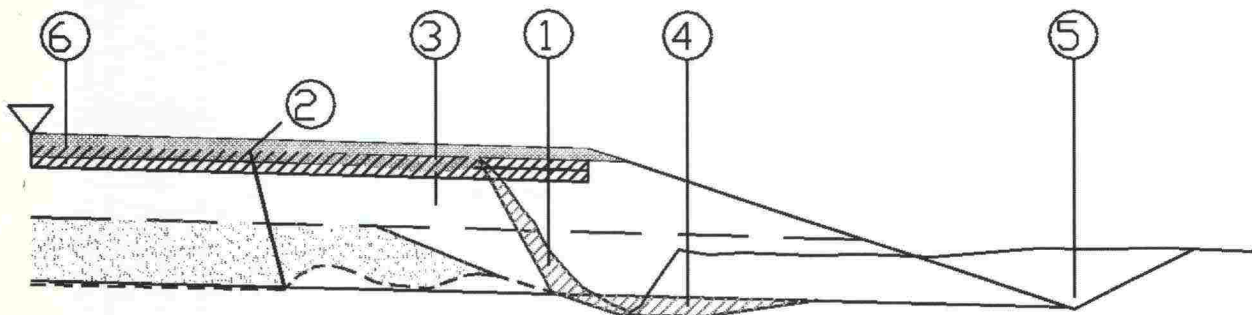


Rakenteen parantamisen suunnittelu



Rakenteen parantamisen suunnittelu

Suunnitteluvaiheen ohjaus

ISBN 951-803-554-7
TIEH 2100035-05

Verkkojulkaisu (www.tiehallinto.fi/thohje) pdf
ISBN 951-803-555-5
TIEH 2100035-v-05

Edita Prima Oy
Helsinki 2006

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 11



TIEHALLINTO

MUU OHJAUS

30.12.2005

397/2000/20/71

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA
TieL 117

KORVAA
Teiden suunnittelu IV, 7. Rakenteen parantaminen TIEL
2140002

KOHDISTUVUUS
Tiehallinto

VOIMASSA
1.2.2006 alkaen toistaiseksi

ASIASANAT
Rakenteen parantaminen, suunnittelu

Rakenteen parantamisen suunnittelu (TIEH 2100035-05)

Tätä julkaisua käytetään ohjeena arvioitaessa tien rakenteen parantamis-tarvetta ja lähtötietojen tarvetta sekä suunniteltaessa vaurioiden korjaamis-ta ja kestävyiden parantamista rakennetta vahvistamalla tai kuivatusta pa-rantamalla. Tätä ohjetta voidaan käyttää mitoitus- ja vauriokorjausmene-telmien osalta laatuvaatimuksena urakassa, johon kuuluu tien suunnittelu ja rakentaminen.

Aikaisempi ohje on kirjoitettu kokonaan uudestaan. Seuraaviin asioihin on kiinnitetty aikaisempaa enemmän huomiota:

- Parantamisen tavoitteiden priorisointi, kun rahaa kaikkien puutteiden korjaamiseen ei ole
- Hankintamuodot, joissa urakka sisältää suunnittelun ja rakentamisen
- Kuntorekistereiden hyödyntäminen ja muiden lähtötietojen tarve
- Kuormituskestävyyden parantamisessa tavoitteena ei ole aina tietty ta-voitekantavuus, vaan kantavuuslisäys tai muuten aikaansaattava vauri-oitumisen hidastuminen
- Painumien korjaaminen niin, ettei painuminen kiihdy

Kuormitusmitoituksen laskenta ja tavoitekantavuudet on esitetty julkaisus-sa Tierakenteen suunnittelu (TIEH 2100029-04). Päälysrakennekerrosten moduulit esitetään julkaisussa Tietoa tiensuunnitteluun 71 (uusin versio verkossa www.tiehallinto.fi/thohje). Parantamista edeltäviä tutkimuksia on käsitelty ohjeissa Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset (TIEL 2140015) ja Rakenteen parantamista edeltävät maatulkatutkimukset ja tu-lostien esitystapa (TIEH 2100027-04).

LISÄTIETOJA

Kari Lehtonen
Tiehallinto, Tekniset palvelut
Puh. 0204 22 2317

JAKELU/MYYNTI

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

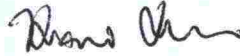
Materiaalien laatuvaatimukset esitetään julkaisusarjassa Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselytykset.

Yksikön päällikkö
Tekniset palvelut



Matti Piispanen

Kehittämispäällikkö
Tie- ja geotekniikka



Kari Lehtonen

TIEDOKSI

Tiensuunnittelukonsultit
Oppilaitokset
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Suomen Kuntaliitto
Suomen Maarakentajien Keskusliitto SML
SML:n yritysjäsenet ja piiriyhdistysten toimistot
Asfalttiliitto
Kirjasto, ATP:n tiimit, ATS, ATL, PK

ESIPUHE

Tämä ohje on laadittu Tiehallinnon toimeksiannosta.

Ohje käsittelee teiden rakenteen parantamisen tavoiteasettelua, esiselvityksiä ja suunnittelua sekä niissä tarvittavia lähtötietoja ja tutkimuksia.

Ohjeen kirjoitus- ja kuvitustyö on tehty Insinööritoimisto A-Tie Oy:ssä ja Innogeo Oy:ssä Tiehallinnon teknisten palveluiden ohjauksessa. Tiehallinnosta työhön ovat osallistuneet Kari Lehtonen, Pentti Salo ja Tuomo Kallionpää, A-Tie Oy:stä Taina Rantanen ja Innogeo Oy:stä Antti Junnila. Raportin kuvien muokkauksesta ovat vastanneet Tanja Pesonen ja Juha-Matti Siipola A-Tie Oy:stä.

Helsingissä joulukuussa 2005

Tiehallinto
Tekniset palvelut

Sisältö

1	JOHDANTO	9
1.1	Ohjeen tarkoitus ja sisältö	9
1.2	Ohjeen liittyminen muihin ohjeisiin	9
2	RAKENTEEN PARANTAMISHANKKEEN ETENEMINEN	10
2.1	Etenemisvaiheet	10
2.2	Tavoitteiden asettaminen	10
2.2.1	Liikennemäärän vaikutus tavoitteiden asettamiseen	12
2.3	Lähtötiedot ja hankintamuodon valinta	14
3	LIIKENNETURVALLISUUDEN JA YMPÄRISTÖN HUOMIOON OTTAMINEN	16
3.1	Parantamistoimenpiteiden vaikutukset	17
3.2	Liikenneturvallisuuden parantaminen	17
3.2.1	Liittymien turvallisuuden parantaminen	17
3.2.2	Poikkileikkauksen korjaaminen	18
3.2.3	Geometrian korjaamisessa huomioon otettavaa	18
4	ESISELVITYKSET	19
4.1	Esiselvitysten tarkoitus	19
4.2	Esiselvityksen lähtötiedot	19
4.2.1	Rekisteritietojen hyödyntäminen	19
4.2.2	Kartta-aineistot	23
4.2.3	Maastoinventointi ja haastattelut	23
4.3	Esiselvityksen tulokset	26
4.3.1	Lisätutkimus- ja suunnittelutarve	26
4.3.2	Tiealueen tarve	28
4.3.3	Toimenpidetasoa ja etenemistapaa koskevat päätökset	29
5	TUTKIMUKSET JA LISÄSELVITYKSET	30
5.1	Pudotuspainolaitemittaukset	31
5.1.1	Ajankohdan vaikutus mittaustuloksiin	31
5.1.2	Tulosten hyödyntäminen	31
5.2	Maatutkaluotaus	32
5.2.1	Mittausajankohdan valinta	32
5.2.2	Tulosten hyödyntäminen	32
5.3	Näytteenotto ja näytetutkimukset	33
5.4	Mittaukset	33
5.5	Tiessä havaitun epätasaisuuden korjaustarpeen määrittäminen	34
5.5.1	Haittojen arviointi ja mittausten ohjelmointi	34
5.5.2	Painumankorjaustarpeen taikka pohjarakenteen korjaustarpeen määrittäminen	36

6	RAKENTEEN SUUNNITTELU	38
6.1	Päällystetyn tien parantaminen	38
6.1.1	Kuormituskestävyyden parantaminen	38
6.1.2	Vaurioiden korjaaminen	49
6.1.3	Päällystetyn tien muuttaminen soratieksi	55
6.2	Soratien parantaminen	56
6.2.1	Rakenteen vahvistamisen mitoittaminen	56
6.2.2	Parantaminen soratienä	57
6.2.3	Parantaminen päällystetyksi tieksi	57
6.3	Routaheittojen korjaaminen	58
6.3.1	Menetelmät ja mitoitus	58
6.4	Painuman korjaus	59
6.4.1	Maanvaraisen ilman pohjanvahvistuksia tehdyn penkereen painumakorjaukset	59
6.4.2	Pohjanvahvistuksia käyttäen perustetun taikka kevennetyn tien painumakorjaukset	63
6.5	Kuivatuksen kunnostaminen	64
6.5.1	Lähtötilanteen inventointi	64
6.5.2	Kuivatuksen ja rakenteen kunnan välinen yhteys	65
6.5.3	Ojien kunnostaminen	66
6.5.4	Kuivatuslaitteiden kunnostaminen	68
6.6	Luiskakaltevuus	70
7	TIEN LEVENTÄMINEN	71
7.1	Yleistä	71
7.2	Tarvittavat tutkimukset ja selvitykset	71
7.3	Levennyksen sijoittaminen	73
7.4	Kuivatuksen huomioon ottaminen leventämisessä	74
7.5	Epätasaisen routimisen rajoittaminen tien leventämisessä	75
7.5.1	Rakennettu tie	75
7.5.2	Rakennettu tie, kertaalleen parannettu	77
7.5.3	Rakentamaton tie, kevyesti parannettu	78
7.6	Tien leventäminen pehmeiköllä	79
7.6.1	Yleistä	79
7.6.2	Menetelmät tietä levennettäessä	79
7.6.3	Painumatarkastelut maanvaraisratkaisua varten	83
7.6.4	Maanvaraisen tien leventämisessä käytettävät pohjanvahvistustoimenpiteet	83
7.6.5	Pohjanvahvistuksia käyttäen perustetun tien leventäminen	84
7.6.6	Paaluilla perustetun tien leventäminen	85
	LIITTEET	86

1 JOHDANTO

1.1 Ohjeen tarkoitus ja sisältö

Ohjeen kappaleet 2, 3 ja 4 on tarkoitettu opastamaan tilaajaa rakenteen parantamishankkeen etenemisen suunnittelussa, liikenneturvallisuuden ja ympäristön huomioon ottamisessa sekä erityyppisten rakenteellisten ongelmien tunnistamisessa.

Kaikkia tässä ohjeessa esitettyjä tutkimuksia tai muita selvitysmenetelmiä ei tarvita jokaisella kohteella. Ohjeessa neuvotaan, mitä tietoja pitää selvittää erityyppisesti vaurioituneilla teillä ja mitkä asiat vaativat aikaisessa vaiheessa tehtäviä tutkimuksia.

1.2 Ohjeen liittyminen muihin ohjeisiin

Tutkimusten ajoitusta ja suorittamista on tarkemmin kuvattu ohjeissa Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset, TIEL 2140015 ja Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatumkatutkimukset ja tulosten esitystapa -menetelmäkuvaus, TIEH 2100027-04.

Uudelleen rakennettavaksi määritetyillä osuuksilla pätee ohje Tierakenteen suunnittelu TIEH 2100029-v-04, kuivatuksen osalta lisäksi TYLT 6800 – 6870 Kuivatusrakenteet ja –putkistot, TIEH 2200028-04. Pohjavesisuojausten osalta noudatetaan ohjetta Pohjaveden suojaus tien kohdalla, TIEH 2100028-04.

Materiaalien ja rakentamismenetelmien laatuvaatimukset esitetään julkaisusarjassa tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset.

2 RAKENTEEN PARANTAMISHANKKEEN ETENEMINEN

2.1 Etenemisvaiheet

Rakenteen parantamishankkeen eteneminen voidaan jakaa neljään vaiheeseen sen jälkeen, kun tie tulee esille rakenteen parantamishankkehdokkaana:

1. esiselvityksen tekeminen, jonka tavoitteena on ongelmatyyppien tunnistaminen, tavoiteasettelun tekeminen ja etenemispolun määrittely
2. toimenpidetarpeiden ja -suositusten määrittäminen, jolloin tehdään tarvittaessa lisätutkimuksia tavoiteasettelun ja jatkosuunnittelun pohjaksi
3. suunnittelu, jossa valitaan ja mitoitetaan rakenteet
4. toteutus

Tilaaaja valitsee kohteen ominaispiirteistä riippuen, mitkä vaiheet teetetään ennen kuin hankkeen toteuttamisesta pyydetään tarjoukset. Joskus toteutus voidaan tilata suoraan esiselvitysvaiheen perusteella. Monissa hankkeissa tilaaja tekee osan toteutukseen tähtäävästä suunnittelusta ja ohjaa toteutusvaiheeseen jäävää suunnittelua tuotevaatimusten avulla. Kohdissa 2.3 ja 4.3 on esitetty ne kriteerit, joiden perusteella päätetään, miten hanketta kannattaa viedä eteenpäin.

Tieanalyysi- nimellä teetetävien esiselvitysten toimeksiantoon kannattaa aina sisällyttää varioitumisen syiden kuvaus ja toimenpidesuosituksen tekeminen, sillä saman henkilön on helpointa ja edullisinta (ei päällekkäisiä työvaiheita) tehdä nämä kaikki vaiheet. Lisäksi tarjousvaiheessa on urakoitsijalla ja tilaajalla yhtenevämpi käsitys siitä, minkä taseisia toimenpiteitä tarvitaan. Kuivatuksen osalta analyysin tuloksena ei riitä esimerkiksi kuivatusluokka tai tieto kuivatuspuutteesta, vaan kuivatuksen toimintaa haittaava asia pitää yksilöidä: ojan pohjassa vesiä padottava kivi, liian pieni viettokaltevuus, rikkoutunut ja vesiä padottava sivuojarumpu jne.

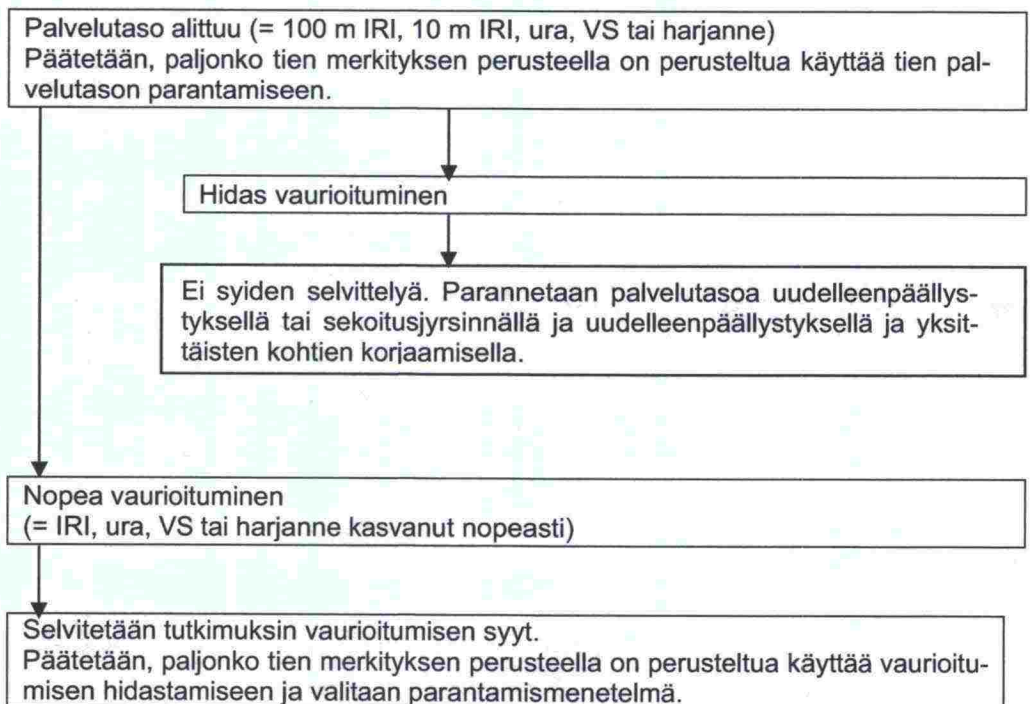
2.2 Tavoitteiden asettaminen

Tavoitetaso asettamiseen vaikuttaa tien nykytila ja siitä riippuva parantamistarve suhteutettuna tien liikenteellisestä merkityksestä riippuvaan rahoitustasoon. Kun rahoitus on havaittuihin parantamistarpeisiin nähden liian pieni, joudutaan tekemään valintoja. Valintatilanteessa määritetään suurimmat haitat ja rahoitus kohdennetaan niiden poistamiseen.

Haittoja arvioidaan sekä tien käyttäjän että mahdollisuuksien mukaan tien pääoma-arvon säilyttämisen kannalta. Tien liikenteellinen merkitys sekä raskaiden ajoneuvojen määrä pitää selvittää tapauskohtaisesti ja harkita, paljonko on perusteltua käyttää tien palvelutason parantamiseen ja paljonko vaurioitumisen hidastamiseen.

Rakenteen kunnan suhteen merkittävin jakoperuste on kaikilla teillä se, vaurioituuiko tie nopeasti vai hitaasti. Vaurioitumisnopeuteen perustuva jako tavoitteiden asettelussa on esitetty kaaviossa 1.

Nopeasti vaurioituvat kohteet edellyttävät liikennemäärästä riippumatta aina jatkoselvityksiä ja niiden parantamiseksi on perusteltua käyttää rankempia toimenpiteitä pidemmän kestoian aikaan saamiseksi. Hitaasti vaurioituvilla teillä voidaan ilman tarkempia tutkimuksia tehdä palvelutason alituttua joko uudelleenpäällystys tai sekoitusjyrsintä + uudelleenpäällystys. Vaikka kantavan kerroksen materiaali olisi tutkimuksilla todettu heikkolaatuiseksi, mutta vaurioituminen on hidasta, ei tielle tarvita erityisiä rakenteen vahvistamistoimenpiteitä. Yksittäisten vauriokohtien, kuten leveiden halkeamien tai routaheittojen, korjaustarpeet määritetään aina erikseen.



Kaavio 1. Tien vaurioitumisnopeuteen perustuva jako tavoitteiden asettelussa.

2.2.1 Liikennemäärän vaikutus tavoitteiden asettamiseen

Seuraavassa on tarkasteltu teiden ominaispiirteitä ja niistä johtuvia tavoitteita erikseen pienen liikennemäärän teille (liikennemäärä KVL alle 600-800 ajoneuvoa vuorokaudessa) sekä liikennemäärältään yli 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa oleville teille. Jakoperusteena oleva liikennemäärä on suuntaa antava.

Liikennemäärän ollessa alle 600 - 800 ajoneuvoa vuorokaudessa tiet ovat enimmäkseen rakentamattomia tai kevyesti parannettuja. Teiden päällysteenä on öljysora tai KAB (ennen vuotta 1995 päällystetyt) tai PAB-V, PAB-B, SOP tai AB. Öljysoran sideaine on vanhana hieman kovempaa kuin PAB-V:n eli päällystetyyppi on hyvä tietää RC -massoja suunniteltaessa.

Vanhojen teiden rakenteet eivät yleensä täytä routamitoitusvaatimuksia ja routimiseen liittyvät ilmiöt ovatkin useimmiten selityksenä tämän luokan teiden vaurioitumiselle. Vauriot ja erilaiset epätasaisuudet syntyvät tyypillisesti,

- kun siirtymärakenteet puuttuvat tai ne ovat liian lyhyitä ja syntyy epätasaista routimista routivan ja routimattoman pohjamaan rajaan tai rumpupaikoille tai
- kun kerrokset ovat liian ohuet tai heikkolaatuiset ja sulamispehmenemisen aikana kuormitus aiheuttaa pohjamaalle liian suuren puristusjäännityksen tai
- kun routa nostaa tien rungossa ja pohjamaassa olevia maakiviä ja lohkareita lähelle tien pintaa tai
- kun luiskat ovat liian jyrkät.

