelle lukuun ottamatta ulkoluiskan yläosaa, kun verhous on routivaa (veden johtamiseksi)
   c) tiivisteen leveydelle (tiivisteen suojaamiseksi), kun verhouksen d_{90} >
      i) 12 mm, pyöreärakeisella hiekalla 31 mm, muovin päällä
      ii) 22 mm, pyöreärakeisella hiekalla 45 mm, bentoniittimaton päällä
      iii) 31 mm, pyöreärakeisella hiekalla 55 mm, bentoniittimaan päällä.

   Tarkemmat laatuvaatimukset on esitetty TYLT:ssä.

Rakenteet, joiden kelpoisuus arvioidaan tapauskohtaisesti

8) Muovi kelpaa yksinään vain ulkoluiskan yläosaan, vähintään 0,3 m ojan pohjaa ylempänä. Muovi suojataan hiekalla.

9) Asfaltti soveltuu luiskien suojaukseen lähinnä silloin, kun muut materiaalit eivät sovellu, esimerkiksi kun vesi täytyy johtaa paikoin maan pinnassa. Tällöin asfaltti voidaan kuitenkin ulottaa myös suojaverhouksellisille luiskan osille. Asfaltti soveltuu vain routimattomalle hyvin kantavalle alustalle. Luiska-asfaltti voidaan liittää suoraan ajoratapäällysteeseen. Ohutmuovia ei käytetä pinta-asennuksissa.

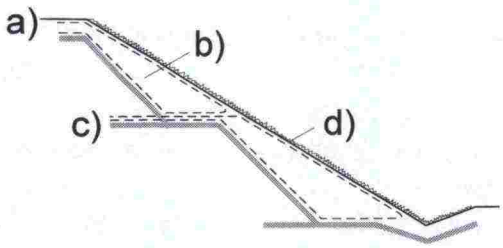
Alusta

10) Jos pohjamaa on
   a) ajoittain märkää silttiä, märkää silttimoreenia, pehmeää savea tai turvetta, tiivistekerroksen alle tarvitaan 200 mm soraa tai 300 mm kantavaa routimatonta hiekkaa kantavuuden ja kapillaarisen nousun vuoksi.
   b) tasarakeista hiekkaa, kantavuutta parannetaan noin 100 mm sora- tai murskekerroksella.
   c) louhetta, tarvitaan kiilaus ja suojaava murske tai hiekkakerros.

7.3 Luiskat

Mikään esitetyistä suojauksista ei sovellu sellaisenaan matalaankaan jyrkkään (>1:2) tai korkeaan (>2 m) luiskaan, koska

- suojaverhous valuu liukkaan tiivistekerroksen päältä
- tiivistemateriaalin ja suojaverhouksen paino voi halkaista tiivistemateriaalin, jos tiivisteen sisäinen leikkauslujuus ei ole riittävä
- tiivistemateriaalin ja suojaverhouksen paino voi repäistä tiivistemateriaalin ylempänä luiskassa, jos tiivisteen ja alustan välinen kitka ei ole riittävä
- suojaverhous ja tiivistemateriaali eivät kestä veden virtauksen aiheuttamaa eroosiota.



Kuva 9: Jyrkkiin luiskiin liittyviä ongelmia voi lieventää yhdistelemällä seuraavia keinoja:

a) ankkuroidaan tiiviste ylhäältä tai luiskassa sopivin välein penkereeseen

b) sidotaan suojaverhous geovahvisteella siten, ettei se aiheuta tiivisteeseen vetojännitystä

c) asennetaan tiiviste porrasmaisesti

d) asennetaan eroosiosuoja

Luiskaan asentamista voidaan vähentää myös kuvien 4 ja 5 rakenteilla. Laskuojat putkitetaan tavallisesti.

7.4 Päällysteet

Pohjavesisuojausalueilla, ainakin kloridisuojauksissa, käytetään normaalia vesitiiviimpää päällystettä.

Päällyste tehdään yleensä kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään vesitiivis päällyste, jonka päällä liikennöidään 2...8 vuotta liikennemäärästä riippuen. Sitten todetaan päällysteeseen syntyneet pituus- ja poikkihalkeamat, jotka todennäköisesti heijastuisivat seuraavan päällysteen läpi (päällysrakenteen lämpökutistumisen aiheuttamat usein luiskaankin ulottuvat poikkihalkeamat ja levennyssaumahalkeamat). Nämä paikataan Tiehallinnon julkaisun Päällysteiden paikkaus mukaisella avarrussaumauksella, jossa halkeaman kohdalle tehdään 20...40 mm levyinen ja 20...40 mm syvyinen

rako, joka täytetään pakkasenkestävyysluokkaan I hyväksytyllä massalla. Yksipuolisesti kallistetun tien yläreunan pituushalkeamia ja kaksipuolisesti kallistetun tien keskisaumahalkeamia ei tarvitse tiivistää. Halkeaman korjauksen päälle tehdään uusi päällyste. Halkeamapaikkausten pitävyyttä tutkitaan myöhemminkin poranäytteistä tai kaatamalla halkeaman kohdalle vettä.