Jäätymis-sulamissykliin ja niihin liittyvien epätasaisien routanousujen myötä syntyy vähitellen erilaisia vaurioita ja pysyviä muodonmuutoksia ja kerrokset sekoittuvat lopulta pohjamaan kanssa. Suuret muodonmuutokset ovat havaittavissa maastossa poikkileikkauksen deformaatioina. PTM- mittaustuloksista laskettavista tunnusluvuista voidaan käyttää seuraavia raja-arvoja suurten muodonmuutosten osuuksia haettaessa:

- keskiharjanteen arvot > 16 mm
- 10 m IRI-arvot > 10 mm/m.

Pääpaino parantamisessa on liikenteen kokemien haittojen minimoinnissa ja rakenteen kestoajan kannalta haitallisimpien vaurioiden korjaamisessa.

Tien käyttäjä kokee selvitysten mukaan häiritsevimpinä erilaiset tien epätasaisuudet, joiden korjaamisessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

- **Yksittäiset reiät** pitää korjata heti hoidon toimin, kokonaan reikiintyneet jaksot vaativat lisäselvityksiä.
- Pintaan nousseet **maakivet**: poistetaan muun parantamisen yhteydessä, yksittäiset kivet paikallisesti kaivamalla tai yhtenäinen osuus pysyvällä tavalla niin, että koko osuus homogenisoidaan.
- Liikennöintiä haittaavat **routaheitot**: korjataan pysyvällä tavalla. Kii-reellisimpinä korjataan koholla tai notkolla olevat rumpukohdat, jotka voivat aiheuttaa ongelmia myös kuivatuksen toimivuuteen, sekä muut maan alla olevat terävät heitot, jotka ovat raskaalle liikenteelle haitallisia ja vaikuttavat turvallisuuteen.
- **Pahat reunapainumat** korjataan pysyvällä tavalla. Ne ovat liikenne-turvallisuusriski etenkin talvella ja raskaalle liikenteelle haittoja ja vaaratilanteita aiheuttavia kesälläkin. Lievät reunapainumat voidaan täyttää päällystämisen tai sekoitusjyrsinnän yhteydessä.

- **Porrastuneet halkeamat** korjataan, jos porrastuma on yli 20 mm ja halkeamat sijaitsevat poikkileikkauksessa liikennettä häiritsevissä kohdissa.
- Vaurioiden korjaamiseksi tehdyt **epätasaiset paikat** tasataan seuraavan päällystämisen tai rakenteen parantamisen yhteydessä. Yhtenäinen pidempi jakso, jossa on useita paikkauksia, voidaan korjata erikseen yhtenäisellä uudella päällysteellä.
- Kun tien KVL on alle 300 ja tie reikiintyy jatkuvasti, reiät ovat teräväreunaisia (SOP-pintaukset) ja tiellä on muutenkin runsaasti epätasaisuutta, pitää tehdä erikseen selvitys, voidaanko päällyste purkaa ja tie parantaa soratieksi.

Rakenteen kestoiän kannalta haitallisimpia ovat seuraavat vauriotyypit:

- sellaiset päällysteen reiät (yhtenäinen osuus), jotka aiheuttavat sekä dynaamista lisäkuormitusta että kerrosmateriaalien kosteuspitoisuuden pysymistä suurena
- ajokaistalla olevat yli 40 m pitkät ja yli 20 mm leveät halkeamat sekä alavilla maastonkohdilla kaikki yli 20 mm leveät halkeamat.

Kyseiset vauriot korjataan paikallisesti pysyvällä tavalla.

KVL:n ollessa yli 800 - 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa (rakenteen suunnitteluohjeen kuormitusluokka 0,8 tai suurempi) alkaa liikennekuormituksen merkitys tien vaurioitumista selittävänä tekijänä kasvaa. Tiet ovat rakennettu- ja liikennemäärärajan alapäässä kertaalleen parannettuja ja mahdollisesti levennettyjä.

Parantamisen painopiste on rakenteen kuormituskestävyyden parantamisessa niin, että päällystyskierto saadaan pidemmäksi, ja sitä kautta myös liikenteen haitat pienemmiksi. Tämä ei koske kulumisuran takia syntyvää päällystämistarvetta. Korjattavaksi otetaan ne kohteet, jotka vaurioituvat nopeasti tai urautuvat nopeammin kuin liikennemäärän perusteella arvioituna kulumisuran pitäisi syntyä. Mitä suurempi tien liikennemäärä on, sitä tärkeämpää on, että nopean vaurioitumisen syyt poistetaan vaurioiden aikaisessa syntyvaiheessa, jolloin muodonmuutokset eivät pääse syvemmälle kerrokseen tai pohjamaahan saakka.

Kun ongelmana ovat esimerkiksi heikkolaatuisen kantavan kerroksen aiheuttama nopea vaurioituminen tai urautuminen tai epätasaisen routimisen aiheuttamat leveät pituushalkeamat ja rahoitustaso ei ole riittävä ongelmien syiden poistamiseksi ja päällystepaksuus on vähintään 100 mm, on edullisempaa tehdä remix -tyyppinen uusi pinta kuin uusi päällystelaatta, sillä vauriot tulevat päällystämisen jälkeen nopeasti uudestaan.

Vilkasliikenteisemmillä teillä esiintyy harvemmin yksittäisiä, tienkäyttäjän haitalliseksi kokemia epätasaisia kohtia kuin vähäliikenteisillä teillä. Jos epätasaisuutta on, se on kiireellisyysjärjestyksessä ensimmäisenä poistettavaa, etenkin silloin kun nopeusrajoitus on 80 km/h tai enemmän. Suurilla nopeuksilla epätasaisuudet vaikuttavat liikenneturvallisuutta heikentävästi ja ne aiheuttavat suuren dynaamisen kuormituslisän rakenteelle.

2.3 Lähtötiedot ja hankintamuodon valinta

Rakenteiden suunnittelu voidaan jättää urakoitsijan tehtäväksi sellaisissa tapauksissa, joissa rakenteen nykytilasta on kattavasti lähtötietoja ja joilla parantamisen tavoitetaso asetetaan sellaiseksi, että budjetti riittää. Yleensä rahoitustaso on etenkin vähäliikenteisillä teillä parantamistarpeeseen nähden liian pieni tai on sellaisia kohteita, joissa vaihtoehtoisia parantamisratkaisuja ei löydy. Tällöin tilaaja tekee jo tilausvaiheessa valinnan yksittäisten kohtien korjaamisesta tai ilmoittaa rakenteen vahvistamisen eri jaksoilla lähtökantavuuden ja kantavuuslisäyksen muodossa.

Tilaaaja voi myös antaa sitovana jonkin rakennetyypin, jos halutaan käyttää vastaavaa rakennetta, kuin kokemusperäisesti on havaittu kohteen muulla osuudella tai toisella vastaavalla kohteella toimivan hyvin. Rakenteen ei tarvitse tällöin olla suunnitteluohjeiden mukainen. Parantamiselle ei voida asettaa tuotevaatimuksena tavoitekantavuutta eikä vaurioitumattomuutta, vaan laatutavoitteet asetetaan kerrospaksuuksille ja kerrosten tiiveydelle.

Urakan vaatimusten asettamisessa noudatetaan seuraavanlaisia periaatteita ja tarvitaan seuraavia lähtötietoja:

- **Rakenteen vahvistaminen tavoitekantavuuteen**
Tarvitaan nykyinen kantavuus ja päällystepaksuus (muut ohjeet kohdassa 6.1.1.1).
- **Routaheittojen korjaaminen**
Tilaaaja ilmoittaa korjattavien kohtien sijainnin tai jos tietoja ei ole, urakaan tulee sisältyä vähintään 2 vuoden suunnittelu-aika ja korjaukset tehdään yksikköhintaperusteisina. Korjattavien heittojen valinta perustuu rahoitustasoon ja kohdassa 2.2.1 esitettyihin kriteereihin. Vaatimuksena on, ettei heittoa synny enää uudestaan korjatulle kohdalle tai korjatun kohdan päihin. Muualla esiintyviä heittoja ei tarvitse korjata, ellei urakoitsija ole niitä omilla toimillaan aiheuttanut esimerkiksi tekemällä puutteelliset kiilat rumpupaikalle.
- **Painuman korjaaminen**
Painuma esitetään korjattavaksi joko kokonaan tai niin, että painumaerot loivennetaan. Tarvitaan pohjamaan laatu ja painuneen tienpinnan profiili sekä 3 viimeisen vuoden osuus painumasta.
- **Sivukaltevuuden korjaaminen päällysteellä**
Kuntorekisterin tiedon tarkkuus ei riitä tarkkaan päällystemassoilla tehtävän sivukaltevuuskorjauksen massatarpeiden määrittämiseen. Luotettavin lähtötieto saadaan joko oikolaudalla tai PTM -mittauksen raakadatas-ta laskemalla.

- **Vaurioitumisnopeuden pienentäminen**

Menetelmänä on joko stabilointi, sekoitusjyrsintä tai pelkkä uudelleen päällystys. Tarvitaan päällystepaksuus, kantavan kerroksen rakeisuus ja laatu. Parantamisen tavoitetaso asetetaan sellaiseksi, että budjetti riittää. Menetelmän vaikutus vaurioitumisnopeuteen arvioidaan tilaajan antaman taulukon avulla. Jos stabiloinnin tiivistystyö joudutaan tekemään sellaisissa olosuhteissa, joissa alusta on huonosti kantava tai märkä, ei rakenteen kestolle voi asettaa samoja vaatimuksia kuin alustan kantavuustavoitteen täyttävillä osuuksilla. Jyrkät luiskat tai muuten heikosti kantavat tien reunat voivat samoin aiheuttaa stabiloinnin heikon tiivistymisen reunoilla, mikä on otettava huomioon tavoiteasettelussa.

- **Leveiden pituushalkeamien korjaaminen**

Tilaaja ilmoittaa korjattavien halkeamien sijainnin. Valinta perustuu rahoitustasoon ja kohdassa 2.2.1 esitettyihin kriteereihin. Vaatimuksena on, että halkeamaa ei synny enää uudestaan korjatulle kohdalle tai korjatun kohdan päihin. Muualla esiintyviä halkeamia ei tarvitse korjata pysyvällä tavalla.

- **Tien leventäminen, rakennetut tiet**

Tilaaja voi antaa toteutusratkaisun, koska se määräytyy tien nykyisen rakenteen paksuuden ja materiaalien mukaan. Urakoitsijan valittavaksi jää sidottujen kerrosten materiaali ja sivukaltevuuskorjausten toteutusmenetelmä sekä uusien ja vanhojen rakenteiden toisiinsa liittämisen toteutus-tapa.

- **Tien leventäminen, rakentamattomat mahdollisesti kertaalleen parannetut tiet**

Ongelmana on yleensä se, että vaurioitumisen hallinnan kannalta ainoa luotettava menetelmä eli vanhan rakenteen purkaminen ja uuden rakentaminen tulisi liikennemäärään nähden liian kalliiksi. Halutessaan halvemman ratkaisun tilaaja ilmoittaa, millaista poikkileikkaurakennetta, millaisia routanousun hallintakeinoja ja millaisia halkeamien torjuntakeinoja pitää eri olosuhteissa käyttää. Tilaaja ilmoittaa myös, millaisia halkeamia parantamisen jälkeen takuuajana sallitaan.

- **Tavoitteet luiskakaltevuudelle**

Jos nykyisiä luiskakaltevuuksia ja nykyistä tien leveyttä ei ilmoiteta tarjouspyyntöasiakirjoissa, edellyttäisi ehdoton luiskakaltevuutta koskeva laatuvaatimus tarjouksen tekijöitä tekemään lisämittauksia tarjoustaan varten ja vaatimus voi osoittautua kohtuuttomaksi. Vaatimusta ei voi myöskään sitoa vanhaan luiskakaltevuuteen, jos sitä ei tunneta. Tilaaja voi tuotevaatimuksessa asettaa arvioimansa ylärajan uusien kerrosten paksuudelle, jotteivät luiskat jyrkkene liikaa.

3 LIIKENNETURVALLISUUDEN JA YMPÄRISTÖN HUOMIOON OTTAMINEN

Rakenteen parantamisen suunnitteluun sisältyy tien nykyisten liikenneturvallisuuksien ja niiden korjaamismahdollisuuksien selvittäminen. Lisäksi pitää arvioida, millaisia vaikutuksia parantamistoimenpiteillä on liikenneturvallisuuteen ja ympäristöön. Pohjavesialueilla sijaitsevissa rakenteen parantamishankkeissa arvioidaan suojaustarpeet ohjeen Pohjaveden suojaus tien kohdalla, TIEH 2100028-04 mukaisesti.

Taulukko 1. Rakenteenparantamisen vaikutukset liikenneturvallisuuteen ja ympäristöön.

Korjausmenetelmä	Vaikutukset
tasauksen oikaisu eli taitepisteet vähenevät	<ul style="list-style-type: none"> + ajettavuus paranee ja ajokustannukset pienenevät - ajonopeudet nousevat + perusteltua pääteillä ja seututeillä - ei ole perusteltua alemman verkon teillä, jossa geometriaa ei kuitenkaan ole mahdollista korjata kokonaisuutena - lisää rakentamiskustannuksia, jos rakenteen vahvistamistarpeeseen nähden tulee turhaa nostoa tai jos rakennetta joudutaan leikkaamaan
murskenostot	<ul style="list-style-type: none"> + tasaus nousee, jolloin on mahdollista saada korjattua näkemiä ja heikosti kuivattavia kohtia - tien sopivuus ympäristöön heikkenee, kun viereiset rakennukset jäävät tietä alemmaksi, tiealue leviää ja puustoa joudutaan raivaamaan - liittyvien teiden tasausta pitää korjata - lisää uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä - työn aiheuttamat haitat liikenteelle ja ympäristölle (materiaalikuljetukset ja pölyäminen) ovat pitkäaikaisia + sivukaltevuus saadaan samalla korjattua oikeaksi + lieventää epätasaista routimista ja siitä liikenteelle aiheutuvia haittoja
nykyisten kerrosmateriaalien stabilointi	<ul style="list-style-type: none"> + minimoidaan uusiutumattomien luonnonvarojen tarve + työnaikaiset materiaalit tarpeet ja niistä syntyvä työmaaliikenne on vähäistä + ei aiheuta suuria muutoksia tieympäristöön (tien tasaus pysyy suunnilleen samana) + työn aiheuttamat haitat liikenteelle ja ympäristölle ovat lyhytaikaisia + sivukaltevuus saadaan samalla korjattua oikeaksi, jos korjaustarve ei ole suuri - ei lievennä merkittävästi routimista, vaan liikennettä häiritsevät heitot ja painumat jäävät jäljelle - pahat reunapainumat eivät korjaannu, jos luiskia ei loiventeta tai tehdä reunavahvistuksia
ojia avarretaan tai aukaistaan nykyisellä tiealueella	<ul style="list-style-type: none"> + näkemät paranevat, liittymien turvallisuus paranee - näkemät paranevat, nopeus nousee - luiskat jyrkkenevät, turvallisuus ja rakenteen reunojen kesto heikkenee
ojia avarretaan tai aukaistaan, hankitaan lisätiealuetta	<ul style="list-style-type: none"> + näkemät paranevat, liittymien turvallisuus paranee - näkemät paranevat, nopeus nousee + luiskia voidaan loiventaa, jolloin turvallisuus ja rakenteen kesto paranevat - oja joudutaan siirtämään ja puustoa poistamaan, jolloin rakentamiskustannukset nousevat

3.1 Parantamistoimenpiteiden vaikutukset

Rakenteen parantamisen vaikutuksena tien tasaisuus ja ajettavuus paranevat aina, mistä seuraa ajonopeuksien kasvaminen. Ajonopeuksien kasvun seurauksena liittymien turvallisuus voi heiketä ja ajoneuvojen tieltä suistumisen riski kasvaa, ellei samassa yhteydessä paranneta näihin vaikuttavia asioita. Jos esimerkiksi parannettavalla osuudella on runsaasti kevyttä liikennettä, ja sen vuoksi on jo ennen parantamista asetettu alempi nopeusrajoitus, ei saa tehdä sellaisia parantamistoimenpiteitä (esimerkiksi tasauksen oikaisu tai poikkileikkauksen avartaminen), joiden seurauksena ajonopeudet erityisesti nousevat. Taulukossa 1 on esitetty eri parantamistoimenpiteiden vaikutuksia liikenneturvallisuuteen ja ympäristöön.

3.2 Liikenneturvallisuuden parantaminen

Isommista koko kohdetta koskevista turvallisuutta parantavista korjauksista pitää päättää jo esiselvitysvaiheessa. Yksittäisiä kohtia on mahdollista parantaa toteuttamiseen tähtäävän suunnittelun aikana, kun rakenteen korjausmenetelmä ja liikenteelliset tarpeet sovitetaan yhteen. Seuraavassa on lueteltu yleisimpiä rakenteen parantamisen suunnittelussa huomioon otettavia liikenneturvallisuuden parantamistarpeita ja mahdollisia korjaustoimenpiteitä.

3.2.1 Liittymien turvallisuuden parantaminen

Heikot näkemät ovat mahdollisesti parannettavissa näkemäraivauksilla ja –leikkauksilla tai päätien tasaustasoilla. Jos mahdollista, liittymä siirretään päätien harjakohdalle, jolloin ei tarvita liittymärumpua ja siten pienennetään ulosajotilanteessa loukkaantumiseriskiä. Jos liittymää ei voida siirtää tai liittymänäkemiä korjata (liittymä esim. rakennuksen nurkalla), varoitetaan päätielle liikkujaa liikennemerkein tai asennetaan liittymään peili.

Liittyvän tien tasaus on tarkistettava ja tarvittaessa korjattava aina, kun päätien tasausta muutetaan. Jyrkän liittymän turvallisuutta parannetaan rakentamalla odotustasanne.

Liittymän muoto voi olla ajan kuluessa muuttunut ja levinnyt niin, että tarvitaan jäsentelyä ja liittymäkulman korjaamista, joiden avulla hillitään nopeuksia liittymäalueella. Toisaalta voidaan tarvita myös liittymän leventämistä vastaamaan liittymän käyttäjien tarpeita.

Liittymärumpun aiheuttamaa henkilövahinkoriskiä tieltä suistumistilanteessa voidaan pienentää sijoittamalla rumpu kauemmaksi päätiestä. Lisäksi voidaan tehdä vaihtoehtoisia toimenpiteitä, joilla rumpu voidaan jättää pois kokonaan. Vaihtoehtoisia ratkaisuja on esitetty kohdan 6.5.4 kuvassa 14.

3.2.2 Poikkileikkauksen korjaaminen

Tien leveyttä tarkastellaan yhdessä geometrian kanssa ja selvitetään kaarrelivitystarpeet. Ajan myötä leventyneiden sorateiden osalta tarkistetaan kaventamismahdollisuus eli alkuperäiseen leveyteen palauttamismahdollisuus. Jos kaventamista ei voida liikennemäärän tai liikenteen koostumuksen vuoksi tehdä, tarkistetaan reunojen vahvistamistarve niin, ettei ajoneuvoilla ole riskiä suistua ojaan, kun ne ajavat väistämistilanteessa lähemmäksi reunaa.

Jos tarvitaan pohjavesisuojaus, se on helpointa toteuttaa tekemällä tien kummallekin reunalle $\frac{1}{2}$ metrin levitys, jolloin ei tarvitse leikata nykyistä rakennetta ja poistaa päällystettä.

Sisäluiskien loiventamistarve ja ojan avarrustarve tarkistetaan turvallisuuden kannalta. Jyräksi jäävien luiskien osuuksilla arvioidaan kaidetarpeet. Ulko-luiskien leikkaustarpeet tarkistetaan näkemien kannalta. Luiskissa sijaitsevien kallioiden ja lohcareiden poistotarpeet arvioidaan liikenneturvallisuuden kannalta. Ajoneuvon suistumisriski on suurimmillaan alamäen jälkeisessä kaarteessa, joten ainakin sellaisissa kohdissa poistot pitäisi tehdä vahinkoriskien minimoimiseksi.

Tien sivukaltevuuden korjaamistarpeen arvioinnissa tarkistetaan pintavesien pois pääsy tieltä ja määritetään ajamisen turvallisuuden kannalta liian loivat tai jyrkät kallistukset tai väärään suuntaan olevat sivukaltevuuden kohdat. Lisäksi määritetään suunnittelua varten tarvittavat mittaukset. Jos kohteella on paljon sivukaltevuuden korjaustarvetta, se pitää ottaa huomioon rakenteen parantamismenetelmää valittaessa. Päällysteellä korjattaessa sivukaltevuuskorjaukset ovat kalliita. Pelkällä stabiloinnilla (ei murskelisäyksiä) on mahdollista tehdä ± 2 prosenttiyksikön korjauksia niin, että silti on mahdollista taata vaadittava stabilointikerroksen paksuus koko poikkileikkauksessa.

3.2.3 Geometrian korjaamisessa huomioon otettavaa

Kun ajonopeudet nousevat parantamisen seurauksena, pitää huolehtia siitä, ettei tiehen jää yllättäviä tai muusta geometriasta poikkeavia kohtia. Pahimpia ovat esimerkiksi sellaiset pienisäteiset kaarteet, joita ei pystygeometrian pienipiirteisyyden vuoksi pysty ennakoimaan. Jos korjaavia toimenpiteitä ei voida tehdä, asennetaan ajajan huomion herättämiseksi kaarremerkkejä tai reunapaaluja tai liikennemerkki varoittamaan esimerkiksi liittymästä.

Murskenostoilla parannettavan tien pystygeometriaan ei pidä sovittaa väkisin tiettyjä pyöristyskaaria. Ajettavuus heikkenee etenkin silloin, kun kaarien väliin jää pitkiä suorita osuuksia. Samalla yleensä haaskataan materiaaleja turhiin tasausnostoihin. Helpointa on esittää muutokset suhteessa nykyiseen tasaukseen, esimerkiksi nykyinen TSV+20 cm, jolloin pystygeometria säilyy entisellään.

Nopeusrajoitusten asettamistarve tarkistetaan sellaisilla yhtenäisillä jaksoilla, joissa tiealueen välittömään läheisyyteen jää rakennuksia tai näkemiltään heikkoja liittymiä tai joissa on edellä kuvatun mukainen muusta tiestä poikkeava geometria.

4 ESISELVITYKSET

4.1 Esiselvitysten tarkoitus

Tie tai tieosuus tulee yleensä esille rakenteen parantamista tarvitsevana kohteena, kun hallintajärjestelmän (PMS) kuntotietoihin perustuvien päätte-lysäntöjen ehdot täyttyvät. Tällaisia ehtoja asetetaan antamalla raja-arvoja esimerkiksi vauriosummalle, tasaisuudelle tai urasyvyydelle ja ne riippuvat tien liikennemäärästä ja nopeusrajoituksesta. Parantamistarpeen ja toimen-piteiden rankkuuden määrittämistä varten tarvitaan aina lisäselvityksiä, joi- den yhteydessä tarkistetaan samalla, onko liikenteellisten tarpeiden takia syytä korjata myös tasausta tai geometriaa tai pitääkö tietä leventää.

Esiselvitysten tarkoituksena on määrittää tien nykytila niin tarkasti, että saa- daan selville,

- mikä on tarvittava rahoitustaso, kun tien liikenteellisen merkityksen mu- kaiset tavoitteet otetaan huomioon tai
- mikä on realistinen tavoitetaso, kun rahoitusraami on etukäteen päätetty.

4.2 Esiselvityksen lähtötiedot

Alustavat tarkastelut tehdään rekisteritietojen pohjalta. Pääasiallisina lähtei-nä käytetään kuntotietorekisteriä (KURRE) ja tierekisteriä (tai PMS:n kunto- tiedot ja yleistiedot - tietokantoja). Kokonaisuuden arviointia varten tarkiste- taan myös onnettomuusrekisterin ja tarvittaessa siltarekisterin tiedot. Rekis- teritiedoista saadaan jaksotus ja alustava arvio vaurioitumistavasta. Rekiste- reistä ei kuitenkaan saada tietoa vaurioitumisen syistä eikä routaheitoista tai painumista. Vaurioiden sijainti ja tarkempi tyyppi tarkistetaan maastoinven- toinnin avulla. Routaheitojen määrää ja sijaintia voidaan selvittää myös haastattelujen avulla.

4.2.1 Rekisteritietojen hyödyntäminen

4.2.1.1 Tierekisteri

Tierekisteristä saadaan suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavia teknisiä tieto- ja sekä toimenpidehistoriaan liittyviä tietoja:

- toimenpiteiden (rakentaminen, päällystäminen, rakenteen parantami- nen) ajankohdat
- leveystiedot
- päällystetyyppi
- liikennemäärä, nopeusrajoitukset yms. yleistiedot.

Tierekisteritietoja hyödynnettäessä on muistettava, että

- raskaan liikenteen määrätieto on vähäliikenteisillä teillä usein rekisterissä epäluotettava, joten on syytä selvittää maankäyttösuunnitelmien tai haastattelujen avulla tiedot tulevaisuuden säännöllisistä raaka-ainekuljetuksista, linja-autoreiteistä jne.
- tierekisteripituudessa ja toimenpiteiden osoiteväleissä on usein virheitä. Aikaisempien rakenteenparantamistoimenpiteiden tarkempi sisältö ei selviä tierekisteristä, vaan se joudutaan selvittämään tutkimuksien ja haastattelujen avulla.
- leveystiedot ovat keskimääräisiä ja ne on etenkin teräsverkkojen käyttöä tai tien leventämistä suunniteltaessa aina tarkistettava mitauksin.

Jos tien verkollinen asema on muuttunut tai muuttumassa tai maankäyttöön on tullut tai tulee jatkossa oleellisia muutoksia, pitää tehdä liikenne-ennuste.

4.2.1.2 Kuntotietorekisteri (KURRE)

Päällystetyillä teillä kuntotietoa on kerättyä 1980-luvun lopusta saakka. Vuodesta 2002 lähtien löytyy vaurio- ja tasaisuustietoja myös kevyen liikenteen väyliltä. Vaurioinventointia ei yleensä tehdä, kun KVL > 6000 ajon/vrk. Osalla kohteista on lisäksi nykyään rekisterissä pudotuspainolaitemittauksen tiedot mitattuina 100 metrin välein. Harvemmalla välillä tehdyt mittaukset eivät ole käyttökelpoisia parannettaessa tietä tavoitekantavuuteen.

Tien pidemmän aikavälin kuntoilakehitystä on mahdollista analysoida eri mittauskertojen välillä. Jos mittauskertojen välissä on tehty toimenpiteitä, voidaan mittaus tulosten perusteella arvioida toimenpiteiden vaikutusta kuntotilan muutokseen, lähinnä vaurioitumisnopeuteen sekä siihen, miten erityyppiset vauriot ovat uusiutuneet. Tietojen saatavuus pitää tarkistaa tapauskohtaisesti.

Kuntotiedot ovat rekisterissä 100 metrin jaksoissa. Mittausdataa on ainoastaan tien toiselta kaistalta. Yleisimmin päällystetyn tien rakenteen nykytilan arvioinnissa käytetään seuraavia kuntorekisteristä saatavia muuttujia:

- urat (mm)

Rekisterissä on mitatun kaistan syvemmän uran syvyyden ja urien välisen harjanteen korkeuden keskiarvo 100 metrin jaksoissa. Vuodesta 2005 eteenpäin tehtävissä mittauksissa rekisterissä oleva tulostusväli on 10 m. Liikennemäärään nähden suuri urautumisnopeus ja saman tieosuuden sisällä poikkeavan suuri urasyvyys voi johtua esimerkiksi kantavan kerroksen heikkolaatuisesta materiaalista tai kuormitukseen nähden liian ohuesta tai pehmeästä päällysteestä.

- tasaisuus IRI (mm/m)

IRI-arvo on rekisterissä 100 m jaksojen keskiarvona. Vuodesta 2005 eteenpäin tehtävissä mittauksissa rekisterissä oleva tulostusväli on 10 m. Osalla kohteista on käytettävissä sekä kevät- että kesämittaus. Suuret IRI-arvot ilmentävät epätasaista routimista, painumia tai muita muodonmuutoksia. Yksittäiset epätasaisuudet saadaan parhaimmin selville 10 m tulostusvälin aineistolla.

- vuodesta 2006 eteenpäin: automaattinen vaurioinventointi
Tie valo- tai videokuvataan. Kuvauksesta muodostetaan automaattisen tulkinnan avulla kaistakohtainen vauriokartta. Vauriokartalta nähdään halkeamien sijainti, jolloin inventointitietoa voidaan tarkemmin käyttää rakenteen nykytilan ja vaurioitumisen syiden analysointiin. Lisäksi rekisteriin tulee uusi tunnusluku (mahdollisesti UCI tai SC), joka kuvaa vaurioituneen tienpinnan osuutta.
- vauriosumma (m²), yksittäiset vauriot (m, m²)
Vuoteen 2005 asti on visuaaliseen inventointiin perustuen kirjattu molemmilta kaistoilta yksittäiset vauriot. Erityyppisten vaurioiden määristä on painokertoimien avulla laskettu vauriosumma ja sen perusteella saadaan jaksotus vauriomäärältään erilaisiin osuuksiin. Vuonna 2005 on otettu käyttöön tienkäyttäjäpainotteinen vauriosumma, jossa eri vauriotyyppien painokertoimia on muutettu vastaamaan paremmin tienkäyttäjän kokemaa ajomukavuutta.

Yksittäiset vauriot ilmentävät seuraavia rakenteellisia ongelmia: Pituushalkeamat ovat syntyneet joko epätasaisen routanousun seurauksena tai ne ovat seurausta heikosta kantavuudesta. Verkkohalkeilu johtuu kantavuuspuutteista, kantavan kerroksen hienoainespitoisesta materiaalista, päällysteen suuresta iästä tai heikosta laadusta.

Vauriosumma ei kuvaa suoraan tien kestävyttä, vaan sitä kuvaa paremmin vaurioitumisnopeus, joka saadaan, kun vauriosumma (VS, lasketaan vanhoilla painokertoimilla) jaetaan mittaushetkellä vallinneen päällysteen iällä. Laskennassa käytetään seuraavaa kaavaa:

$$VNOP = VS / IKÄ^{1,4}$$

Vaurioitumisnopeuden määrittämistä varten päällysteen iän pitää olla vähintään 4 vuotta, mieluummin 6 vuotta. Vaurioitumisnopeutta ei voi laskea kahden viimeisen mittauskerran erotuksen perusteella, koska inventointien epätarkkuus korostuu mittauskertoja verrattaessa.

Vaurioitumisnopeuden perusteella tiejaksot jaetaan hitaasti vaurioituviin ja nopeasti vaurioituviin. Vaurioitumisen katsotaan olevan nopeaa, kun päällystetyypeittäin ylittävät seuraavat raja-arvot:

Päällystetyyppi	vaurioitumisnopeus m ² /v ^{1,4}
AB	> 4
PAB-B	> 5
PAB-V	> 6

Nopeasti vaurioituville osuuksille pitää

- aina tehdä lisätutkimuksia kohdan 5 mukaisesti
- varautua tekemään rankempia toimenpiteitä, koska ne vaurioituvat uudelleenpäällystysten jälkeen edelleen nopeasti.

Myös keskiharjanteen suuri kasvunopeus ilmentää rakenteen huonoa kuorituskestävyyttä ja tällaisilla kohteilla (yleensä vähäliikenteisiä teitä) pitää tehdä jatkotutkimuksia kohdan 5 mukaisesti.

Kuntorekisteritietoja hyödynnettäessä on muistettava, että

- vauriotyyppin määrittelyyn vaikuttaa inventoijan subjektiivinen näkemys, vaurioiden määrän havainnointiin taas vaikuttavat inventointihetkellä vallinneet sääolosuhteet (märkä tie, auringon häikäisy jne.).
- rekisteritiedoista ei saada vaurioiden sijaintia yksittäisen satametrisen sisällä (ei pituus- eikä poikkileikkaussuunnassa). Sijainti on kuitenkin tärkeä asia pääteltäessä vaurioitumisen syytä, seuraavassa esimerkkejä:
 - 1) Pituussuuntainen halkeama sijaitsee ajouran pohjalla. Vaurioituminen viittaa siihen, että kuormitus on ylittänyt päällysteen alapinnan sallitun vetojännityksen.
 - 2) Pituussuuntainen halkeama sijaitsee keskellä tietä. Vaurioitumisen syynä on tien reunan ja keskiosan välinen routanousuero sekä mahdollisesti tien kapeus ja jyrkkäluiskaisuus.
- ura- ja tasaisuuslukemiin vaikuttavat hieman mittauksen ajolinjat sekä eri aikoina tehtyjen mittausten ja laskentatapojen erot.

4.2.1.3 T&M SORA

Sorateiden kuntotiedot ovat T&M Sora –rekisterissä. Sieltä saadaan vuosittain tehtyjen kelirikoinventointien tiedot, joita ovat kelirikon vakavuus ja arvioitu tarvittava toimenpidetaso kullakin kelirikkoisella jaksolla. Osalla soratieverkkoa on inventoitu myös ns. rakenteellista kuntoa sisältäen tietoa kuivatuksen puutteista, reunapalteilta, ylileveydestä jne., mutta nämä tiedot eivät ole kovin luotettavia.

Kelirikon vaikeusaste ja kelirikkokohtien sijainti vaihtelevat eri vuosina (esimerkiksi vuonna 1998 oli keskimääräistä vaikeampi kelirikkovuosi, kun taas vuosi 2004 oli keskimääräistä helpompi), joten analysoinnin kannalta on tärkeää ottaa käyttöön mahdollisimman monen vuoden tiedot ja yhdistää jaksoja toisiinsa. Pitää myös tarkistaa, onko kohteella tehty inventointien jälkeen toimenpiteitä, jotka vaikuttavat kuntotilaan.

Kelirikoinventointien tiedot ovat yhteismitallisia vuodesta 1998 lähtien. Inventointimenetelmä on subjektiivinen ja soratien luonne huomioon ottaen inventointitulokseen vaikuttavat huomattavasti inventointipäivää edeltäneet sääolosuhteet, roudan sulamisen vaihe jne. Tästä syystä on tärkeää etenkin silloin, kun soratie aiotaan päällystää, että tehtäisiin useana vuotena tai ainakin saman vuoden eri ajankohtina erillinen maastoinventointi. Inventoinnin perusteella määritetään tarvittavat tutkimukset korjausmenetelmien suunnittelua varten.

4.2.1.4 Onnettomuusrekisteri

Onnettomuusrekisteristä saadaan tiedot tiellä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien sijainnista, tyypeistä ja vakavuudesta. Onnettomuustiedot analysoidaan arvioimalla onnettomuuspaikalla vallitsevat olosuhteet: pitääkö parantamisen yhteydessä esimerkiksi loiventaa kaarretta, korjata sivukaltevuuksia tai parantaa liittymänäkemiä. Näin etenkin silloin, jos onnettomuusia on kasaantunut samoihin kohtiin.

4.2.1.5 Siltarekisteri

Jos kohteella on siltoja, voidaan siltarekisteristä tarkistaa sillan hyödyllinen leveys, kantavuus sekä mahdollinen kunnostustarve (siltarekisterin perusraportti sekä sillantarkastuslomakkeet). Siltojen kunnostamisen ohjelmoinnista vastaavalta tarkistetaan, onko kyseiselle sillalle suunniteltu tehtäväksi toimenpiteitä, jolloin tien ja sillan toimenpiteiden ajoitus sovitetään yhteen.

4.2.2 Kartta-aineistot

Peruskartta-aineiston avulla saadaan hahmotettua laajemmin tieympäristöstä

- sivukaltevat maastonkohdat
- kallioiset ja soistuneet alueet
- ojat, purot ja järvet.

Maaperäkartalta saatavat pohjamaatiedot ja etenkin pohjamaan vaihtumiskohdat auttavat selvittämään vaurioitumisen syitä sekä kohdentamaan tutkimuksia. Numeerisen perus- ja maaperäkartan avulla voidaan tehdä esimerkiksi tien karkea pituusprofiili ja maalajirajat saadaan esitettyä suhteessa tien paalutukseen tai esimerkiksi vaurio- tai kelirikko-osuuksiin.

4.2.3 Maastoinventointi ja haastattelut

Maastoinventointia tehdessään asiantuntija näkee vaurioitumisen luonteen ja syy-yhteyden yhtäaikaaisesti, esimerkiksi paha reunapainuma jyrkkäluiskaisella osuudella. Esiselvitysvaiheessa maastoinventoinnin tarkoituksena on tehdä tielle jaksotus ongelmien laadun suhteen ja tehdä päätökset siitä, voidaanko tielle tehdä pelkkä uudelleen päällystys vai tarvitaanko kevyt parantaminen, raskas parantaminen tai uudelleen rakentaminen sekä miten hanketta viedään eteenpäin. Tarkoituksena on myös alustavasti arvioida vaurioitumisen syitä. Toimenpidetarpeita määritettäessä inventointi sisältää jaksotuksen lisäksi yksittäisten korjattavien vaurioiden yksilöinnin ja tarkan sijainnin mittauksen.

Taulukossa 2 on esitetty muistilistaa niistä asioista, joihin maastossa pitää kiinnittää huomio ja joista tarvitaan tieto parantamisen tavoitetason ja toimenpidetarpeiden määrittelyä varten. Tarkoituksena ei ole kirjata jokaista yksittäistä vauriota, vaan tehdä jaksotus perusvauriotyyppin mukaan (esimerkiksi reikiintynyt, kokonaan verkkohalkeamilla jne.). Erikseen poimitaan yksittäiset korjattavat vauriot ja epätasaisuudet. Samaa muistilistaa voidaan käyttää sekä esiselvitys- että toimenpidetarpeiden määrittämisen vaiheessa.

Inventointi tehdään joko

- A) taulukon 2 erittelyä noudattaen tai
- B) tarkistaen videolta kirjattujen vaurioiden tiedot taulukkoon rasterilla merkityin osin tai
- C) tarkistaen automaattisen vaurioinventoinnin tuottaman vauriokartan tiedot taulukkoon rasterilla merkityin osin.

Vaurioiden kirjaamisesta on lisäksi ohjeita julkaisussa TIEL 2140015 Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset sekä maatutkaluotauksen yhteydessä tehtävän videoinnin osalta julkaisussa Rakenteen parantamissuunnit-

telua edeltävät maatutkaluotaukset ja tulosten esitystapa, TIEH 2100027-04. Jatkosuunnittelun kannalta on tärkeää, että alkuperäiset vauriotiedot ovat käytettävissä (ei luokituksia eikä indeksejä).

Taulukko 2. Maastoinventoinnissa kirjattavat asiat. Taulukkoon rasterilla merkityt kohdat pitää tarkistaa maastossa silloinkin, kun kohteelta on olemassa video tai vauriokartta.