Vesitiivis päällyste tehdään sitomattoman kantavan kerroksen päälle 50 mm paksuisena ja muiden päällysteiden päälle vähintään 40 mm paksuisena. Päällyste suhteitetaan Asfalttinormien mukaan kulutusta ja kuormitusta kestäväksi. Suhteitus ja tiivistys tehdään niin, että päästään riittävän pieneen tyhjätilaan. Bitumiksi suositellaan Etelä-Suomeen B100/150 ja Itä- ja Pohjois-Suomeen B160/220, mutta luokkaa kovempikin bitumi tulee kysymykseen. Massatyyppinä on yleensä Asfalttinormien mukainen asfalttibetoni (AB).

Vesitiiviin päällysteen tyhjätila ja paksuus tutkitaan poranäytteistä Asfalttinormien mukaisilla menetelmillä. Poranäytteiden välien tyhjätila ja paksuus tutkitaan maatutkalla. Vaativassa kloridisuojauksessa tyhjätila saa olla keskimäärin enintään 2,5 % ja yksittäishavainnoissa enintään 3,0 %, ja kloridisuojauksissa keskimäärin enintään 2,8 % ja yksittäishavainnoissa enintään 3,3 %. Päällysteen paksuuden keskiarvon on oltava vähintään nimellispaksuuden suuruinen. Yksittäishavainnot eivät saa alittaa 36 mm.

8 TIIVISTEMATERIAALIT, SUOJAVERHOUS JA KUIVATUS

Bentoniittimaton, bentoniittimaan, maatiivisteen ja muovien laatuvaatimukset on esitetty Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset (TYLT) osassa Pohjaveden suojausrakenteet. Ajorata-asfalttia koskee lisäksi osa Päällysteet.

Bentoniittimatossa on kahden yhteen sidotun suodatinkankaan välissä noin 7 mm kerros bentoniittisavea. Bentoniittisaveen syntyneet pienet reiät korjaantuvat itsestään, koska kostuva bentoniitti paisuu voimakkaasti. Kuivuminen ei aiheuta mattoihin helposti merkittäviä halkeamia. Kuivana jäätyminen voi aiheuttaa tilapäistä halkeilua, mutta sulamisvedet tiivistävät saven. Matot jatketaan limisaumoin. Maton päälle tarvitaan painoksi ja suojaksi 0,5 m paksuinen maakerros. Luiskan yläosassa riittää n. 0,3 m.

Bentoniittimaa koostuu tavallisesti vähäsavisesta runkoaineesta, jonka suurin raekoko on 20 mm, ohuessa kerroksessa enintään 10 mm, ja bentoniittisavesta, jota on 3...10 paino-%. Bentoniittimaahan ei synny näkyviä halkeamia kuivumisen vuoksi. Vesitiivis bentoniittimaa on vain lievästi routivaa, mutta varmuuden vuoksi märässä paikassa estetään veden kapillaarinen nousu pohjamaasta. Suojausrakenteeseen vaadittavan bentoniittimaan paksuus riippuu mm. k-arvosta ja työskentelyolosuhteista. Bentoniittimaan ja suojaverhouksen yhteispaksuus on vähintään 0,5 m yliajon varalta. Luiskan yläosassa riittää n. 0,3 m.

Maatiiviste ei aina pidätä klorideja riittävän luotettavasti, kuivuminen voi aiheuttaa saveen halkeilua eivätkä kaikki siltit ja silttimoreenit ole riittävän vesitiiviitä. Maatiivisteessä materiaalin rakeisuus-, vesipitoisuus- ja tiiviysvaihtelut voivat olla suuria. Lisäksi kuivumis-kastumissyklit sekä jäätymis-sulamissyklit rasittavat tiivistettä ja voivat lisätä tiivisteen vedenläpäisevyyttä.

Tiivistekerroksen päälle asennettava täydentävä ohutmuovi parantaa suojauksen luotettavuutta, kun tiivistekerros on kuiva tai jäätynyt tai kun tiivistekerroksessa on routaantumisesta, työvirheistä tai raaka-aineista aiheutuvaa hajontaa. Muovi vähentää tiivisteen kosteusvaihtelua, estää suojaverhouksen varisemisen tiivisteen mahdollisiin halkeamiin sekä estää kasvien juurten tunkeutumisen tiivisteeseen. Muovissa sallitaan pieniä reikiä ja limisaumoja, koska heti alla oleva tiivistekerros estää merkittävän virtauksen pohjamaanhan. Ehtona on, että muovin ja tiivisteen välissä ei ole vettä johtavaa kerrosta eikä vesi pääse muovin alle muovin reunoista.