Kirjattava asia	sijainti tai muu erotte-luperuste kirjaukseen	mahdollinen syy viite ohjeen kohtaan
Vauriot, päällystetyt tiet		
pituushalkeama	keskellä tietä: leveät tai porrastuneet kirjataan	routanousuero
	tien reunassa	routanousuero tai heikko kantavuus tai vanhan parantamisen raja
	polveileva (vino): leveät tai porrastuneet kirjataan	routanousuero
poikkihalkeama	kirjataan 10-40 m välein toistuvat keväällä ja alkukesällä epätasaiset halkeamat	
verkkohalkeama	eroteltu, onko koko tiellä tai kaistalla, kirjataan paaluväli, silmäkoko ja purkautuminen	tiheäsilmäinen: kantava kerros heikkolaatuinen tai ohuen murskekerroksen alla vanha päällyste tai kosteutta pidättävä kerros; iso silmäkoko: kokonaiskantavuus heikko lisäselvitykset kohta 5
urien kunto	erotellaan, onko yksi vai useita kapeita pituushalkeamia pohjalla vai verkkohalkeamaa pohjalla	heikkolaatuinen kantava kerros tai liian ohut tai heikkolaatuinen päällyste tai liian ohuet kerrokset lisäselvitykset kohta 5
reiät ja purkauumat	keskittymät kirjataan paaluvälinä, lisämaininta, onko koko tiellä vai vain toisella kaistalla	heikkolaatuinen kantava kerros tai heikkolaatuinen päällyste lisäselvitykset kohta 5
reunapainuma	laajuus tien poikki- ja pituussuunnassa	jyrkät luiskat tai liian ohut rakenne tai levennyksen alle jääneet vanhat pehmeät luiskamassat tai puutteellinen pohjanvahvistus lisäselvitykset kohta 6.1.2.3
paikat	kirjataan paikan sijainti ja koko erikseen ajouran paikkaukset	pyritään selvittämään alkuperäinen vaurio
Tien pinnan laatu, soratiet		
kuoppia	yhtenäinen jakso paaluvälinä, sijainti poikkileikkauksessa	rakenteen suuri kosteuspitoisuus, puutteellinen sivukaltevuus tai reunapalteet nopeuttavat kuoppaantumista
pehmennyt	paaluväli, vakavuusaste (kohta 6.2.1) yksittäinen kohta, sijainti	liian hienorakeinen kulutuskerros tai heikko kantavuus tai kallio lähellä tien pintaa
savisilmäkkeet	erotellaan yksittäiset, ajourien välissä ja tien keskellä sijaitsevat	maalajiraja tai kallio lähellä tien pintaa tai heikko kantavuus tai vaihteleva kerrospaksuus

Kirjattava asia	sijainti tai muu erottelupe- ruste kirjaukseen	mahdollinen syy viite ohjeen kohtaan
Yksittäisepätasaisuus, katso myös kaavio 3		
heitto kevättäl- vella	sijainti poikkileikkaukseen näh- den, jyrkkyys (loiva, terävä) paa- luväli lisäksi kirjataan havaittu kallio tien sivussa, rumpupaikka, sivukalteva maasto	routivan ja routimattoman pohjamaan raja tai kallio lä- hellä tien pintaa tai puutteelliset siirtymäkiilat rumpupaikalla tai voimakas veden virtaus si- vulta lisäselvitykset kohta 5
painuma	poikkisuuntainen vino pituussuuntainen	lisäselvitykset kohta 5
maakivet tai lohkareet	yksittäisen tarkka sijainti tai yhte- näinen jakso, kirjataan myös ym- päristön kivisyys	
Poikkileikkaus		
sisäluiskat	jyrkät luiskat, tiealueen riittävyys loiventamisen kannalta, kaidetar- ve	
sivukaltevuus	poikkileikkaus latistunut liian pieni tai esim. soratien kaar- teessa liian suuri kaltevuus voimakas muutos	kantavuuspuute tai painu- mat painumaero lisäselvitykset kohta 5
poikkiharjanne tai loivat urat tai kokonaan epä- tasainen	kirjataan jakso kirjataan, jos reunaura on selvästi keskiuraa isompi	heikko rakenteen yläosa tai kantavuuspuute tai kerrokset sekoittuneet poh- jamaan kanssa routimisen seurauksena lisäselvitykset kohta 5
ulkoluiskat	avarrustarve näkemien tai kuiva- tuksen takia, kallion tai lohkarai- den poistotarve	

Kirjattava asia	viite ohjeen kohtaan
Maastotyyppi	
sivukaltevuus alava maastonkohta, soistuma avokalliot	
Kuivatus	
vesien koko kulkureitti vedenjaka- jalta rummulle ¹⁾ , rumpujen kunto, laskuojien kunto	kohta 6.5
Varusteet	
liikennemerkkit	kunto, uusien merkkien tarve
kaiteet	kunto, pituuden riittävyys

¹⁾ jos kaltevuussuhteet on vaikea arvioida maastossa, tehdään tarvittaessa kuivatuk-
sen kunnostuksen suunnittelua varten pituusprofiilin mittaus esimerkiksi GPS-
ajoneuvokartoituksena tai takymetrimittauksin

Maastoinventoinnissa kirjataan myös liikenneturvallisuuteen vaikuttavat teki-
jät, kuten liittymänäkemät, poikkeavat kohdat geometriassa jne. Asiaa on
käsitelty tarkemmin kohdassa 3.2.

Tien toimenpidehistorian selvittämisestä saadaan apua vaurioitumisnopeuden syiden ja aikaisempien toimenpiteiden vaikutusten arviointiin ja tutkimusten suunnitteluun. Tierekisterin tiedoissa on usein virheitä eikä niissä ole yksilöity tehtyjä parantamistoimenpiteitä, joten tiedot on syytä tarkistaa haastatteleamalla toimenpidehistoriaa tuntevaa henkilöä. Haastattelulla selvitetään seuraavat asiat, mikäli niitä ei muista lähtötiedoista ole saatu selville:

- onko tie rakennettu vai aikanaan soratiestä parannettu, tieto tarvitaan etenkin tietä levennettäessä
- onko käytetty erityismateriaaleja (esimerkiksi maabetonia, bitumistabilointia, teräsverkkoja)
- onko oletettavissa, että vanha päällyste on alle puolen metrin syvyydessä
- onko tiedossa, että alueen kiviaines on heikkolaatuista
- salaojat.

Lisätietoja saadaan tien kunnossapidosta vastanneilta, alueen liikennöitsijöiltä ja asukkailta sekä eri tuotantolaitoksista:

- paikkauksilla korjatut vauriot sekä muut mahdolliset toimenpiteet (esim. lohcareiden poisto)
- onko ollut toistuvaa kunnossapitotarvetta
- arvio vaurioitumisen syistä
- routaheittojen paikat
- nykyiset raaka-ainekuljetukset, mahdolliset tulevat kuljetustarpeet
- onko sivuoja jouduttu perkaamaan erityisen usein.

4.3 Esiselvityksen tulokset

Esiselvitysvaiheessa viedään tarkastelut niin pitkälle, että on mahdollista tehdä päätökset toimenpidetasoista, tiealueen tarpeesta ja hankkeen jatkosuunnittelusta ja toteutustavasta.

4.3.1 Lisätutkimus- ja suunnittelutarve

a) Toimenpidetaso ja toimenpiteet voidaan suunnitella rekisteritietojen ja maastokäynnin perusteella. Tämä on mahdollista esimerkiksi silloin,

- kun vaurioituminen ei ole ollut nopeaa ja tien poikkileikkausmuoto on kunnossa. Päätoimenpiteeksi voidaan suoraan esittää uudelleen päällystystä.
- kun edellä esitettyyn tilanteeseen liittyy vaurioita, joita voidaan korjata ilman lisäselvityksiä, esimerkiksi pitkien leveiden pituushalkeamien korjaamista teräsverkoilla.
- kun lohcareita tai maakiviä poistetaan tai tiessä on routimisesta johtuvaa epätasaisuutta, eikä rahoitustaso riitä vaurioiden syiden poistamiseen. Kivien poistot, uudelleen päällystys ja murskeella tasoitus voidaan toteuttaa ilman tarkempia tutkimuksia. Maastossa on kuitenkin hyvä kirjata tällaisillakin kohteilla arvio ongelmatyypeistä sekä yksittäisten vauriokohtien sijainti ja kuvaus, jotta seurannan avulla voidaan tehdä päätelmiä toimenpiteen vaikutusten kestosta.

- kun tiedetään korjattavien routaheittojen sijainti tai tiedetään korjattavien routaheittojen lukumäärä ja niiden sijainti ehditään määrittää ennen työn aloittamista. Hankkeen parantamisen kustannustaso voidaan tällöin määrittää heittojen osalta, ja jättää tarkemmat tutkimukset ja suunnittelu toteutusvaiheeseen.

b) Tarvitaan lisätutkimuksia tai jatkoseurantaa. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin,

- kun vaurioituminen on nopeaa. Syynä on mahdollisesti kantavan kerroksen liian hienoainespitoinen tai muuten heikkolaatuinen materiaali (esim. hiekkavaltainen) tai edellisen parantamisen yhteydessä on ohuen murskekerroksen alle jätetty vanha päällyste, joka estää veden pois pääsyn kantavasta kerroksesta. Rakennekerrokset voivat myös kokonaisuudessaan olla kuormitukseen ja pohjamaan ominaisuuksiin nähden liian ohuet. Oikean toimenpiteen valitsemiseksi tehdään kohdan **5** mukaisesti lisätutkimuksia.
- kun kohteen uramuoto on loiva tai urautuminen on liikennemäärään nähden nopeaa tai harjanteen kasvunopeus on suuri. Tehdään kohdan **5** mukaisesti lisätutkimuksia.
- kun suunnitellaan tehtäväksi stabilointi. Tutkitaan maatulotauksella ja näyteenotoilla sekä näytetutkimuksilla päällystetäpaksuus, kantavan kerroksen rakeisuus ja kivisyys.
- kun kohteella on runsaasti yksittäisiä, korjausta vaativia kohtia tai paljon epätasaisuutta eikä kyseessä ole itsestään selvä lohcareiden poisto tai vastaava. Tutkimuksilla selvitetään ongelmien syyt.
- kun ei ole tietoa routaheittojen määrästä ja sijainnista kohteella ja kuitenkin ne on tavoitteena poistaa. Tarvitaan seurantaa ainakin yhdeltä keväältä. Routaheitot kirjataan kohdan **4.2.3** mukaisesti.
- kun kohteella on painumia (mukaan lukien reunapainumat). Pitää selvittää, onko korjaus mahdollista tehdä vain täyttämällä vai tarvitaanko laajempia toimenpiteitä ja mahdollisesti pohjanvahvistuksia, tarkastelut tehdään kohdan **5.5** mukaisesti.
- kun soratietä aiotaan parantaa eikä sen nykytilasta ole tehty inventointia (tarvitaan tarkempi tieto kuin kelirikkoinventointi). Soratien maastoinventointi tehdään kohtien **4.2.3** ja **6.2.1** mukaisesti.
- kun tietä aiotaan leventää. Pitää selvittää nykyisen tien rakentamishistoria, kerrosrakenteet tien pituus- ja poikkisuunnassa, nykyiset routanousut, mahdolliset pohjanvahvistukset jne. Eri selvitykset on kuvattu kohdassa **7.2**.
- kun tarvitaan lisää tiealuetta esimerkiksi kuivatuksen saamiseksi kuntoon tai luiskien loiventamista varten. Pitää selvittää maanomistustiedot ja tehdä lisäalueen määrittämistä varten tarvittavat mittaukset.

4.3.2 Tiealueen tarve

a) **Toimenpiteet on mahdollista tehdä nykyisellä tiealueella.** Näin on esimerkiksi silloin,

- kun vaurioitumisen perusteella epäillään heikkolaatuista kantavaa kerrosta tai vanhan päällysteen sijaitsemista alle puolen metrin syvyydessä tai heikkoa kokonaiskantavuutta. Parantaminen on mahdollista tehdä stabilointia tai sekoitusjyrsintää käyttäen.
- kun jyrkkäluiskaisia osuuksia tai reunapainumia korjataan ojaa putkittamalla. Vedenjakajapaikoilla putkitus voidaan tehdä kummankin puolen tietä, muualla usein vain toisella puolella, jolloin osuuden läpi kulkevat pintavedet ohjataan kulkemaan avo-ojan puolella.
- kun kuivatus on mahdollista kunnostaa niin, että luiskat eivät jää liian jyrkiksi tai tie liian kapeaksi.
- kun epätasainen routiminen korjataan siirtymäkiiloin.

b) **Tarvitaan lisäaluetta eli pitää tehdä tiesuunnitelma.** Tämä on tarpeellista esimerkiksi silloin,

- kun tiellä on jyrkät luiskat ja reunapainumia. Reunakantavuuden parantaminen pitkillä osuuksilla tai esimerkiksi sivukaltevissa maastonkohdissa on helpointa toteuttaa luiskaloivennuksien avulla.
- kun halutaan tehdä paksuja lisäkerroksia.
- kun ojille ei ole mahdollista saada tarvittavia kaatoja, vesipinta on ojissa ylhäällä, tien taseus on alhaalla ja tie vaurioituu tästä syystä heikon kantavuuden takia. Helpointa on korjata asia tasausta nostamalla.
- kun rinnemaastossa ei ole paikoin ojia ollenkaan ja tien näkemät ovat kaarteissa heikot. Kummastakin syystä johtuen on tarpeen tehdä avarrusta rinteiden puolelle.
- kun laskuojia pitää kunnostaa pidemmältä matkalta.
- kun tien geometriassa ja liittymänäkemissä on parantamistarpeita.
- kun tietä aiotaan leventää tai luiskia loiventaa tai tasausta nostaa.
- kun soratien kokonaispituudesta on suurella osalla pahoja heittoja tai vakavaa runkokelirikkoa. Vaurioiden korjaaminen vaatii massanvaihtoja, louhintoja yms. rankkoja toimenpiteitä, ja on todennäköistä, että samalla kannattaa suunnitella paikoin tien geometrian parantamista ja mahdollisesti myös päällystämistä.

4.3.3 Toimenpidetasoa ja etenemistapaa koskevat päätökset

Esiselvitysten tuloksena saadaan kohteelle määritettyä rakenteen parantamisen taso joko koko kohteelle tai jaksoittain:

- 1) uudelleen päällystys tai pintausta
- 2) kevyt parantaminen nykyisellä tiealueella, kuten sekoitusjyrsintä, stabiloinnit, teräsverkot jne.
- 3) raskas rakenteen parantaminen nykyisellä tiealueella, kuten siirtymäkiilojen ja massanvaihtojen rakentaminen tasausta nostamatta, reunavahvistukset jne.
- 4) raskas rakenteen parantaminen, tarvitaan lisää tiealuetta, kuten massanvaihdot + tasausnostot, suuret tasausnostot ja luiskien loivennukset jne.
- 5) uudelleen rakentaminen, tielinja siirtyy.

Esiselvityksen perusteella valitaan hankkeen eteenpäin viemiseksi jokin vaihtoehtoisista menetelmistä

- a) tehdään päätös parantamistasosta tai toimenpiteistä ja edetään suoraan hankintaan tai
- b) seurataan vaurioitumista (esim. painumat ja heitot) ja tehdään seurannan perusteella lopulliset päätökset tai
- c) tehdään ennen hankintaa tutkimuksia ongelmien tarkemman syyn ja siten toimenpidetason selvittämiseksi tai
- d) edetään tekemällä tiesuunnitelma ainakin kohdissa 4 ja 5.

Jos tiellä on selkeästi erilaisia jaksoja parantamistarpeen suhteen, esimerkiksi kalliioleikkauksen avartamistarve, laskuojien kunnostamistarpeita, luiskien loivennustarpeita lyhyellä osuudella, yksittäinen geometrian korjaustarve jne., voidaan valita tiejaksoittain erilainen etenemispolku. Esimerkiksi päätoimenpiteenä tehdään kevyttä rakenteenparantamista nykyisellä tiealueella, yksittäisille tasausnosto- ja luiskien loivennuskohdille tehdään tiesuunnitelma.

5 TUTKIMUKSET JA LISÄSELVITYKSET

Esiselvitysvaiheessa todetaan kappaleiden 4.2.3 ja 4.3.1 mukaisesti ne tapaukset, jolloin vaurioitumisen syyt pitää selvittää, että voidaan määrittää **toimenpidesuosituksen**. Sitä varten tehdään erilaisia kohdennettuja tutkimuksia ja mittauksia sekä mahdollisesti seurantaselvityksiä. Tutkimuksia voidaan täydentää vielä parantamismenetelmän suunnitteluvaiheessa.

Yleisin tutkittava asia on, miksi tie vaurioituu nopeasti. Ensisijaisesti syytä pitää hakea rakenteen huonosta kuormituskestävyydestä, jonka syytä selvittävät tutkimukset suunnitellaan kaavion 2 mukaisesti.

Päällyste vaurioituu tai urautuu nopeasti, päällystyskierto on lyhyt.
Tiellä on verkkohalkeamia tai urien pohjalla on havaittavissa kapeita pituushalkeamia.



Maastoinventointi: Alkukesällä tarkistetaan uramuoto ja urien vauriot. Tarkistetaan, jääkö vesi seisomaan sivuoihin niin, että vesipinta on lähellä tasausta ja alentaa kantavuutta. Tarkistetaan, ovatko luiskat jyrkät vauriokohdalla.

PPL: Mitataan alkukesällä taipumat.

Maatutka: Määritetään kokonaiskerrospaksuus ja päällystepaksuus, tarvittaessa erikseen uran kohdalta ja urien välistä. Tutkitaan, onko kantavan kerroksen alla vanha päällyste tai savinen tai hiekkainen kerros.

Näytteenotto: Tutkitaan kantavan kerroksen hienoainespitoisuus ja tehdään referenssinäytteenotot tutkaluotauksen tulkintaa varten.



Vaurioitumisen syy selviää
⇒ valitaan toimenpiteet tavoiteasettelun ja kohdan 6.1.1.3 taulukon 5 mukaisesti



Vaurioitumiselle ei löydy syytä
⇒ päällyste on todennäköisesti heikkolaatuista
⇒ valitaan uudelleenpäällystysmenetelmä kohdan 6.1.1 mukaisesti

Kaavio 2. Nopean vaurioitumisen syiden selvittäminen.

Kappaleissa 5.1, 5.2 ja 5.3 on esitetty lähemmin tierakenteen tutkimisessa käytettäviä menetelmiä ja tutkimustulosten analysointia. Mittausten tulokset ovat mittausajankohdasta riippuvia ja eri mittaukset täydentävät toisiaan erilaisia analysointeja tehtäessä. Tutkimusten soveltuvuutta sekä tutkimusten ajoituksen merkitystä tuloksiin on esitetty myös julkaisuissa Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset, TIEL 2140015 ja Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa, TIEH 2100027-04. Rakenteen parantaminen -ohje täydentää, ja osin päivittää, kyseisissä ohjeissa esitetyt tiedot.

5.1 Pudotuspainolaitemittaukset

Mittauksia käytetään rakenteen ja pohjamaan kantavuuden ja tien pituus-suunnassa tapahtuvan kantavuusvaihtelun arviointiin ja heikoimpien kerrosten sijainnin selvittämiseen rakenteen syvyysuunnassa. Mittaus tarvitaan aina, jos mitoitus edellytetään tehtäväksi tavoitekantavuuteen tai kun halutaan selvittää nopean vaurioitumisen syyt.

5.1.1 Ajankohdan vaikutus mittaustuloksiin

Mittausten ajankohta ja päällysteen lämpötila vaikuttavat oleellisesti PPL -mittausten tuloksiin, joten ne on aina otettava huomioon tutkimuksia suunniteltaessa ja tuloksia tulkittaessa.

Alkukevästä olosuhteet vaihtelevat paljon: varjopaikat ovat vielä kokonaan jäässä, aukeat paikat ovat jo ainakin osittain sulia. Myös vuorokaudenaika vaikuttaa tulokseen. Siksi on vaikea saada mittaustulosta vaurioitumisen kannalta herkimmästä tilanteesta, jolloin rakenne on pinnastaan sulanut mutta alta jäässä.

Loppukevään - alkukesän mittausten hyödynnettävyys on suurin, kun yritetään määrittää rakenteen tilaa heikoimmissa olosuhteissa. Tuloksista voidaan laskea rakennekerrosten E-moduulit sekä kantavuus E_2 . Mitä myöhemmäksi rakenteen sulamisen suhteen mittaus ajoittuu, sitä paremmin rakenne ehtii kuivua ja sitä heikommin saadaan esille runsaasti itseensä kosteutta sitovan kantavan kerroksen vaikutus. Mittaustuloksiin vaikuttavat aina pohjamaan kantavuusvaihtelut.

5.1.2 Tulosten hyödyntäminen

Jos PPL -mittaus on saatu tehdyksi rakenteen kosteuspitoisuuden ollessa suurimmillaan, näkyy yläosan heikkolaatuisuus jyrkkänä taipumasuppilona. Tätä ilmentää mittausdatasta laskettava tunnusluku SCI (Surface Curvature Index), joka on etätaipumien d_0 - d_{200} (ohuet päällysteet, ~5 cm) tai d_0 - d_{300} (paksut päällysteet, > 15 cm) erotus. Mitä suurempi arvo on, sitä heikompi on rakenteen yläosa. Mittausajankohta vaikuttaa tuloksiin, mutta aina jos arvot ovat yli 200, on päällysrakenteen yläosa heikkolaatuinen.

SCI:n lisäksi voidaan mittaustuloksista käyttää pohjamaan laatua kuvaavaa etätaipumaa d_{1200} . Turpeella d_{1200} on suuruusluokaltaan yli 200 ... 300 μm , kallion ollessa lähellä arvo on luokkaa 10 μm .

Takaisinlaskennoilla saatavia eri kerrosten E -moduuleja voidaan verrata uusille materiaaleille esitettyihin vaatimuksiin.

Pudotuspainolaitemittauksesta määritetään kevätkantavuus- ja lämpötilaker-toimella korjattu kantavuusarvo E_2 , jota verrataan tien liikennemäärän, leveyden ja luiskakaltevuuden perusteella määritettävään tavoitekantavuuteen ja saadaan esille kantavuuspuutteet, joiden merkitystä arvioidaan yhdessä vaurioitumisen kanssa. Jos katsotaan tarpeelliseksi tehdä kantavuusmitoitus, tehdään mittausten perusteella jaksotus homogeenisiin osuuksiin kohdan 6.1.1.2 mukaisesti.

5.2 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotauksen avulla selvitetään kerrosrakenne, eri kerrosten paksuus, pohjamaan vaihtelu (erityisesti turve ja kallio), kerrosrajojen tasaisuus, eri kerrosten suhteellinen kosteuspitoisuus. Mittausten tilausvaiheessa on tärkeää selvittää, mitä tietoja luotauksen avulla haetaan, jotta käytettävä mittausantennin taajuus, mittauslinjat sekä mittausten ajankohta palvelevat mahdollisimman tarkoin oikeanlaisen datan saamista.

5.2.1 Mittausajankohdan valinta

Kun tutkitaan kerrospaksuuksia ja pohjamaan laatua, mittaukset olisi syytä tehdä sen jälkeen, kun routa on lopullisesti sulanut pohjamaasta. Toinen hyvä aika on roudan maksimisyvyyden aikaan talvella. Erityisesti sorateilla saadaan parhaat tulokset talvella, jolloin pölynsidontaan käytetty suola ei ole vaimentamassa tutkasignaalia, toisaalta sorateiden kerrokset ja pohjamaa ovat laadultaan hyvin samanlaisia, joten kesämittauksissa ei välttämättä ole havaittavissa selviä kerrosrajoja. Talvimittauksilla saadaan myös kalliopinta selkeämmin ja varmemmin esille, sillä routaraja katkeaa kallion kohdalla.

Rakenteen yläosan (päällyste ja kantava kerros) mittaukset voidaan aloittaa, kun routa on tien alla syvemmällä kuin 0,8 m. Mittauksia ei voi tehdä heti tien suolauksen jälkeen.

5.2.2 Tulosten hyödyntäminen

Maatutkaluotauksen tulkintaa varten tarvitaan aina referenssikairauksia, joiden avulla tarkistetaan kerrospaksuudet ja materiaalit. Referenssikairauksia kannattaa sijoittaa niin, että niiden avulla voidaan samalla tarkistaa kalliopinnan sijaintia, turvekerrosten rajakohtia tai muita arvioitavissa olevia syitä tien vaurioitumiseen. Tietoja hyödynnettäessä on muistettava, että tulkitsijan kokemus vaikuttaa tuloksiin.

Päällystepaksuutta tarvitaan, kun tehdään valintaa uudelleenpäällystyksen ja stabiloinnin välillä ja mitoitetaan ko. toimenpiteet. Kantavan kerroksen alla sijaitsevan vanhan päällysteen tai savipitoisen kerroksen olemassaolo varmistetaan tutkimuksella, kun arvioidaan päällystetylle tielle tai soratielle tehdyn parannuksen jälkeisen nopean vaurioitumisen syytä. Vanhan päällysteen syvyystieto tarvitaan, että osataan kohdentaa sekoitusjyrsintä oikealle syvyydelle.

Pohjamaan vaihtelun ja kerrosrakenteiden tasaisuuden perusteella haetaan syitä yksittäisten vaurioiden esiintymiselle. Kerrospaksuustietoa tarvitaan, jos tietä suunnitellaan levennettäväksi. Tien poikkisuuntaan tehtävä maatutkaluotaus on tarpeen, kun ajourat ovat painuneet ja halutaan tarkistaa, mille syvyydelle asti deformaatiota on tapahtunut tai pitää määrittää reunapainumakorjausten laajuus arvioimalla pohjamaan nousua kerrosrakenteisiin.

Maatutkaluotauksen hyödynnettävyys on mahdollisesti kehittymässä niin, että samalla mittauskerralla saadaan useiden eri mittauslinjojen tieto, jolloin tietoa voidaan tarkastella 3-ulotteisesti.

5.3 Näytteenotto ja näytetutkimukset

Näytteenottokairauksia tarvitaan tien kerrosrakenteiden paksuuden ja materiaalien sekä pohjamaan maalajin tarkistamiseksi. Kerrosrakenteet saadaan parhaimmin määritettyä putkinäytteenottimen avulla. Poraavalla putkella tehtävä näytteenotto lisää hienoainespitoisuutta 1-2 % -yksikköä. Myös koe-kuoppia voidaan käyttää erityisesti pienillä kohteilla ja sorateillä.

Kantavan kerroksen heikkolaatuisuuden tutkimista varten otetaan näytteet ajouran kohdalta erikseen kantavan kerroksen yläosasta (yliin 10 cm) ja koko kantavasta kerroksesta. Näytteistä kirjataan, ovatko ne sora- vai kalliomursketta. Pesuseulonnalla määritetyn hienoainemäärän perusteella arvioidaan materiaalin vedenherkkyyttä eli sen ominaisuutta sitoa itseensä kosteutta. Jos hienoainespitoisuus ei ylitä heikkolaatuisuuden rajaa, mutta vauriot viittaavat kuitenkin materiaaliongelmiin, voidaan materiaalin laatua tutkia tarkemmin TS-testillä (tube suction test) ja vedenadsorptiotestillä.

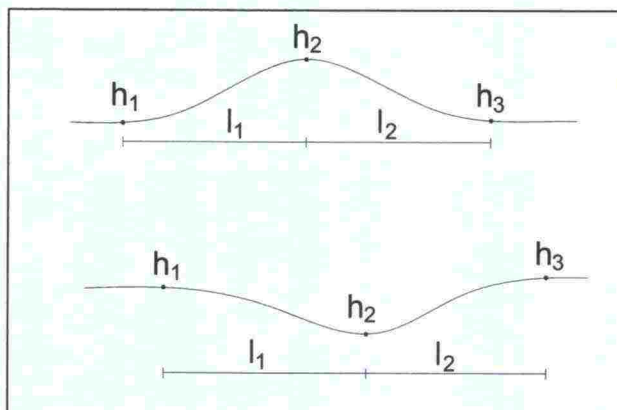
Kantava kerros on heikkolaatuista, jos vähintään joka toisessa osuudessa otetussa näytteessä

- hienoainespitoisuus ylittää kalliomurskeella 9 %, soramurskeella 12 % tai
- imupainekokeen (tube suction) tulos ylittää arvon 10 tai
- vedenadsorptiokokeen tulos ylittää 2 %

Näytteenoton avulla varmistetaan myös mahdollista stabilointia varten päällysteen paksuus ajourasta ja ajourien välistä, stabiloitavan kerrosmateriaalin kivisyys sekä mahdollinen kantavan kerroksen alla oleva vanha päällyste.

5.4 Mittaukset

Mahdolliset painumaan tai routanousueroon liittyvät epätasaisuudet etsitään alustavasti yli ajamalla tai mittaamalla ja raportoimalla IRI 5 tai 10 m välein (mittausdata on sama kuin 100 metrin jaksolle lasketulla IRI:llä, vain tulostustiheys muuttuu). Mittaus tehdään painumien osalta sulan maan aikana ja routaheittojen osalta kevättalvella. Kun tarkoituksena on mitata kaltevuuden muutoksen haitallisuus, mitataan kuvan 1 mukaan.



Kuva 1. Kaltevuuden muutoksen mittaus.

Kaltevuuden muutos = $(h_2 - h_1)/l_1 - (h_3 - h_2)/l_2$. Jänne l_1 ja $l_2 = 1 \dots 10$ m.

Kokeilemalla etsitään jänneet, joilla saadaan suurin kaltevuudenmuutos.

Routaheitot mitataan Etelä-Suomessa maaliskuussa ja Pohjois-Suomessa huhti- toukokuussa. Usein haitallisuus selviää ilman kaltevuuden muutoksen mittaamista.

Korjattavat routaheitot on paaluvälin mittauksen lisäksi hyvä merkitä paaluilla tien sivuun, että korjaus osataan varmasti tehdä oikealle paikalle. Kohdentamista helpottaa myös paalulukemien sitominen esim. lähellä olevaan liittymään tai valaisinpylvääseen.

Kun tarkoituksena on tutkia, onko tien painuminen päättynyt epätasaisen painuman kohdalla, tehdään mittaukset sulaan aikaan vähintään kahtena vuotena kohdan 5.5.1 mukaisesti.

Tien pinnan korkeusasema kiintopisteeseen nähden on mitattava silloin, kun parantaminen suunnitellaan tehtäväksi murskenostoilla. Tällöin voidaan suunnitella mahdolliset parannukset taseusviivaan ja tielle pystytään rakentamaan oikean paksuiset rakennekerrokset. Mittauksen virhe saa olla enintään 10 mm.

5.5 Tiessä havaitun epätasaisuuden korjaustarpeen määrittäminen

5.5.1 Haittojen arviointi ja mittausten ohjelmointi

Yksittäisen epätasaisuuden korjaamistarve syntyy mm. seuraavista syistä:

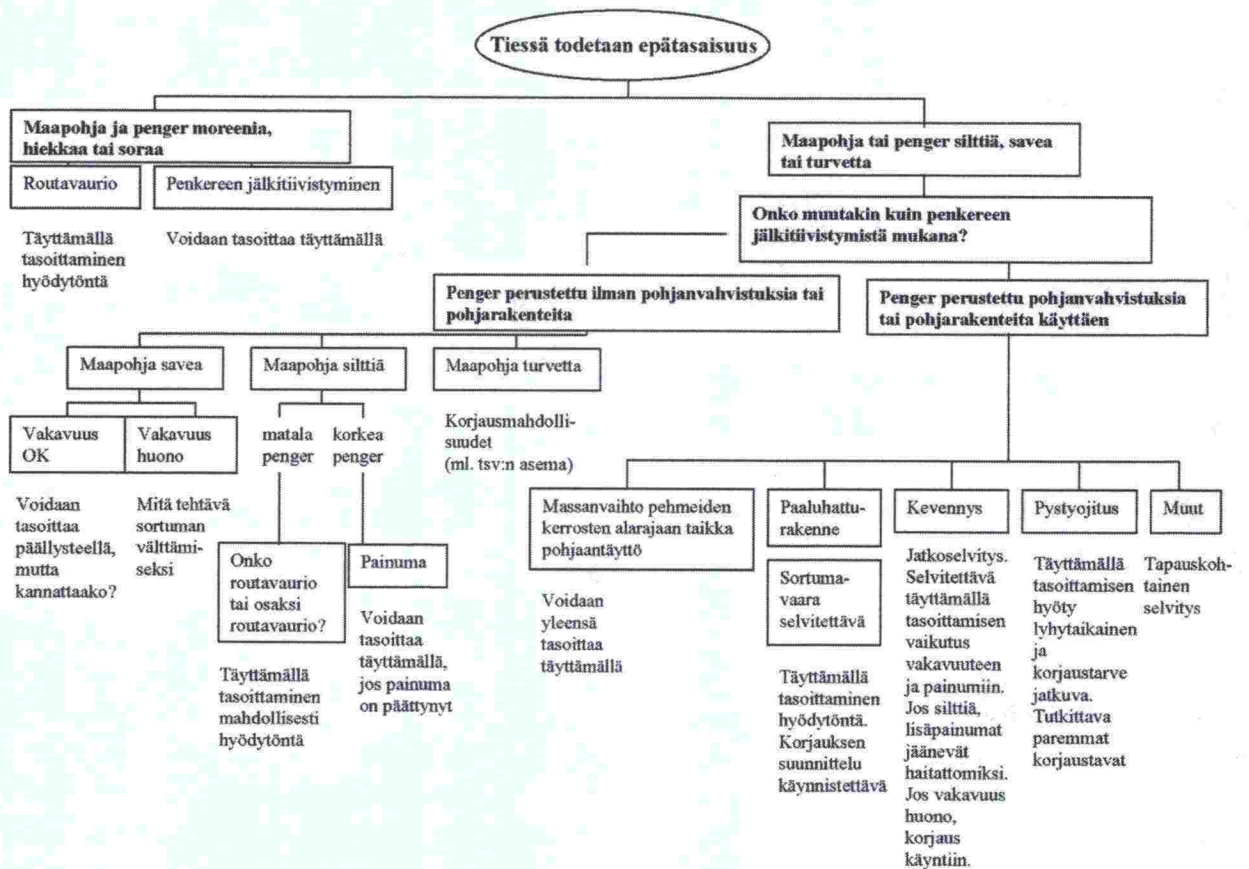
- Epätasaisuus vaikuttaa haitallisesti ajoneuvon ajodynamiikkaan ja sitä kautta ajoturvallisuuteen ja ajomukavuuteen
- Painuminen aiheuttaa tienpinnan poikkikaltevuuden latistumista, josta on seurauksena tien pinnan kuivatusongelmia ja vesiliirron vaara
- Suuri kokonaispainuma aiheuttaa haittoja, vaikka se olisi tasaista: näkemät huononevat ja heikentävät liikenneturvallisuutta taikka painuman seurauksena tie altistuu korkealle vedelle ja tulvalle
- Tien painumalla voi olla haitallisia vaikutuksia muihin rakenteisiin, esim. hallitsemattomia lisärasituksia viereisen sillan tms. rakenteen paalutettuun perustukseen. Epätasaisuus aiheuttaa myös liikennekuorman vaikutuksen huomattavaa kasvua, mikä on yleistä varsinkin siltojen tulopenkereissä ja on omiaan pahentamaan vaurioita. Epätasaisuus aiheuttaa joskus värinähaittoja ympäristöön. Pienikin painuma saattaa joissain olosuhteissa olla merkki huomattavastikin kohonneesta sortumavaarasta.

Kaaviossa 3 on esitetty yksinkertaistettu kuvaus tiessä todetun epätasaisuuden vaatimien toimenpiteiden arvioinnissa. Kaavion tarkoituksena on havainnollistaa jatkotoimenpiteitä seuraavasti:

- Milloin päällysteellä tai täyttämällä tasoittaminen toimii?
- Milloin päällysteellä tai täyttämällä tasoittaminen on hyödytöntä? Toistuva hyödytön tasoittaminen on pitkällä tähtäyksellä haitallista, mutta haitallisuuden aste on vaihteleva.
- Milloin tarvitaan tarkempia selvityksiä vaurion syistä, jotta saadaan edes vastaus kysymykseen, voidaanko vaurio tasoittaa päällysteellä tai täyttämällä?

Todellisessa tilanteessa ovat kuvassa esitettyä vaikeampia usein:

- pohjasuhteiden tulkitseminen
- tien nykyisten perustamistapojen määrittäminen vaihtelevantasoisien vanhojen suunnitelmien taikka maastossa tehtävien tarkistustoimenpiteiden pohjalta
- epätasaisuuden sijainnin hahmottaminen.



Kaavio 3. Toimenpiteiden määrittäminen, kun tiessä todetaan epätasaisuus. Tiessä havaitun epätasaisuuden seuranta on syytä aloittaa heti, kun ongelma on todettu maastokäynnin, asiakaspalautteen tai esimerkiksi haastattelun perusteella.

Seuranta tarvitaan varsinkin niissä tapauksissa, joissa

- ongelmakohdan sijaintia ei saada riittävällä varmuudella paikannettua (lähinnä routaheitot) tai
- ei pystytä varmuudella tunnistamaan, aiheutuuko epätasaisuus painumisesta vai routimisesta tai
- halutaan saada selville, jatkuuko painuma edelleen tai
- halutaan jo tarjouspyyntövaiheessa määrittää tarkat toimenpiteet.

Seuranta on kustannuksiltaan huokea toimenpide ja antaa huomattavan luotettavat lähtötiedot sekä vaurion syyn pohdintaan että korjauksen suunnitteluun. Jos painumia mitataan tien maalausviivojen kohdalta tehtävin vaaituksin, päästään noin ± 10 mm tarkkuuteen. Jos tiehen kiinnitetään metallinasat, mittaukset voidaan uusien tarkalleen samoilta kohdilta ja päästään ± 2 mm tarkkuuteen ja mittaamalla myös x- ja y-koordinaatit saadaan suuntaantavaa tietoa sivusiirtymistä. Sivusiirtymien maksimiarvot sijaitsevat maanpintaa syvemmillä ja niitä mitataan inklinometrimittauksin, kun on tarpeen selvittää, onko tapahtumassa esimerkiksi sortumavaaraan viittaavia sivusiirtymiä.

5.5.2 Painumankorjaustarpeen taikka pohjarakenteen korjaustarpeen määrittäminen

Painuma on harvoin tarpeen poistaa kokonaan. Pituuskaltevuuden loiventaminen riittää useimmiten. Jos pehmeikkö on pitkä ja tasaisesti painunut, ongelmat keskittyvät yleensä siirtymäalueille (kova/pehmeä pohjamaa). Lyhyillä pehmeiköillä tai pehmeikön sijaitessa epähomogeenissa pohjaolosuhteissa saattaa olla tarkoituksenmukaista pyrkiä poistamaan painumat kokonaan.

Haitallisen suuret tai epätasaiset painumat voivat johtua seuraavista syistä:

- jyrkistä pohjasuhteiden muutoksista tai
- olosuhteisiin soveltumattomasta perustamistavasta tai
- epätarkkuuksista perustamistapojen mitoituslaskelmissa, mitoitusparametreissa, muussa suunnittelussa taikka toteutuksessa tai
- tien käyttöaikana tapahtuneista muutoksista, esimerkiksi pohjaveden alenemisesta.

Vaurioiden syyt selvitetään, jotta korjaustapa voidaan valita ja korjaus kohdistaa oikein. Vaurioiden syihin vaikuttavalla korjaustavalla voidaan välttää vaurioiden uusiutuminen tai pahempien vaurioiden syntyminen korjauksen jälkeen. Joskus voi olla tarkoituksenmukaista suurten tutkimuskustannusten ym. syiden takia jättää vaurioiden lopullisen syyn selvittäminen rakennusvaiheeseen, erityisesti jos on todettu, että korjausratkaisu on vaurion syystä riippumatta sama. Tällöinkin on syytä varautua siihen, että suunnitelmia joudutaan jossain määrin muuttamaan.

Vaurion syyn selvitys etenee yleensä seuraavasti:

- Hankitaan käyttöön nykyisen tien suunnitelma, jos sellainen löytyy.
- Arvioidaan pohjasuhteet vanhan suunnitelman perusteella taikka tarkistetaan uusin pohjatutkimuksin.
- Arvioidaan, onko mahdollisen pohjanvahvistuksen laajuus riittävä ja toimintatapa kohteelle sopiva.
- Pyritään tarkistamaan, onko tie rakennettu suunnitelman mukaisesti. Jos mahdollista, haastatellaan tien rakentajia. Koekuoppatutkimuksilla, porakonekairauksilla, maatulkuotauksella tai muilla tarkistusluontoisilla toimenpiteillä voidaan tutkia esimerkiksi paaluhattujen korkeustasoa, massanvaihdon toteutunutta paksuutta, päällysrakente- ja kevennyskerrosten paksuutta jne.
- Selvitetään tien käyttöaikana tapahtuneet kunnossapito- ja korjaustoimenpiteet, pohjavedenpinnan muutokset jne. ja niiden vaikutus tiehen.