Ojan pohjan ohutmuovi asennetaan pituussuuntaan ja sen leveys on noin 3...5 m. Muovi ulotetaan vähintään 0,5 m korkeuteen tiivisteen vesijuoksusta. Muovin paksuus on 0,5 mm. Ohuempi reikiintyy helposti ja paksumpaa on vaikea taitella kaarteissa eikä se mukaudu alustaan. Muovi jatketaan 2 m limisaumoin ottaen huomioon veden virtaussuunta.

Sisäluiskan ohutmuovi voidaan asentaa joko pituus- tai poikkisuuntaan ja se limitetään ojan pohjan ohutmuovin päälle 0,5 m. Poikkisuuntaisissa saumoissa limitys on 0,5 m ja saumat tehdään ottaen huomioon veden virtaussuunta. Tien ja ojan suoraviivaisilla osuuksilla voidaan sisäluiskaan ja ojan pohjaan asentaa yksi pituussuuntainen ohutmuovi. Sisäluiskassa muovi ulotetaan päällysteen alle. Muovin kaltevuus on normaalisti enintään 1:2,5, korkeassa luiskassa loivempikin.

Altaissa käytetään saumoistaan hitsattua paksuudeltaan 1,5 mm muovia muun tiivisteen lisänä.

Muovia ei suositella yksinään suojaukseksi, koska vesi pääsee mahdollisesta reiästä vapaasti läpi. Poikkeuksellisesti voidaan ulkoluiskassa hyväksyä 0,7 mm muovi yksinään, sillä ulkoluiskassa reiästä pääsee vettä vain muutaman neliön alalta lähinnä keväällä lumen sulaessa. Ulkoluiskan muovissa käytetään limisaumoja. Muovissa tulisi käyttää kitkapintaa.

Ohutmuoviksi tai ulkoluiskan muoviksi kelpaa maahan pitkäaikaisiin asennuksiin tarkoitettu linear-low-density- ja very-flexible-polyeteeni (LLD-PE tai VF-PE) sekä joustava polypropeeni (FPP). FPP kestää näistä hiukan huonommin öljytuotteita, mutta on sitkeää ja vähemmän liukasta kuin muut. Highdensity (HD-PE) soveltuu vain altaisiin. Se on kemiallisesti kestävintä, mutta jäykkänä se mukautuu huonosti alustaan eikä kestä hyvin taitteita.

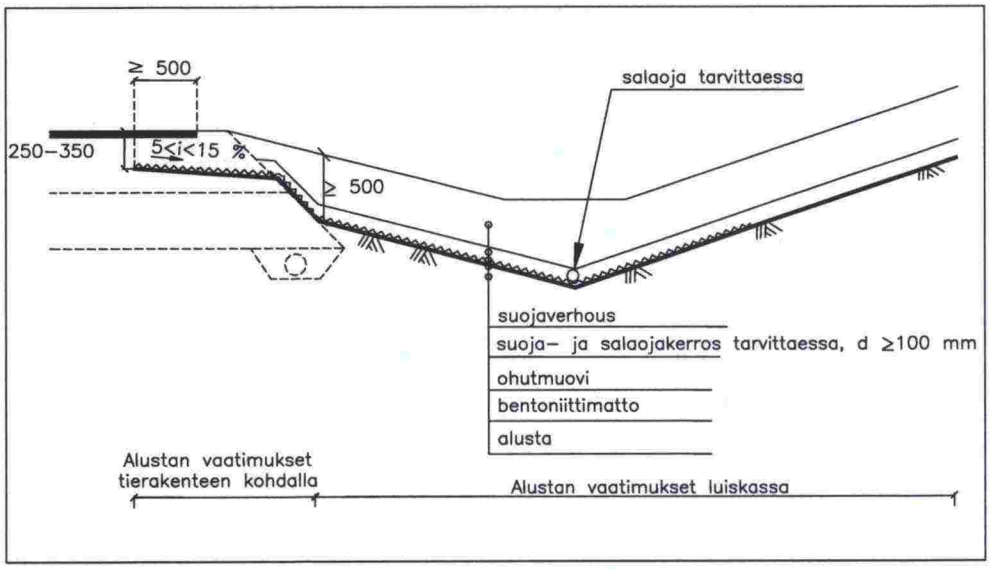
Ajoradan tiivistekerros tehdään kohdan 7.4 mukaan.

Luiska-asfaltissa ei aina saavuteta ajoradalla vaadittua tyhjätilaa. Silloin asfaltin pintaan imeytetään sopivaa säänkestävää bitumimastiksia. Syntyneen rakenteen läpäisevä vesimäärä selvitetään laboratoriossa. Luiskissa voidaan käyttää vielä pehmeäpää bitumia kuin ajoradalla. Luiskaan syntyneet halkeamat etsitään suojaverhouksen alta esimerkiksi maatutkalla ja korjataan pysyvällä tavalla. Asfalttia ei käytetä routivalla pohjamaalla luiskissa. Asfaltti on ainoa suojaus, jonka päälle ei tarvita suojaverhousta kestävyyden vuoksi. Siksi se sopii myös paikkoihin, joissa vesi ohjataan ojan pohjasta vanhaan rumpuun. Asfaltin käyttöön luiskassa tarvitaan aina tilaajan erityinen lupa.

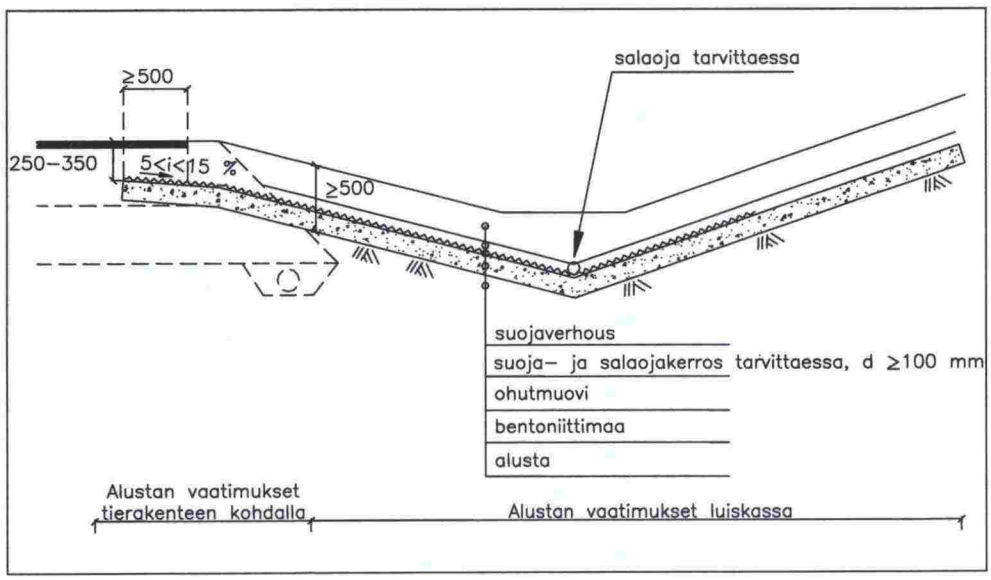
Suojaverhoukseen käytetään kuormia ja eroosiota kestävää kitkamaata. Tarkemmat laatuvaatimukset on esitetty Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset (TYLT) osassa Pohjaveden suojausrakenteet. Suoja- ja salaojituskerroksen tarve on kuvattu TYLT:ssä ja *kohdassa 7.2.*

Tiivistekerroksen päälle tulisi suunnitella salaojaputki aina, kun tiivisteen päälle tulee vettä yli 400 m matkalta. Kaivoon tulee tarkastusputkia tai haaroja puhdistamista ja tarkastamista varten. Lietepesä voi kuitenkin olla välttämätön, kun ojan pituuskaltevuus pienenee ja muutenkin 500 m välein. Laskuojien ym. viemäröinnissä käytetään kiinteällä kumitiivisteellä varustettuja muovi- ja betoniputkia. Myös kaivoissa on oltava kiinteä kumitiiviste.

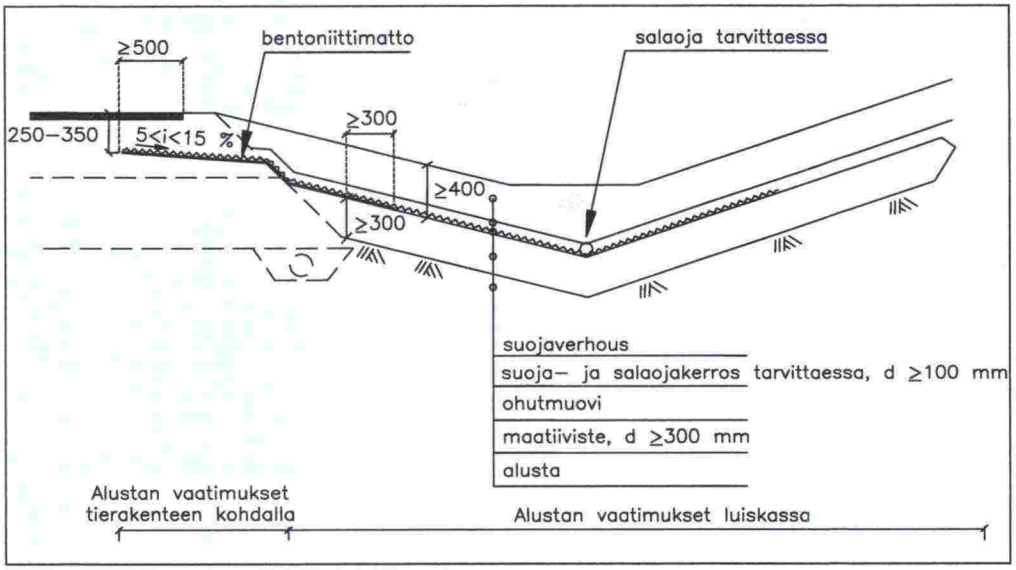
Esimerkkirakenteet (ote yleisistä laatuvaatimuksista ja työselityksistä).