Pohjarakenteiden (paalulaatta, paaluhatturakenne) silminnähtävä painuminen on hälyttävä merkki rakenteen toimintakyvystä ja se vaatii välitöntä ongelman selvittämistä ja yleensä pikaisia korjaustoimenpiteitä. Terveen paalulaatan tai paaluhatturakenteen kohdalla tien pinta ei painu muuten kuin korkeintaan penkereen jälkitiivistymisestä. Paalulaatan tai paaluhatturakenteen painumattomuus ei toisaalta ole tae rakenteen hyvästä kunnosta.

Korjaustoimenpiteen suunnittelun kannalta on välttämätöntä selvittää, onko tien pinnan painuminen seurausta päällysrakenteen tai penkereen tiivistymisestä vai pohjamaan konsolidaatiosta tai tiivistymisestä. Erityisesti siltojen tulopenkereiden taikka talvityönä rakennettujen penkereiden tapauksessa haitallinen tien pinnan painuminen saattaa johtua usein myös pengermateriaalin tiivistymisestä. Muilla tieosilla haitalliset painumat johtuvat useimmiten saven tai siltin konsolidaatiosta.

Painumankorjausten tarpeen määrittelyssä ovat lähtötietoina:

- Silmämääräiset havainnot painumista ja havainnot niiden haitallisuudesta ajettaessa.
- Tiedot liikenteelle aiheutuneista haitoista.
- Maaperätiedot, aluksi vanhojen suunnitelmien pohjalta.
- Tien nykyisten perustamistapojen inventointi.
- Toteutuneiden painumankorjausten inventointi (haastattelutiedot, maatulkuotaus), sillä varsinkin erityisen ongelmallisilla kohdilla painumat on voitu tasoittaa tilapäisesti huomaamattomiksi. Vähitellen tapahtuneista kuormituslisäyksistä aiheutuva painuma on varsin todennäköisesti edelleen meneillään ja on otettava huomioon korjausten mitoituksessa.
- Toteutuneiden painumien seurantatiedot, jos niitä on käytävissä.
- Toteutuneiden painumien vertaaminen suunnitteluvaiheessa odotettuihin painumiin (olemassa oleva tiepenger ikään kuin koekuormitus).
- Tulvatietojen inventointi ja havainnot niiden haitoista liikenteelle.
- Laajojen epätasaisten painumien (pituussuuntainen aaltoilu) tapauksessa tehdään profiilin määrittäminen esim. PT -mittauksin, joiden avulla voidaan myös selvittää routimisesta ja painumasta johtuvien epätasaisuuksien osuus toistamalla mittaus keväällä ja kesällä.

6 RAKENTEEN SUUNNITTELU

6.1 Päälystetyn tien parantaminen

6.1.1 Kuormituskestävyyden parantaminen

Kuormituskestävyyden parantamistarve pitää tarkistaa osuuksilla, joiden

- päällyste vaurioituu tien muita osuuksia tai vastaavia muita teitä nopeammin
- vaurioitumisen tyyppinä on aluksi pieni urista alkava pituushalkeilu ja myöhemmin lisääntyvä verkkohalkeilu
- reunimmainen ura painuu tai halkeilee muita uria nopeammin.

Kantavuuden parantaminen on tarpeen silloin, kun raskaan liikenteen määrä on kasvamassa tai tien verkollinen merkitys kasvaa ja halutaan varmistaa tierakenteelle pidempi kestoikä.

Vilkasliikenteiset tiet päällystetään usein niin tiheästi, että päällysteeseen ei synny helposti havaittavia vaurioita. Jos tie kuitenkin urautuu liikennemäärään nähden huomattavan nopeasti, on syytä tarkastaa alkukesällä urien pohjat. Jos niissä alkaa esiintyä ohuita pituushalkeamia, tulisi harkita paksumpaa uudelleenpäällystystä ja samalla tarkistaa, että päällysteiden vaihteittain rakentamiseen kuuluvat päällystekerrokset on tehty.

Heikon kuormituskestävyyden syyt tutkitaan kohdassa 5 esitettyjen tutkimusten avulla. Parantamismenetelmän valintaan vaikuttaa havaittu ongelman syy, käytössä oleva tila, vanhan rakenteen kerrospaksuudet, kuivatuksen kunnostusmahdollisuudet jne. Tiehallinto voi kuitenkin päättää, että tie parannetaan kevyemmin, kuin vaurioitumisen syiden poistaminen edellyttäisi. Silloin on todennäköistä, että tie vaurioituu parantamisen jälkeenkin lähes entisellä nopeudella.

Hitaasti vaurioituneilla kohteilla tavoitekantavuuden alittuminen tai suuri hienoainespitoisuus eivät välttämättä aiheuta mitään toimenpiteitä. Jos kuitenkin hidas halkeilu on johtanut pahoihin verkkohalkeamiin, on suositeltavaa korvata vanha päällyste pahiten halkeilleissa kohdissa uudella massalla. Jos hidas urien kasvu on ajan kuluessa johtanut pahoihin poikkileikkauksen vääristymiin, vanha päällyste käsitellään sekoitusjyrsinnällä tai tasausmassalla tai stabiloinnilla.

6.1.1.1 Mitoitusmenetelmät

Seuraavassa on esitettyä kuormituskestävyyden parantamisen mitoitusmenetelmät käytettäviä menetelmiä. Mitoitustarkastelu jakaantuu alustan kantavuuden (vanhan rakenteen pinta tai vanhan rakenteen leikattu pinta tai pohjamaa) määrittämiseen sekä uusien tai käsiteltävien kerrosten mitoitusmenetelmään. Eri menetelmien soveltuvuutta rakenteen parantamisen suunnittelussa on kuvattu myös kohdassa 6.1.1.3 parantamismenetelmäkohtaisesti. Menetelmien teoriaa ja yleisrajoituksia on käsitelty Tierakenteen suunnittelu -ohjeen kohdissa 3.2.4 ja 3.2.5. Tilaaja valitsee mitoitusmenetelmän tarjouspyyntövaiheessa, kun laatuvaatimuksena on laskennallinen mitoitus.

A) Odemarkin mitoitus tavoitekantavuuteen

Menetelmässä määritetään liikennemäärän, leveyden ja luiskakaltevuuden perusteella ohjeen Tierakenteen suunnittelu mukaisesti tavoitekantavuus ja päällystekerrosten vähimmäispaksuus. Kun alustan kantavuus tunnetaan, voidaan Odemarkin kaavalla laskea, kuinka paksuja eri materiaaleista tehtäviä kerroksia tarvitaan tavoitekantavuuden saavuttamiseksi. Lisäkerrosten tarve vaihtelee siten vanhan rakenteen kantavuuden mukaan.

Soveltuvuus

- Suositeltavaa raskaassa rakenteen parantamisessa, uudelleenrakentamisessa ja oikaisukohdissa; mahdollinen muutenkin, kun vanha kantavuus alittaa tavoitekantavuuden.

Rajoitukset ja ongelmat

- Mitattu vanhan rakenteen kantavuus voi jopa ylittää tavoitekantavuuden, vaikka tie olisi vaurioitunut nopeasti (vaurioituminen johtuu materiaalivirheistä tai kantavuus on mitattu liian kuivana aikana, jolloin tulokset ovat liian hyviä).
- Voi laskennallisesti näyttää, että pehmeiköllä tarvitaan rankkoja toimenpiteitä, vaikka vaurioitumisen perusteella tie olisi kestävä (loiva taipumasuppilo).
- Tarvittava kerrospaksuus voi vaihdella lyhyin välein kantavuusmittausten tulosten vaihtelun vuoksi, mikä vaikuttaa tiealueen tarpeeseen.
- Hydraulisilla sideaineilla tehtyjä kerroksia on vaikea saada vertailukelpoisiksi rakenteen toiminnan suhteen.

Lähtötiedot

- Pudotuspainolaitteella mitatut taipumat ja niistä lämpötilakorjauksen ja kevätkantavuuskertoimen avulla määritetty kevätkantavuus

Tavoitteiden asettajan tehtävät

- Muodostaa kevätkantavuuksien perusteella homogeeniset osuudet kohdan 6.1.1.2 mukaisesti.
- Määrittää tavoitekantavuuden KKL:n perusteella. Jos jonkin jakson kantavuus ylittää tavoitekantavuuden, määrittää minimitoimenpiteen tällaiselle jaksolle.
- Määrittää, millä osuuksilla päällyste on rikkonaista, millä ehytetään silloin, kun parantaminen pelkin päällystein tulee kysymykseen.
- Määrää hitaasti vaurioituville osuuksille tarvittaessa ohjearvoja pienemmän tavoitekantavuuden.
- Ilmoittaa minimitoimenpiteen hienoainespitoisen kantavan kerroksen osuudelle ja niille jaksoille, joissa mitattu kantavuus lähes ylittää tavoitekantavuuden.

Toteuttajan tehtävät

- Määrittää käyttämiensä materiaalien lähtötiedot ja mitoittaa tavoitekantavuuden täyttymiseksi tarvittavat kerrospaksuudet.
- Suunnittelee muille jaksoille esitettyjen minimitoimenpiteiden toteutuksen.

B) Odemarkin mitoitus kantavuuslisäykselle

Laskenta perustuu Odemarkin kaavaan. Kantavuuslisäystavoite valitaan suunnitteleamalla osuuksittain vaurioitumisen, vanhojen kerrosten paksuuden ja laadun, tiealueen sekä mahdollisesti mitatun kantavuuden ja taipumasupilon muodon perusteella järkevät rakenteet ja laskemalla, mikä kantavuuslisä näillä saavutetaan. Näin saatuja kantavuuslisäyksiä käytetään laatuvaatimuksena, ei saatuja rakenteita. Vaatimusta täydennetään muilla vaatimuksilla: hienoainepitoinen kantava on käsiteltävä, teräsverkko jne.

Soveltuvuus

- Suosittelavaa kevyessä rakenteen parantamisessa, kun halutaan hillitä tiealueen leventämistä ja määrittää kustannushys.

Rajoitukset

- Tarvitaan tietoja tien rakenteesta ja vaurioitumisesta.
- Perustuu lisästarpeen määrittäjän kokemukseen.

Tavoitteiden asettajan tehtävät

- Suunnittele vaurioitumisen perusteella jaksoittain toimenpiteet (päälystäminen, sekoitusjyrsintä, stabilointi) ja selvittää, miten ne mahtuvat tiealueelle ja käytössä olevaan budjettiin ja millainen kantavuuslisäys toimilla saavutetaan.
- Kuvaa jaksoittain ratkaisut seuraavin laatuvaatimuksin:
 - vaadittu kantavuuslisäys ja riippuuko se valituista materiaaleista
 - suurin sallittu TSV:n nosto
 - vanhan kantavan ja päälysteen käsittelyn minimi
 - TSV:n ja sivukaltevuuden korjauksen vaatimus

Toteuttajan tehtävät

- Määrittää käyttämiensä materiaalien lähtötiedot ja mitoittaa kantavuuslisäykseen tarvittavan kerrospaksuuden.

C) Analyttinen mitoitus

Monikerroslaskennassa määritetään alimman sidotun kerroksen venymä standardikuormituksen vaikutuksesta sekä lasketaan, montako tällaista venytyskertaa kyseinen kerros kestää halkeamatta.

Soveltuvuus

- Uuden tierakenteen mitoitus, kun päälysteen paksuus on vähintään 80 mm
- Voidaan käyttää erillisiin tarkasteluihin, esimerkiksi syntyvien ja sallittujen puristusjännitysten ja paksuilla vanhoilla päälysteillä vetojännitysten vertailuun.

Rajoitukset

- Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaisesti monikerroslaskentaa ei saa käyttää, kun päälysteiden kokonaispaksuus on alle 80 mm, koska ohuemmillä päälysteillä päälysteen ohentaminen voi lisätä laskennallista kuormituskestävyyttä
- Teoria ei sovellu päälysteillä tapahtuvaan rakenteen parantamiseen, koska teoria ei kerro, milloin parannetun rakenteen kestoikä lasketaan alimman vanhan päälystekerroksen alapinnan vetomuodonmuutosten ja milloin alimman uuden päälysteen alapinnan mukaan.

- Aikaisemman kuormituksen aiheuttamia muutoksia kerrosrakenteiden ja pohjamaan muodonmuutosominaisuuksiin ja jäljellä olevaan kestävyYTEEN ei tunneta.

D) Vaurioitumisnopeuden muutoksiin perustuva menetelmä

Vaurioitumisnopeuden muutoksiin perustuvalla menetelmällä tarkoitetaan, että suunnittelussa käytetään apuna kokemusperäisesti ja kuntorekisteritietoihin perustuvien tutkimusten avulla määritettyjä toimenpiteiden vaikutuksia eri syistä vaurioituneiden teiden vaurioitumisnopeuteen. Liitteessä 1 on esitetty eri kunnostusmenetelmien vaikutuskerroin vaurioitumisnopeuteen. Menetelmä ei välttämättä ennusta oikein yksittäisen tien tulevaa vaurioitumisnopeutta, mutta se kertoo usein kantavuusmitoitusta paremmin eri stabilointien paremmuusjärjestyksen vauriomäärän kasvunopeuden hidastajana.

Soveltuvuus

- Suositeltavaa, kun toimenpiteenä on pääasiassa stabilointi tai kun vaurioituminen johtuu heikkolaatuisesta kantavasta kerroksesta ja päällyste on melko ohut.

Tavoitteiden asettajan tehtävät

- Määrittää osuuksien vanhat vaurioitumisnopeudet ja kantavan kerroksen laadun.
- Rajaa hankkeelle sopivat toimenpidevaihtoehdot.

6.1.1.2 Kantavuusmitoitus

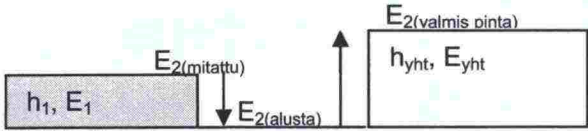
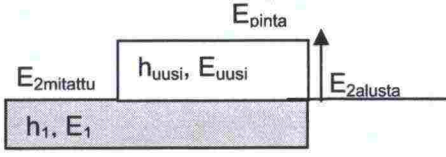
Kantavuusmitoitusta varten pitää määrittää lähtökantavuus (alustan kantavuus) lisättävien tai käsiteltävien kerrosten alapinnassa sekä kyseisten kerrosten paksuudet ja moduulit. Alustan kantavuus tarvitaan, mikäli rakenne mitoitetaan tavoitekantavuuteen tai kantavuuslisälle.

Ennen alustan kantavuuden määrittämistä muodostetaan mitatuista kantavuuksista **homogeeniset jaksot** seuraavasti: yhtenäisille jaksoille määritetään mitatuista, lämpötilakorjatuista kevätkantavuuskertoimella kerrotuista kantavuusarvoista lähtökantavuus niin, että 80 % E_2 -arvoista ovat tätä suurempia. Mittaustuloksista poistetaan ne osuudet, joille on tarkoitus tehdä massanvaihto tai muu yksittäinen korjaus.

Laskentaperusteet Odemarkin mitoituksikaavalla tehtävälle alustan kantavuuden määrittämiselle ja siitä edelleen kerrosten mitoittamiselle on esitetty taulukossa 3. Liitteessä 2 on annettu sekoitusjyrsinnän mitoittamisessa tarvittavia aputason (ks. taulukko 3b) ja stabiloinnin mitoittamisessa tarvittavia stabiloinnin alustan kantavuuksia, joista mitoittaja voi valita lähtötietoja vastaavan arvon tai käyttää taulukkoja oman laskentatuloksensa tarkistamiseen.

Taulukossa 4 on esitetty esimerkkejä erilaisten parantamismenetelmien laskennallisesta vaikutuksesta mitattuun kantavuuteen, esimerkkejä on lisää liitteessä 3. Esimerkkien tarkoituksena on auttaa laskijaa hahmottamaan toimenpiteiden vaikutusten suuruusluokat omien laskentojensa tarkistamiseksi.

Taulukko 3. Mitoituslaskentojen perusteet käytettäessä Odemarkin kaavaa.

Taulukko 3a) Päälyste tehdään nykyisen päälysteen päälle	
<p>Jos vanha päälyste on ehjä, sen katsotaan toimivan yhteen liimaantuneena uuden päälyste-kerroksen kanssa. Rikkinainen vanha päälyste vastaa sitomatonta alustaa. Jos tilaajan antamissa lähtötiedoissa ei muuta todeta, päälysteen katsotaan olevan ehjä, kun vauriosumma on $< 40 \text{ m}^2$, tai $< 60 \text{ m}^2$, kun suurin osa vauriosummasta koostuu epätasaisen routimisen aiheuttamia pituushalkeamista. Muussa tapauksessa päälyste katsotaan rikkonaiseksi. Päälysteen eheyden määrittäminen tehdään jaksoittain.</p>	
päälyste ehjä	päälyste rikkinäinen
<p>Ensin lasketaan vanhan päälysteen alapinnan kantavuus vähentämällä mitatusta kantavuudesta vanhan päälysteen osuus. Käytännössä tämä tapahtuu niin, että haetaan kokeilemalla eli iteroimalla sellainen päälysteen alapinnan kantavuus, jolla Odemarkin kaava antaa vanhan päälysteen pinnalle em. kevätkantavuuden suuruisen laskentatuloksen. Sitten lasketaan uuden päälysteen yläpinnan kantavuus käyttäen uuden ja vanhan päälysteen yhteispaksuutta ja moduulien kerrosten paksuudella painotettua keskiarvoa.</p>	<p>alustan kantavuus = mitatusta kantavuudesta kertoimella korjattu kevätkantavuus.</p> <p>Uuden päälysteen yläpinnan kantavuus lasketaan uuden päälysteen paksuuden ja moduulin mukaan. Menettely antaa noin 20 mm paksumman lisäpäälysteen kuin ehjän päälysteen tapaus.</p>
 <p>$h_1 =$ vanhan päälysteen paksuus $E_1 =$ vanhan päälysteen moduuli $h_{yht} = h_1 + h_{uusi \text{ pääll}}$ $E_{yht} = (h_1 \cdot E_1 + h_{uusi \text{ pääll}} \cdot E_{uusi \text{ pääll}}) / (h_1 + h_{uusi \text{ pääll}})$</p>	
<p>Tarvitaan vanhan päälysteen paksuus ja moduuli. Vanhan päälysteen moduuleja (ehjä/rikkinäinen): AB 2500/1400 MN/m² PAB-V 1400 /800 MN/m² ABK 2500/1400 MN/m²</p>	

Taulukko 3 b) Päälyste poistetaan tai rikotaan tai rakenteen yläosaa käsitellään

Lasketaan ensin alustan kantavuus vähentämällä poistettavan tai rikottavan tai käsiteltävän kerroksen osuus homogeenisen jakson kantavuusarvosta. Toimenpiteiden jälkeinen kantavuusarvo voidaan tämän jälkeen laskea alustan kantavuuden sekä uusien kerrosten paksuuksien ja moduulien avulla. Laskentaan vaikuttaa (= pitää käyttää aputasoja) Tierakenteen suunnitteluohjeen kohdassa 3.2.4 esitetty Odemarkin kantavuuskaavaan liittyvä ehto, jonka mukaan laskennassa ei saa käyttää alle 150 mm paksuista sitomatonta kerrosta.

Tapaus 1: Sekoitusjyrsintä, joka pitää vanhan moduulin ennallaan + 0...100 mm:n murskekerros.

Alustan kantavuuden laskentaperusteet: Laskennassa tarvitaan aputaso, joka on 150 mm vanhan päälysteen alapinnan alapuolella. Aputason kantavuus lasketaan iteroimalla sellaiseksi, että päälysteen kantavuus tulee lämpötila- ja kevätkantavuuskertoimella korjatun mittaustuloksen suuruisiksi käyttäen päälysteen moduulia ja paksuutta ja kantavan kerroksen ylimmän 100 mm:n moduulia.