Kuva 10: Pohjaveden suojaus bentoniittimatolla (vaativa kloridisuojaus ja kloridisuojaus).



Kuva 11: Pohjaveden suojaus bentoniittimaalla (vaativa kloridisuojaus ja kloridisuojaus).



Kuva 12: Pohjaveden suojaus maatiivisteellä (kloridisuojaus).

9 LIITTEET

Liite 1 Pohjavesialueen tutkimusmenetelmiä

Liite 2 Tienpidon ja tieliikenteen pohjavesialueille aiheuttaman riskin arviointiohje

POHJAVESIALUEEN TUTKIMUSMENETELMIÄ

Tienpidon pohjavedelle aiheuttamien riskien arvioinnissa on ensisijaisen tärkeää tietää pohjaveden virtaussuunnat ja hydrologinen yhteys tien ja vedenottamon tai suunnitellun vedenottoalueen välillä. Pelkkään karttatarkasteluun perustuva pohjaveden virtaussuuntien määritys voi johtaa harhaan: maan pintakerroksen alta saattaa tarkemmissa tutkimuksissa paljastua esimerkiksi virtausta ohjaavia kalliokynnyksiä ja hienoaineskerroksia. Lisätutkimuksien antamien tietojen perusteella voidaan suojaustarve ja suojauksen laajuus arvioida aiempaa tarkemmin. Tehdyistä tutkimuksista on hyötyä myös myöhemmässä vaiheessa tiesuolan vaikutusten ja tehdyn suojauksen toimivuuden seurannassa.

Geofysikaalisilla menetelmillä saatu tieto palvelee virtaussuuntien selvityksen lisäksi pohjaveden kloridipitoisuuden ja suojauksen toimivuuden seurantaa. Tutkimuksilla saatujen maakerroksen paksuus-, maalaji- sekä pohjaveden pinnankorkeus- ja virtaussuuntatietojen perusteella voidaan pohjavesiputket asemoida seurannan kannalta parhaaseen paikkaan. Vesinäytteenotossa ja seurantatulosten tulkinnassa tiedot maa-aineksen kerrostuneisuudesta, erityisesti pohjaveden pystysuuntaista virtausta estävistä hienoaineskerroksista, sekä virtausta estävistä kalliokynnyksistä ovat merkittäviä. Tietojen perusteella kyetään paikantamaan vesinäytteiden edustavuuden kannalta paras näytteenottosyvyys tai -syvyydet. Esimerkiksi, jos tiesuolan vaikutus ei näy vedenottamolla tai aiemmin asennetussa havaintoputkessa, voi syynä olla patoava kalliokynnys tien ja havaintopisteen välillä. Tai, jos tiesuolan vaikutus vierekkäisissä havaintoputkissa näkyy eri tavoin, voi syynä olla virtausta ohjaava savikerros.

Lisätutkimuksilla saatuja tietoja voidaan käyttää selvitettäessä pohjaveden likaantumisen aiheuttajaa. Tieto pohjaveden virtaussuunnasta ja mahdollisesti myös virtausnopeudesta tien läheisyydessä helpottaa pelastustoimia ja veden laadun seurantaa vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuuksien jälkeen.

Olemassa olevan tiedon kokoaminen

Pohjavesialueilta on usein olemassa valmiina taustatietoa: maaperäkarttoja, kairaustuloksia, vedenpinnan korkeuksia pohjavesiputkista, pohjavesialueen inventointitietoja, geofysiikan mittauslinjoja, kallioperäkartta ja aerogeofysiikan matalalentokarttoja. Nämä kannattaa läpikäydä ja ottaa saatava tieto suunnittelun pohjaksi. Edullisessa tapauksessa valmis tutkimustieto on riittävää pohjaveden virtaussuuntien määritykseen.

Pohjavesialueiden tutkimustietoja tuottavat alueelliset ympäristökeskukset, Suomen ympäristökeskus, kunnat, vesilaitokset, pohjavettä käyttävät toiminnan harjoittajat ja Geologian tutkimuskeskus.

Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät

Tutkimusten määrä riippuu pohjavesialueen koosta ja rakenteen vaihtelevuudesta. Tässä ohjeessa esitetyt tutkimusmäärät perustuvat pohjavesialueen keskimääräiseen 1–2 km^2:n kokoon ja noin 1 km:n tiepituuteen aluetta kohden. Suuremmat alueet jaetaan osa-alueisiin vedenottamoiden ja geologisten tekijöiden mukaan.