Aputason kantavuus saadaan liitteen 2 taulukoista A1...A3, kun vanhan päälysteen paksuus ja laatu sekä vanhan rakenteen kantavuus tunnetaan. Laskennassa kantavan kerroksen paksuus on 150 mm ja moduuli 200 tai 280 MN/m².

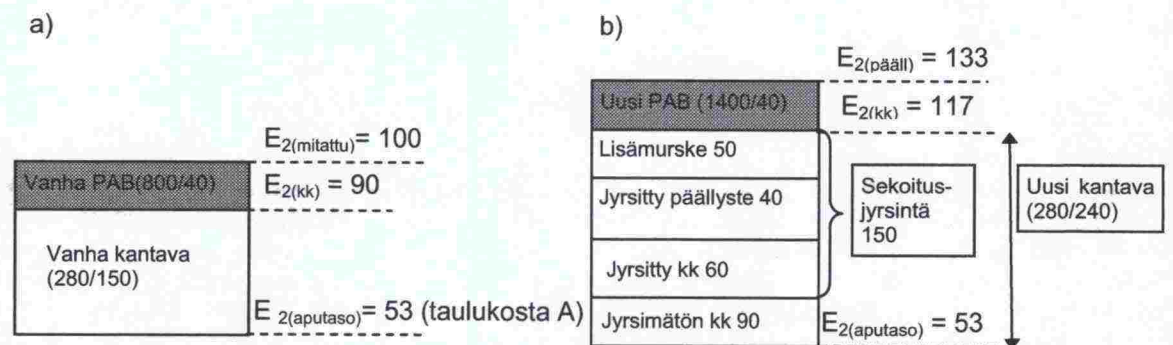
Lisättävän murskekerroksen päältä saatava kantavuus lasketaan lähtien aputason kantavuudesta ja käyttäen päällä oleville kerroksille vanhan kantavan kerroksen yläosan moduulia sekä kerrospaksuutta, joka on 150 mm + vanhan päälysteen paksuus (jos se jyrsitään sitomattoman kivaineen joukkoon eikä poisteta) + uuden murskekerroksen paksuus. Sitomattomien kerrosten päältä lasketusta kantavuudesta lasketaan edelleen uuden päälysteen päältä saatava kantavuus käyttäen uuden päälysteen paksuutta ja moduulia.

Tapaus 2: Sekoitusjyrsintä + 50 mm:n sepelilisäys, jotka parantavat huonolaatuisen (200 MPa) kantavan kerroksen yläosan moduulia 40 %. Lasketaan kuten tapaus 1, mutta sekoitusjyrsinty kerroksen moduuliksi valitaan 280 MPa.

Esimerkki sekoitusjyrsinnän mitoituksesta (tapaus 1):

- a) Vanha rakenne ennen sekoitusjyrsintää b) Uusi rakenne sekoitusjyrsinnän, murskeen lisäyksen ja uuden päälystyksen jälkeen

Suluissa on esitetty kerroksen moduuli (MN/m²)/kerroksen paksuus (mm).



Tapaus 3: Stabilointi (vanha päällyste sekoitetaan stabilointikerrokseen)**Alustan kantavuuden laskentaperusteet:**

Laskennassa tarvitaan aputaso, joka on 150 mm stabiloinnin alapinnan alapuolella. Aputason kantavuus $E_{2(\text{aputaso})}$ lasketaan iteroimalla lämpötila- ja kevätkantavuuskertoimella korjatusta mittauksuksesta ($E_{2(\text{mitattu})}$) käyttäen päällysteen moduulia ja paksuutta sekä kantavan kerroksen ylimmän 100 mm:n moduulia ja laskennallista paksuutta, joka saadaan lisäämällä stabilointipaksuuden ja päällystepaksuuden erotukseen 150 mm. Stabiloinnin alapinnan kantavuus lasketaan lähtien aputason kantavuudesta ja käyttäen vanhan kantavan kerroksen yläosan moduulia ja 150 mm:n kerrospaksuutta.

Stabiloinnin alapinnan kantavuus saadaan liitteen 2 taulukoista B1...B6, kun tunnetaan stabiloinnin ja vanhan päällysteen paksuus ja laatu sekä korjattu kantavuus vanhan rakenteen päältä.

Stabiloinnin yläpinnan ($E_{2(\text{stab})}$) ja päällysteen ($E_{2(\text{pääll})}$) kantavuudet lasketaan lähtien stabiloinnin alapinnan kantavuudesta stabiloinnin ja päällysteen kerrospaksuuksien ja moduulien mukaan. Stabilointien ja päällysteiden moduulit saadaan ohjeesta Tietoa tiensuunnitteluun 71.

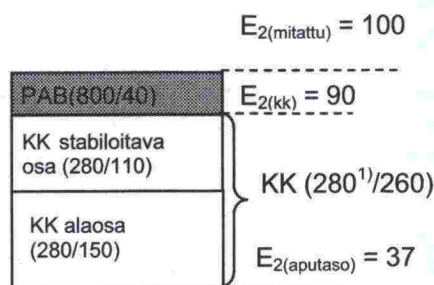
Esimerkki stabiloinnin mitoituksesta:

a) Vanha rakenne ennen stabilointia

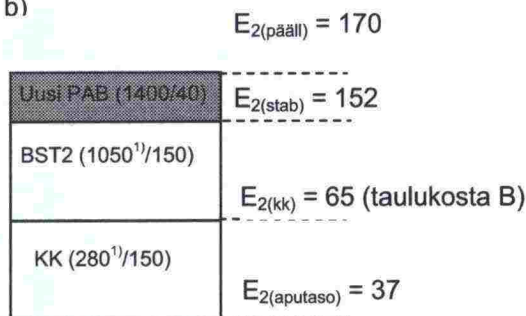
b) Uusi rakenne stabiloinnin ja päällystämisen jälkeen

Suluissa on esitetty kerroksen moduuli (MN/m²)/kerroksen paksuus (mm).

a)



b)



¹) E/E_A - ehdon takia sitomattomalle kantavalle on tässä esimerkissä käytetty moduulia 221 MN/m² ja stabiloinnille moduulia 977 MN/m²

Taulukko 3 c) Massan vaihto

Jos vanhoja rakennekerroksia leikataan yli 300 mm, alustan kantavuus määritetään lähtien pohjamaasta (ei käytetä mitattua kantavuutta). Pohjamaalle käytetään Tierakenteen suunnitteluohjeen mukaisia moduuleja. Vanhojen rakennekerrosten homogeenisen murskeen ja soran moduuli valitaan ohjeen Tietoa tiensuunnitteluun 73 mukaan silloin, kun hienoainespitoisuus on sora- ja murskeella enintään 12 % ja kalliomurskeella enintään 9 %. Kun hienoainespitoisuus on enintään 3 % - yksikköä em. arvoja suurempi, moduuli on 0,7-kertainen. Hienoainespitoisempien tai epähomogeenisten rakennekerrosten ja pengertäytteen moduulit valitaan Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaan.

Taulukko 3d) Uudet sitomattomat kerrokset

Mitoitetaan normaalisti käyttäen uusien kerrosten paksuuksia ja moduuleja.

Taulukko 4. Esimerkkejä erilaisilla parantamistoimenpiteillä aikaansaatavista kantavuuden muutoksista. Kantavuus voi aleta, kun vanha paksu päällyste rikotaan sekoitusjyrsinnällä.

Toimenpide	Vanhan päällysteen moduuli, MPa					
	800 (rikkonainen PAB)		1400 (ehjä PAB tai rikkonainen AB)		2500 (ehjä AB)	
	Vanhan päällysteen paksuus, mm					
	40		40		70	70
	Kevätkantavuus vanhan päällysteen päältä, MPa					
	80	140	80	140	140	140
	Laskennallinen kantavuuden muutos, MPa					
40PAB-V (vanha pääll. rikk.)	14	17	14	17	17	
40PAB-V (vanha pääll. ehjä)			31	39	42	43
40PAB-B (vanha pääll. rikk.)	16	19	16	19	19	
40PAB-B (vanha pääll. ehjä)			34	42	45	45
40AB (vanha pääll. rikk.)	20	25	20	25	25	
40AB (vanha pääll. ehjä)			41	52	55	52
50AB (vanha pääll. rikk.)	30	37	30	37	37	
50AB (vanha pääll. ehjä)			50	67	69	66
150SJYR+40PAB-V	14	14	4	9	-9	-22
150SJYR+50AB	30	34	19	29	9	-5
150SJYR+50SEP+40PAB-V	36	48	14	43	23	7
150SJYR+50M+40PAB-V	25	22	14	18	0	-13
150SJYR+50M+50AB	42	43	29	38	19	6
150SJYR+200M+40PAB-V	73	67	65	63	50	38
150VBST2(1050)+40PAB-V	56	98	38	90	60	38
150MHST2(1200)+40PAB-V	56	108	38	99	67	38
130KOST2(1250)+40PAB-V	55	93	38	85	56	36
180KOST2(1250)+40PAB-V	74	134	53	125	88	59

Toimenpiteen lyhenteen edessä on esitetty sen paksuus (mm).

PAB-V, PAB-B ja AB ovat päällystelajeja, joiden laskennallisina moduuleina (uusi/ehjä vanha/rikkonainen vanha) on käytetty vastaavasti 1400/1400/800, 1650/1400/800 ja 2500/2500/1400 MPa.

SJYR = sekoitusjyrsintä ja sen syvyys vanhassa rakenteessa

SEP = sepeli, joka sekoitetaan vanhaan kantavaan kerrokseen siten, että alkuperäinen moduuli nousee 200 MPa:sta 280 MPa:iin.

M = murske (280 MPa), joka levitetään sekoitusjyrsityn kerroksen päälle.

VBST, MHST ja KOST ovat vaahtobitumi-, masuunihiekka- ja komposiittistabilointi. Stabilointilajin perässä on esitetty sen laatuluokka (1 tai 2) ja sulkeissa moduuli.

Vanhan sitomattoman kantavan kerroksen moduulin on oletettu olevan 200 MPa.

Taulukosta nähdään, että 50 mm AB:tä parantaa kantavuutta 15...20 MPa enemmän kuin 40 mm PAB-V:tä.

6.1.1.3 Kuormituskestävyyden parantamismenetelmät

Kun tiellä on kohdan 5 mukaisesti tutkimusten avulla selvitetty heikon kuormituskestävyyden syy, valitaan toimenpiteet taulukon 5 mukaisesti. Jos päällyste halkeilee melko tasaisesti koko leveydeltä ja halkeilua edeltää päällysteen pinnan purkautuminen, eikä vaurioitumisen syy ole tutkimuksin selvinnyt, voi vaurioituminen johtua päällysteen heikosta laadusta. Tällöin riittää toimenpiteeksi uudelleenpäällystys.

Taulukko 5. Kuormituskestävyyden parantamismenetelmän valinta.

Vahvistamistarpeen syy	Parantamismenetelmä
Liian ohuet kerrokset	murskenosto ¹⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ stabilointi ³⁾
Rakeisuudeltaan heikko (hiekkavaltainen) kantava kerros	murskenosto ¹⁾ sekoitusjyrsintä lisämurskeella ⁴⁾ stabilointi ³⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ teräs- tai lasikuituverkko ¹⁰⁾
Heikkolaatuinen (vettä sitova) kantava kerros [*]	stabilointi ³⁾ sekoitusjyrsintä + sepelin lisäys ⁵⁾
Vanha päällyste tai vanha saviorakerros alle 0,3 m syvyydessä ^{**)} , ei muuta korjaustarvetta	sekoitusjyrsintä ⁶⁾
Liian jyrkät luiskat, heikko reunakantavuus	luiskien loiventaminen ⁸⁾ ojan putkitus ⁹⁾ teräsverkko ¹⁰⁾ tien leventäminen, vaatii erillisen päätöksen, suunnittelu on esitetty kohdassa 7.
Vesipinta ylhäällä sivuojassa	kuivatuksen kunnostaminen kohdan 6.5 mukaisesti murskenosto ¹⁾ lujiteverkko ¹⁰⁾

^{*}) Jos hienoainespitoisuuden rajat korotettuna 1 %-yksiköllä ylittyvät vain kantavan kerroksen ylimmässä 100 mm:ssä, riittää, että stabilointi tai sekoitusjyrsintä ulottuu vain tähän kantavan kerroksen osaan.

Kantavan kerroksen suuri hienoainespitoisuus ei edellytä toimenpiteitä, jos päällyste on kestänyt ehjänä pitkään. Avoin jakava kerros tai kantavan kerroksen mineraalikoostumus on voinut saada aikaan kerroksen nopean kuivumisen tai paksu tiivis päällyste on estänyt kastumisen.

^{**)} Hitaasti vaurioituneilla osuuksilla päällyste on voitu rei'ittää niin, että vesi pääsee sen läpi eikä kerrosta tarvitse enää rikkoa tai poistaa. Sekoitusjyrsintä tehdään niille nopeasti vaurioituneille jaksoille, joilla on yli 50 %:n osuudella pituudesta vanha päällyste alle 0,3:n syvyydellä.

Seuraavassa on esitetty taulukon 5 mukaisten parantamisvaihtoehtojen suunnittelussa ja mitoittamisessa huomioon otettavia kysymyksiä.

1) Murskenostot

Kun murskenosto toteutetaan alle 0,4 m paksuisena, pitää nykyinen päällyste poistaa tai rikkoa (tästä seuraava kantavuuden alenema on laskettava, jos tehdään mitoitus) koska rakenteeseen ei saa jäädä vettä läpäisemätöntä kerrosta tai painaumia, joihin vesi kerääntyy. Tasauksen notkokohdissa päällyste rikotaan tai poistetaan aina.

Jos alle jää päällysteen poistamisen jälkeen heikkolaatuinen kantava kerros, pitää murskekorotuksen olla vähintään 200 mm.

Murskenosto voidaan tehdä vain, mikäli tiealue on riittävä niin, että voidaan rakentaa tarpeeksi loivat luiskat. Luiskakaltevuuksille asetettavat tavoitteet on esitetty kohdassa 6.6. Pakottavassa tapauksessa voidaan hyväksyä 1:2, vähäliikenteisillä teillä 1:1,5, ei kuitenkaan sisäkaarteessa. Jos korotuksen jälkeen luiskan kaltevuuden minimitavoite ei täyty,

- oja putkitetaan tai
- hankitaan lisätiealuetta tai
- madalletaan sivuoja, rakennekerrokset kuivatetaan salaojalla.

2) Sidottujen kerrosten lisäys

Sidotuilla kerroksilla tehtävä kantavuuslisäys on suositeltava toimenpide silloin, kun sidottuja kerroksia (yleensä AB tai ABK+AB) on entuudestaan yli 15 cm tai ohuemmillä päällysteillä, kun poikkileikkauksen muodonmuutokset ovat pieniä.

Hankekohtaisissa vaatimuksissa tulisi vaatia, että ne päällysteen kohdat, joissa 20 m osuudella vaurio-osuus $VO > 60\%$ (yli 60% x-neliön suuruista ruuduista sisältää vähintään yhden automaattisessa vaurioinventoinnissa havaitun vaurion), puretaan ja korvataan uudella massalla (yleensä moduuliltaan samalla kuin päälle tuleva massa on).

Jos tehdään kantavuusmitoitus, alustan kantavuus määritetään kohdan a) mukaisesti ja mitoitus suositellaan tehtäväksi menetelmän B mukaisesti. Muussa tapauksessa mitoitus tehdään menetelmän D mukaisesti. Kantavuusmitoituksella saatu päällysteen lisäpaksuus tarkoittaa uran kohdasta mitattavaa päällystepaksuutta. Päällystepaksuus voi olla poikkileikkauksen muissa kohdissa korkeintaan 20 mm ohuempi, ellei päällystysmenetelmä vaadi paksumpaa.

3) Stabilointi

Stabiloinnin avulla tehtävä kantavuuslisäys on suositeltavaa silloin, kun luiskat ovat jo ennestään jyrkät tai kun ei ole mahdollista nostaa tasausta. Mitoitus tehdään menetelmän B, D tai A mukaisesti.

Mikäli pelkällä stabiloinnilla ei saavuteta tavoitekantavuutta tai stabiloitavan kerroksen rakeisuuskäyrä ei ole stabiloinnille optimi tai alle jäävän rakenteen kantavuus on liian pieni, lisätään mursketta. Stabiloidun kerroksen alustan kantavuuden pitää olla tiivistystyön aikana (kesäkantaavuus) vähintään 90 - 100 MN/m².

A: Odemark tavoite- kantavuuteen
B: Odemark kanta- vuuslisäykselle
C: Analyttinen
D: Vaurioitumisno- peuden muutoksiin perustuva

Eri stabilointimenetelmien soveltuvuutta on kuvattu Stabilointiohjeessa TIEH 2100009 - 02.

4) Sekoitusjyrsintä lisämurskeella, 5) sekoitusjyrsintä + sepelin lisäys, 6) sekoitusjyrsintä

Mitoitustarpeen osalta on ratkaisevaa, miten toimenpiteen oletetaan vaikuttavan. Jos sekoitusjyrsinnällä vain rikotaan vanha vaurioitunut päällyste tai tasataan poikkileikkauksen epätasaisuudet, ei kantavuusmitoitusta tarvita. Jos korjataan kantavan kerroksen materiaalin laatua, mitoitus tehdään joko kohdan A tai B mukaisesti, jolloin alustan kantavuus määritetään kohdan b) mukaisesti tai mitoitus perustuu kohtaan D. Jos toimenpiteen tarkoituksena on pelkästään rikkoa kantavan kerroksen alla oleva vanha päällyste, voidaan mitoitustarkastelu tehdä kohdan D mukaisesti.

<p>A: Odemark tavoite-kantavuuteen B: Odemark kantavuuslisäykselle C: Analyttinen D: Vaurioitumisnopeuden muutoksiin perustuva</p>

Yli 200 mm:n sekoitusjyrsintä on perusteltua, kun

- halutaan rikkoa yli 150 mm:n päällyste.
- murskeen alla on vanha päällyste, jolloin jyrsintä ulottuu sen alapintaan.
- halutaan sekoittaa koko kantava kerros.

Tarpeettomasti tehty paksu sekoitusjyrsintä johtaa huonoon tiiveyteen ja epätasalaatuisiin kerrosmateriaaleihin (kivet, hiekka).

8) Luiskien loiventaminen

Kapean tien reunapainumilla on vaikutusta vaurioitumisnopeuteen, jota voidaan hidastaa luiskien loivenuksella. Ei tehdä kantavuusmitoitusta.

9) Ojan putkitus

Putkitus vaikuttaa kapeilla jyrkkäluiskaisilla teillä vastaavasti reunapainumien syntymiseen ja vaurioitumisnopeuteen kuin luiskien loiventaminen. Putkitetun osuuden pintavesille pitää suunnitella erikseen ojanne. Kauempaa tielinjalta tulevat kuivatusvedet pyritään johtamaan rummulla tien ali ennen putkitettua osuutta. Jos tämä ei ole mahdollista, pitää putki mitoittaa kuivatusohjeiden mukaisesti.