Pohjavesialueen virtaussuuntien täydentävä selvitys aloitetaan geofysiikan luotauksella, jonka avulla määritetään likimääräinen pohjaveden pinnan korkeus useissa lisäpisteissä, maakerrosten paksuudet ja kerrosrajat, kalliopinnan asema, savi/silttikerrokset (orsivesi) ja mahdolliset ruhjevyöhykkeet. Käytettävät menetelmät on esitetty taulukossa 1. Suositeltavia luotausmenetelmiä ovat maatutkaluotaus, sähköinen vastusluotaus ja seisminen refraktioluotaus. Luotauslinjoja tulee olla pohjavesialueella 1–2 kpl suunnitteilla olevan tien suuntaisesti ja 3 kpl poikkisuuntaan. Tielinjalla luotausten tueksi tehdään kairauksia ja otetaan maanäytteitä. Osa linjoista kulkee vedenottamon tai suunnitellun vedenoton sekä olemassa olevien tai pohjavesiputkille sopivan alueen kautta.

Taulukko 1: Pohjavesialueen geofysikaalisten tutkimusten vaihtoehdot suojaustarpeen arvioinnissa.

Kallionpinnan syvyys	tuntematon	0 – 30 m	10 – 30 m	yli 30 m
Pohjavedenpinnan syvyys	tuntematon	0 – 30 m	10 – 30 m	0 – 30 m
Olemassa olevan aineiston käyttö ja tulkinta	x	x	x	x
Maatutkaluotaus	x	x	x	
Sähköinen vastusluotaus			(x)	x
Seisminen taittumisluotaus			(x)	x

Geofysiikan tutkimukset antavat likimääräisen syvyystiedon, joka varsinkin pohjaveden pinnan määritystarkkuutena ei ole riittävä ilman tarkentavia sidontatietoja. Parhaaseen tarkkuuteen päästään käyttämällä olemassa olevien kairausten tai pohjavesiputkien antamia tietoja tulkinnan kalibrointiin. Mittauslinjat ja -pisteet sidotaan maakairauspisteisiin ja mahdollisiin mitattuihin pohjavedenpintoihin. Jos tällaista tietoa ei ole, tulee lopullinen tulkinta tehdä kairausten ja pohjavesiputkien asennusten jälkeen.

Suuri merkitys tulosten tarkkuuden kannalta on pohjavesiputkien ja mittauslinjojen/-pisteiden korkeustason määrityksellä. Tarkan pohjavedenpinnan korkeuden määrittämiseksi tarvitaan pohjavesiputkien korkeusaseman vaaitusta. Mittauslinjojen topografia mitataan 0,5 m tarkkuudella (vaaitus tai GPS-määritys). Tarkan korkeustiedon merkitystä korostaa se, että pohjavedenpinnan korkeuden vaihtelu on pientä hyvin vettä johtavissa muodostumissa.

Maatutkalla käytetään 25–120 MHz antennikalustoa. Tulkinnan tarkkuus ilman sidontatietoja on noin ±10 % syvyydestä. Sitomalla tutkamittaukset esim. mitattuihin pohjavesipintoihin voidaan syvyyskalibroinneilla päästä 10 – 30 cm:n tarkkuuteen. Tutkamittausten tulkintaa varten voidaan maatutkalla tehdä myös pistekohtaisia syvyyskalibrointeja CMP (Common Mid Point)- tai WARR (Wide Angle Radar Reflection) -luotauspistein. Maatutkan käyttökelpoisuutta haittaavat mahdolliset savikerrokset, joita tutka-aalto ei pysty läpäisemään. Myös suolainen maa- ja pohjavesi vaikeuttaa tulkintaa, joten menetelmä ei tienparannuskohteissa tien välittömässä läheisyydessä ole aina käyttökelpoinen.

Sähköiset vastusluotaukset tehdään joko ns. Schlumberger-geometrioina tai jatkuvin kaapelijärjestelmin. Syvyystulkinnan tarkkuus on noin 5–10 %. Arvio tarvittavasta sähköisen vastusluotauksen pistemäärästä on noin 10 kpl/km^2. Menetelmä soveltuu erityisesti alueille, joilla tutkan läpäisykyky on heikko savikerrosten takia.

Seismisellä taittumisluotauksella päästään noin 30 metrin syvyysulottuvuuteen. Tarkkuus on keskimäärin 10 % kerrospaksuuksista tai alle 10 metrin syvyyksillä 1 m. Luotausten tulkinta tarkentuu aina, kun käytettävissä on havaintoputkista ja kaivoista saatuja pohjaveden pinnankorkeustietoja. Menetelmää voidaan käyttää alueilla, joilla on savikerroksia. Luotaus on tehtävä sulan maan aikaan, sillä routa haittaa tulosten tulkintaa.

Mikäli pohjaveden ja kalliopinnan asemasta ei saada tietoa edellä esitetyillä tutkimuksilla, suunnitellaan erityistutkimukset arvioidun tarpeen mukaisesti erikseen. Varsinkin jos pohjavedenpinta ja kallionpinta ovat yli 30 m:n syvyydellä, tarvitaan erityistutkimuksia. Tällöin kyseeseen tulevia menetelmiä ovat seisminen heijastusluotaus, painovoimamittaus tai sähkömagneettinen luotaus. Tutkimukset on syytä suunnitella tapauskohtaisesti. Kaikista erityismenetelmistä on käyttökokemuksia Suomen olosuhteissa.

Pohjaveden painekorkeus voi joskus muodostuman monimutkaisen kerrosrakenteen tai hyvin suurten kerrospaksuuksien takia vaihdella eri syvyyksillä. Tällöin voidaan suorittaa havaintoputkessa painekorkeusjakautuman selvittämiseksi erillisiä mittauksia joko tulppalaitteiston avulla tai vedenjohtavuuden mittaukseen kytketyllä laskentamenetelmällä (Rouhiainen 1997). Tällä nk. virtauseromittarilla pystytään yhtä aikaa selvittämään sekä vedenjohtavuus- että painekorkeusjakautuma havaintoputkessa.

Mikäli pohjaveden virtaussuuntia ei em. tutkimusten perusteella kyetä riittävän tarkasti määrittämään, voidaan havaintoputkessa suorittaa in-situ virtausmittaus lämpöpulssimenetelmään perustuvalla virtausmittarilla (Rouhiainen 1993). Menetelmän etuna on mm. se, että virtaussuunta voidaan määrittää jopa yhden reiän perusteella mikäli sen katsotaan edustavan tutkittavaa aluetta. Myös eri kerroksissa vallitsevat suunnat voidaan mitata. Laitteen nykyinen rakenne vaatii halkaisijaltaan noin 56 mm reiän. "Hoikemman" laitteen rakentaminen on teknisesti mahdollista.

TIENPIDON JA TIELIIKENTEEN POHJAVESIALUEILLE AIHEUTTAMAN RISKIN ARVIOINTIOHJE

Riskinarviointimenetelmällä arvioidaan pohjavesialueilla olevien tieosuuksien aiheuttamaa pohjavesien pilaantumisriskiä. Riskiluku kuvaa tiesuolauksen ja vaarallisten kuljetusten aiheuttamaa riskiä vedenotolle tarkastelun kohteena olevalla pohjavesialueella.

Riskiluku ei määrittele pohjavesialueen suolaantumisen todennäköisyyttä tai sen laajuutta. Riskilukujen avulla pohjavesialueet asettuvat järjestykseen potentiaalisen uhan perusteella. Suurimman riskiluvun omaavalla alueella riski vedenottamon tai mahdollisen vedenottopaikan veden laadun muuttumiselle on suurin.

Riskilukua laskettaessa käydään läpi 11 tekijää. Eri vaihtoehdot saavat tietyn riskiarvon. Riskiluku saadaan laskemalla eri tekijöiden pisteet yhteen. Teoreettinen maksimipistelukumäärä on 100 + 20. Lisätiedoissa mainitaan seikat, jotka on otettava huomioon riskilukua arvioitaessa.

Riskiä arvioitaessa tarkastellaan pohjavesialueella kulkevaa tieosuutta pääsääntöisesti yhtenä kokonaisuutena. Yhden pohjavesialueen yhteydessä saatetaan joutua arvioimaan riski usealta eri tieosuudelta erikseen, mikäli liikennemäärät tai suolaus eri tieosuuksilla poikkeavat selvästi toisistaan tai tieosuudet kulkevat eri osissa pohjavesialuetta: esim. osa tietä on keskellä pohjaveden muodostumisaluetta ja toinen osa on pohjavesialueen reuna-vyöhykkeellä. Jos tarkasteltavalla pohjavesialueella on useampia kuin yksi vedenottamo, määritetään riskiluku erikseen kaikkien ottamoiden suhteen.

Tienpidon ja tieliikenteen pohjavesialueille aiheuttaman riskin arviointilomake pvm:

Tiepiiri: Kunta:

Peruskarttalehdet:

Pohjavesialueen nro ja nimi:

Tienumero, tieosoite ja pohjaveden muodostumisalueella kulkevan tieosuuden pituus (km):

A. POHJAVESIALUELUOKKA PISTEYTYS

1. Pohjavesialueluokka

2 III

10 II

20 I

B. KULKEUTUMISEEN VAIKUTTAVAT HYDROGEOLOGISET TEKIJÄT

2. Imeytymiskerroin tien läheisyydessä

0 < 0,1 (rakennettu vaativa kloridisuojaus tai suojausta vastaavat luonnonolosuhteet eli paksut savikerrokset)

2 0,1 – 0,3 (Mr)

4 > 0,3 – 0,4 (hHk – kkHk)

6 > 0,4 – 0,6 (kHk – hSr)

8 > 0,6 – 0,7 (kSr)

10 > 0,7 (soranottoalueet)

JOS TEKIJÄSSÄ 2 VALITAAN VAIHTOEHTO 0, VOIDAAN KATSOA TIENPIDON AIHEUTTAMAN RISKIN OLEVAN NIIN PIENI, ETTÄ MUITA RISKIIN VAIKUTTAVIA PISTEYTETTÄVIÄ TEKIJÖITÄ EI TARVITSE KÄYDÄ LÄPI! ALUE JÄTETÄÄN TÄLLÖIN VERTAILEVAN RISKINARVIOINNIN ULKOPUOLELLE.

3. Pohjaveden virtaussuunta tien ja vedenottamon/suunnitellun vedenottopaikan/arvioidun vedenottovyöhykkeen välisellä alueella

1 päävirtaussuunta vedenottovyöhykkeeltä poispäin

3 paikallinen virtaussuunta vedenottovyöhykkeeltä poispäin tai vedenottovyöhykettä ei ole arvioitu

5 paikallinen virtaussuunta vedenottovyöhykkeelle päin

10 päävirtaussuunta vedenottovyöhykkeelle päin

4. Tien ja vedenottamon/suunnitellun vedenottopaikan/arvioidun vedenottovyöhykkeen välillä pohjaveden virtausta estäviä tekijöitä

   0 kalliokynnys

   3 vettä huonosti läpäisevä kerros tai vedenottovyöhykettä ei ole arvioitu

   6 ei virtausta estäviä tekijöitä

5. Aineksen vedenläpäisevyys koko muodostumassa

   1 hiekkamoreeni

   2 hieno hiekka

   3 hiekka – sora

   4 karkea sora/kallioruhje

C VEDENOTTOTIEDOT

6. Vedenotto

   0 ei ole suunniteltu vedenottoa

   1 vedenottoa alustavasti suunniteltu/kriisiajan varavedenottamo

   3 vedenotto käynnissä tai käynnistymässä viiden vuoden kuluessa

   5 vedenotto käynnissä ja alueella useampia kuin yksi vedenottamo (ottamoilla vedenotto vähintään 100 m^3 d^{-1})

7. Tien sijainti pohjavesialueella vedenottamoon/suunniteltuun vedenottopaikkaan/arvioituun vedenottovyöhykkeeseen nähden

   1 ei vedenottoa eikä vedenottovyöhykettä arvioitu

   4 tie kulkee eri osa-alueella kuin millä vedenottopaikka sijaitsee

   6 tie kulkee kaukosuojavyöhykkeellä

   8 tie kulkee lähisuojavyöhykkeellä mutta etäisyys vedenottopaikkaan > 100 m

   10 tie kulkee ottamon välittömässä läheisyydessä (< 100 m)

D. TEIDEN SUOLAUS JA VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUS

8. Tien suhde pohjaveden muodostumisalueeseen

   1 tie kulkee muodostumisaluetta hipoen tai pääasiassa pohjavesialueen reuna-vyöhykkeellä

   2 tie kulkee muodostumisalueella muodostumaan nähden poikittain

   4 tie kulkee muodostumisalueella muodostumaan nähden pitkittäin

9. Suolakuorma kunnossapitoluokan mukaan

0	III-luokan päällystetty tie, ei suolausta	**2**	Ib-luokan tie, vähäinen suolaus
1	III-luokan soratie, kesäsuolaus	**6**	I-luokan tie, suolaus
1	II-luokan päällystetty tie, vähäinen suolaus	**9**	Is-luokan tie, 1 ajorata, suolaus
2	II-luokan soratie, kesäsuolaus	**15**	Isk-luokan tie, 2 ajorataa, suolaus

10. Tieosuuden sijainti tiepiireittäin (vaikuttaa talvisuolauksen määrään I-, Is- ja Isk-luokan teillä)

0 tieosuudella on II-luokan talvisuolaus/kesäsuolaus
(= sijainti ei vaikuta merkittävästi suolauksen määrään)

1 Savo-Karjala, Oulu itäinen, Lappi

7 Kaakkois-Suomi, Keski-Suomi, Oulu rannikko

8 Uusimaa, Turku, Häme, Vaasa

11. Vaarallisten aineiden (öljyt, hapot, emäkset) kuljetukset tonnia/vuosi pohjavesialueella kulkevalla tieosuudella (10 000 tonnia/vuosi = 400 rekkaa/vuosi)

1 < 25 000

2 25 000 – 50 000

4 > 50 000 – 100 000

6 > 100 000 – 200 000

8 > 200 000

RISKILUKU ELI PISTEITÄ YHTEENSÄ

LISÄTIEDOT

12. Pohjaveden laadun seurannassa havaitut Cl-pitoisuudet

0 < 10 mg

5 10 – 25 mg l^{-1}, nouseva trendi

10 > 25 – 50 mg l^{-1}

15 > 50 – 100 mg l^{-1}

20 > 100 mg l^{-1}

13. Muita pohjaveden Cl-pitoisuuteen vaikuttavia toimintoja. Todennäköiset tai havaitut suolalähteet.

ISBN 951-803-384-6
TIEH 2100028-04