10) Lujiteverkko

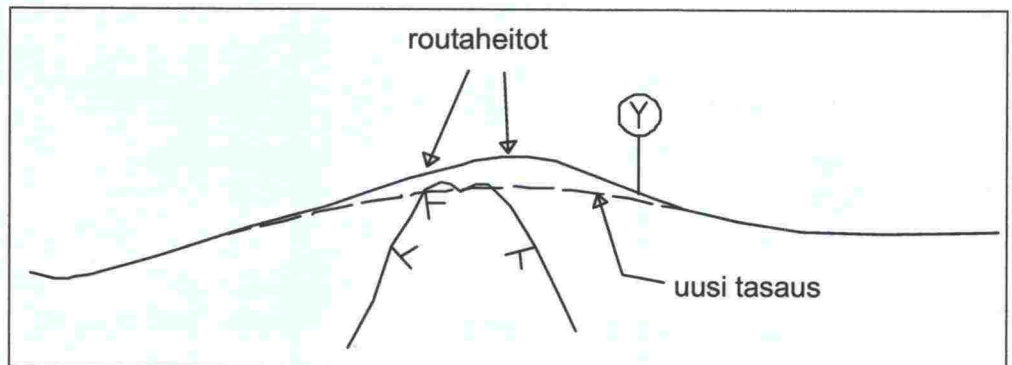
Lujiteverkon vaikutusta kantavuuteen ei voida laskennallisesti määrittää. Verkot ottavat vastaan ja jakavat ulkopuolisesta kuormituksesta aiheutuvia vetojännityksiä. Teräsverkkoja käytetään ensisijaisesti routanousun aiheuttamien pitkien ja leveiden halkeamien korjaamiseen. Mitoitus perustuu silloin menetelmään D. Teräsverkkojen tyypit ja asennus on kuvattu kohdassa 6.1.2.2.

Sekä teräsverkot että lasikuituverkot hidastavat kuormituksesta johtuvaa urautumista. Vaikutukset ovat suurimpia kapeilla jyrkkäluiskaisilla teillä, joiden rakenne on heikko. Verkkojen vaikutus vaurioitumisnopeuteen on arvioitavissa menetelmän D mukaisesti. Lasikuituverkkoja suositellaan käytettäväksi myös paikallisten verkkohalkeamakohtien korjaamiseen, jolloin päällystettä ei tarvitse purkaa. Muoviverkkojen alusta tasataan massalla, päälle tulee vähintään 50 mm:n vahvuinen uusi päällyste. Verkon lujuuden on oltava 5-10 kN/m, venymä 2 %.

6.1.2 Vaurioiden korjaaminen

6.1.2.1 Liikenneteknisten tekijöiden huomioon ottaminen

Vaurioiden korjausmenetelmän valinnassa pyritään tarkastelemaan tietä kokonaisuutena. Kohdassa 3.2 esitetyn mukaisesti rakennetta parannettaessa on mahdollista tehdä pienimuotoisia liikenteellisiä parannuksia. Seuraavassa on esimerkki siitä, miten tien liikenteellisten ja rakenteellisten puutteiden yhtäaikainen tarkastelu antaa perusteen valittavalle toimenpiteelle.



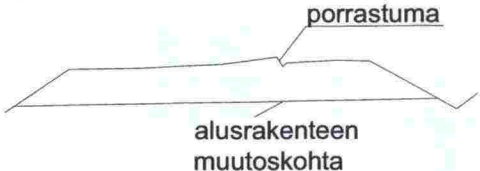
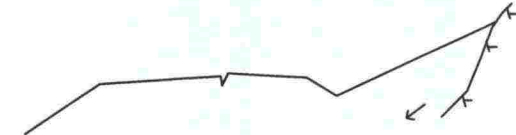

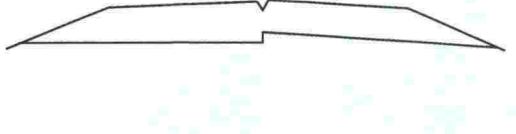
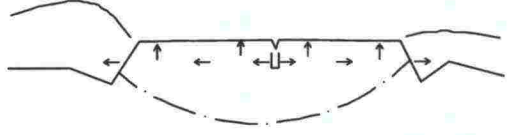
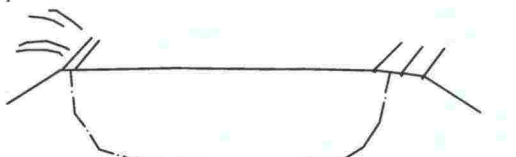
Kuva 2. Kuvassa on esimerkki rakenteellisten ja liikenteellisten näkökohtien yhteistarkastelusta routaheittojen korjaustapaa suunniteltaessa. Routaheittoja on mäen päällä, mäessä olevan liittymän näkemät ovat huonot. Heiton korjaaminen edellyttää kalliopinnan paljastamista ja siirtymäkiilojen rakentamista. Tällöin on järkevää ja taloudellista laskea tasausta, jolloin liittymänäkemä korjaantuu samassa yhteydessä.

Korjaustavan valintaan vaikuttaa myös liikenteen haittojen minimointi. Kiertotiemahdollisuuden puuttuminen voi suoraan rajata toimenpidevaihtoehdon esimerkiksi painumakorjauksissa. Jos massanvaihtojen kohdalla on mahdollista siirtää tietä 6-8 m sivuun, saadaan liikenteen haitat vähemmiksi ja rakenne tehtyä yhtenäisemmäksi.

6.1.2.2 Pituushalkeamien korjaaminen

Tarkastelut koskevat epätasaisen routimisen aiheuttamien pitkien ja leveiden pituushalkeamien korjaamista. Korjattavien pituushalkeamien valinta perustuu kohdassa 2.2.1 esitettyihin perusteluihin. Taulukossa 6 on esitetty pituushalkeamien syntymiseen johtavia syitä.

Taulukko 6. Tyypillisiä routimisen seurauksena syntyviä pituushalkeamia.

<p>a)</p>  <p>porrastuma</p> <p>alusrakenteen muutoskohta</p>	<p>a) ja b)</p> <p>Kevättalvella porrastuvan halkeaman syynä on alusrakenteen muutoskohta tai vanha levennyssauma tai sivulta virtaavan veden aiheuttama epätasainen routiminen.</p>
<p>b)</p> 	<p>c) ja d)</p> <p>Kevättalvella porrastuvan halkeaman syynä on vanhan routivan rakenteen rajakohta. Jos halkeama ei tasoitu yhtään kesällä, syynä on pelkkä jälkitivistymä.</p>
<p>c)</p> 	<p>e)</p> <p>Keskihalkeamien syynä on tien reunan ja keskilinjan suuri routanousuero ja kapeilla jyrkkäluiskaisilla teillä koko tierakenteen leveneminen. Kapealla tiellä keskihalkeamat voivat kasvaa nopeasti. Leveillä teillä keskihalkeamat ovat yleensä haitattomia, koska leveä loivaluiskainen rakenne hidastaa halkeaman levenemistä.</p>
<p>d)</p> 	<p>f)</p> <p>Tien reunaosien halkeamat liittyvät kevyesti parannetuilla teillä huonoon kantavuuteen tai suureen routanousuun tai liian jyrkkiin luiskiin. Eriksien pitää selvittää, onko halkeamissa keväällä porrastumaa.</p>
<p>e)</p> 	<p>f)</p> 

Halkeamat korjataan yleisimmin kantavaan kerrokseen asennettavalla teräsvetkolla. Ne korjaavat myös tyypin a)-d) halkeamia, jos porrastuma ei ole suuri. Vaikka tien leventäminen, luiskien loiventaminen, routanousun pienentäminen (alle 0,5 metrin murskelisäys) ja syväkuivatuksen tehostaminen vähentävätkin halkeamien todennäköisyyttä, niitä ei käytetä halkeamien korjaamiseen. Ne ovat menetelminä liian kalliita ja epävarmoja. Pysyvä korjaus saadaan aikaan kaikissa epätasaisen routimisen aiheuttamissa tapauksissa

uudelleen rakentamalla (kerrosten routamitoitus, alustan homogenisointi) tai routaeristeitä käyttäen.

Korjaaminen teräsverkoilla

Teräsverkko ei poista vaurioitumisen syytä, vaan se estää halkeaman muodostumisen. Jäätynyt raudoitettu tierakenne toimii kuten raudoitettu betoni. Rakenne jäykistyy niin, että routanousuero tasoittuu jonkin verran. Verkolla ei saada korjattua poikkihalkeamia eikä pituussuuntaista aaltoilua.

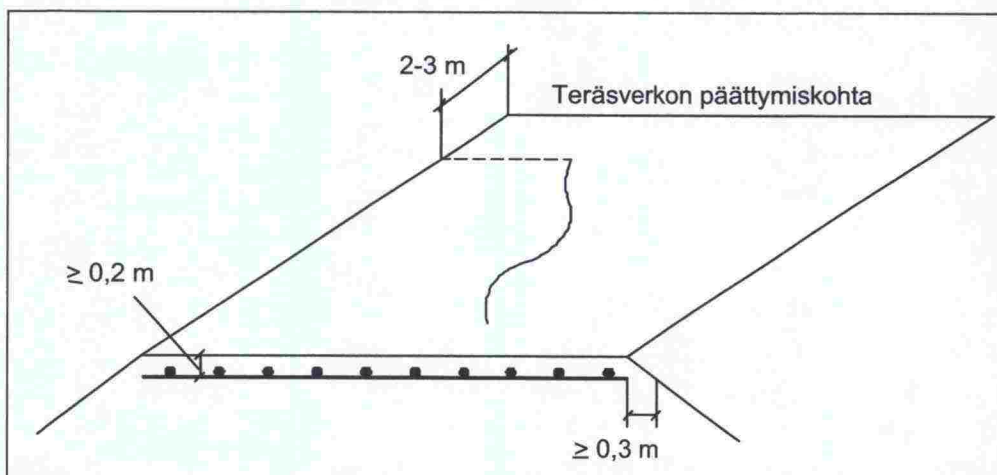
Teräsverkot sijoitetaan

- tien pituussuunnassa vähintään 2-3 m havaitun halkeaman yli.
- syvyysuunnassa vähintään 20 cm:n syvyyteen päällysteen pinnasta, jolloin ne eivät rajoita esim. sekoitusjyrinnän tai remix -päällysteen käyttöä jatkossa.

Tien leveyssuunnassa verkon pituuden vaatimus on

1. loivaluiskaisilla osuuksilla tien leveys + 0,2-0,5 m
2. jyrkkäluiskaisilla suorilla osuuksilla tien leveys
3. jyrkissä, jyrkkäluiskaisissa kaarteissa minimissään päällysteen leveys.

Teräsverkot pitää ulottaa pysäkkien ja muiden levikkeiden kohdalla koko leveydelle, sillä verkon reuna aiheuttaa päällysteeseen halkeaman. Tien leveyden muutoskohdilla verkoille pitää määrittää tarkat mitat.



Kuva 3. Teräsverkon sijoittamisen periaatteet.

Verkot asennetaan niin, että paksumpi teräs tulee tien poikkisuuntaan ja ohuempi lanka (sidelanka) tulee tien pituussuuntaan. Ohuempi lanka jää päälle. Verkoja ei limitetä eikä sidota tien pituussuuntaan ja ne ovat yhtä pituutta tien poikkisuuntaan.

Verkkojen merkintätapaesimerkki:

B500K/F-7/6-100/150, missä

B500K/F on teräslaatu

7 on verkon pituussuuntaisten (tien poikkisuunta) lankojen paksuus (mm)

6 on verkon poikkisuuntaisten (tien pituussuunta) lankojen paksuus (mm)

100 on verkon pituussuuntaisten lankojen väli (mm)

150 on verkon poikkisuuntaisten lankojen väli

Teräslaatu on yleensä sama, verkon lankojen koko ja välit vaihtelevat niin, että leveillä ≥ 10 m teillä käytetään tyyppiä 8/6-150/200, kapeammilla teillä tyyppiä 7/5-150/200 ja kevyen liikenteen väylillä tyyppiä 6/5-100/150.

Verkko voidaan asentaa myös päällysteen sisälle, mikäli päälle tulevan kerroksen vähimmäispaksuus on 6 cm ja mikäli näin säästetään selvästi korjauskustannuksissa (alla paksu > 8 cm päällyste, jota ei tarvitse rikkoa).

Verkkoa ei pidä käyttää, jos tien rungossa on suuria kiviä tai lohkareita, joita routa nostaa ja verkko voi nousta samassa yhteydessä tien pintaan. Sama riski on olemassa, mikäli tiessä on terävä poikkisuuntainen heitto.

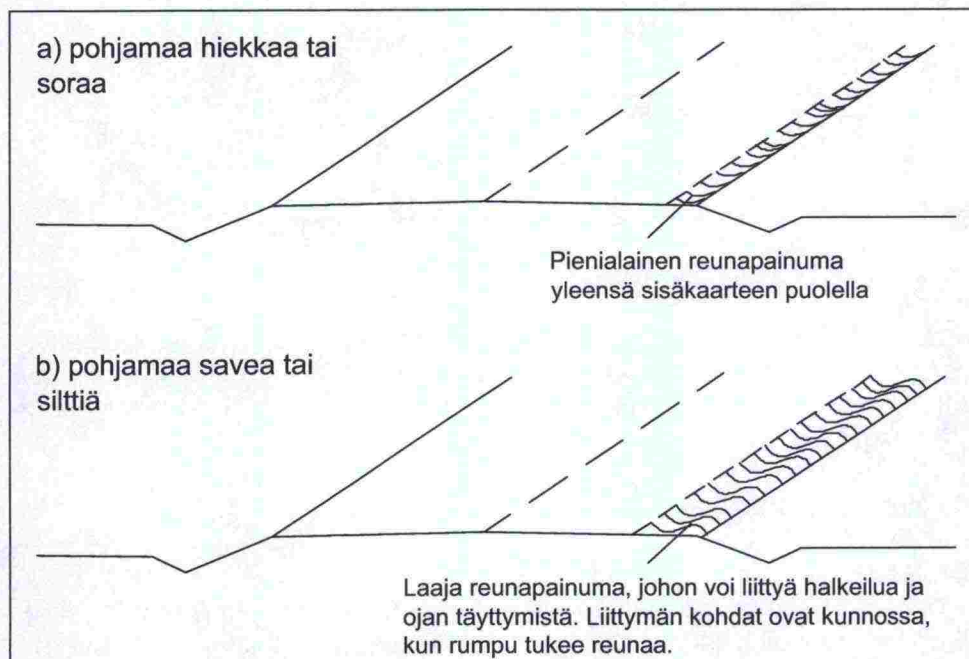
6.1.2.3 Reunapainumien korjaaminen

Reunapainumien korjaamistavan arviointiin ja valintaan vaikuttavat

- pohjamaa
- luiskan kaltevuus
- käytössä oleva tila
- muut vauriot

Helpoimpia tapauksia ovat kangas- tai harjumaastossa sijaitsevien teiden reunapainumakorjaukset. Tällöin pohjamaa on kantavaa ja routimatonta ja ongelma rajautuu yleensä sisäkaarteisiin. Korjaus onnistuu täyttämällä painunut kohta joko sidotulla massalla tai kantavan kerroksen materiaalilla (päällyste poistetaan).

Siltti- ja savipohjiilla painuman vaikutus yltää pahimmissa tapauksissa pohjamaahan asti aiheuttaen pohjamaan syrjäytymistä ajouran kummallekin puolelle. Painuman laajuutta tien leveys suunnassa voidaan arvioida koe-kuoppien tai maatutkaluotausten avulla. Painuman "vakavuutta" arvioidaan mm. sen perusteella, liittyykö painumaan myös päällysteen halkeilua.



Kuva 4. Reunapainumia erityyppisissä maaperäolosuhteissa.

Laajoja reunapainumia korjataan pysyvällä tavalla tekemällä reunaosalle massanvaihto tai tien poikkileikkaus tasataan ja asennetaan teräsverkko. Vaihtoehtoisia lyhyempikestoisia menetelmiä ovat reunaosan täyttö murskeella tai bitumistabilointi + lisämurske. Korjausten kestoikää saadaan kasvatettua, mikäli luiskaa voidaan loiventaa samassa yhteydessä. Lyhyillä osuuksilla voidaan käyttää myös ojan putkitusta tai tasaisilla osuuksilla sivuojan täyttöä karkealla kiviaineksella (erityisesti sorateillä).

6.1.2.4 Epätasaisten poikkihalkeamien korjaaminen

Poikkihalkeamia on useita tyyppejä:

- 1) päällysteen tai sidotun kantavan kerroksen aiheuttamat noin 40 m välein toistuvat
 - a) yli 5 v vanhat, tasaiset myös loppukeväällä
 - b) yli 5 v vanhat, halkeamien vierus on purkautunut
 - c) joinakin vuosina loppukeväällä liikennettä haittaavasti epätasaiset
- 2) routaheittoon tai painumaeroon liittyvät.

Tyyppi 1a ei vaadi korjaustoimenpiteitä. Tyyppi 1b korjataan täyttämällä tai uudelleen päällystämällä. Tyyppi 1c voidaan korjata 5-8 vuodeksi avarrus- saumauksella käyttäen sitkeää sideainetta tai uudelleen päällystyksellä. Pysyvä korjaus edellyttää päällysteen ja mahdollisesti sitomattoman kantavan kerroksen stabilointia.

Routaheittoihin ja painumaeroihin liittyvät poikkihalkeamat korjautuvat ongelmatyyppin mukaisen korjauksen yhteydessä.

6.1.2.5 Epätasaisten kohtien korjaaminen

Painumien ja routaheittojen lisäksi tiellä voi olla muita ajoa haittaavia epätasaisuuksia. Maastoinventoinnin ja tarvittaessa maatulkuotuksen avulla tarkistetaan, onko selittäviä tekijöitä näkyvillä: rumpupaikat, suuret kivet tai lohkat, kerrokset sekoittuneet pohjamaan kanssa, tierunkoon jääneet rakenteet (esim. putkilinja) jne. Rumpukohtien korjaukset on esitetty kohdassa 6.5 Kuivatuksen kunnostaminen.

Tierakenteeseen nousseet kivet

Toimenpidevaihtoehtoja on kaksi:

- A. Kaikkien kivien haraus: kaikki kivet harataan pois siirtymäkiilasyvyydelle saakka ja ongelma poistuu pysyvästi. Haratulla osuudella tiepohja tiivistetään ja rakennetaan uudet kerrokset.
- B. Yksittäisten kivien haraus: Kohoumien kohdalla olevat kivet kaivetaan pois ja syntynyt kuoppa täytetään ympäröivällä pohjamaalla.

Kevyessä rakenteen parantamisessa käytetään tapaa B, vain yhtenäisellä kivisellä osuudella tapaa A.

Poikkileikkauksen deformaatiot (muut kuin reunapainumat ja urat)

Jos poikkileikkauksen deformaatiot johtuvat routimisesta niin, että kerrokset ovat kokonaan sekoittuneet pohjamaan kanssa, saadaan osuus pysyvästi korjattua rakentamalla jaksolle uudet kerrokset. Jos ei ole mahdollista tehdä uusia kerroksia, voidaan tasaisuus palauttaa lyhyeksi aikaa sekoitusjyrskän avulla.

Pituussuuntainen aaltoilu

Tien pituussuunnassa esiintyvä pitkäaaltoinen epätasaisuus voi olla seurausta joko painumisesta tai epätasaisesta routimisesta. Jos ongelma aiotaan korjata pysyvästi (yleensä kalliita toimenpiteitä, esimerkiksi routaeristeet tai yli 0,5 metrin tasaustukset), tarvitaan tarkempia tutkimuksia. Ajettavuutta voidaan parantaa (ei pysyvää vaikutusta) rikkomalla päällyste ja tasaamalla murskeella.

Painuma- ja routakohdat voidaan erottaa toisistaan tekemällä pituusprofiilin määrittäminen (esim. PTM-mittauksella) keväällä ja kesällä.

6.1.3 Päälystetyn tien muuttaminen soratieksi

Päälysteen purkamisesta ja tien muuttamisesta soratieksi päätetään erikseen silloin, kun tien liikennemäärä on pieni ja katsotaan, että tien päälysteen korjaaminen ei ole kannattavaa. Tällaiset kohteet ovat yleensä soraties-
tä kevyesti päälystetyksi tieksi parannettuja.

Parantamisen yhteydessä on tierungon kuivatusta tehostettu ja lisätty murskekerroksia. Tästä syystä tie ei välttämättä saa päälysteen purkamisen jäl-
keen riittävästi kosteutta tien rungosta, jolloin pölyäminen on tien pinnan kui-
vuessa voimakasta. Rakenteen yläosan kosteudenpidätyskykyä on paran-
nettava seuraavin keinoin: Kulutuskerroksen alle tehdään 100 mm paksui-
nen soratien sidekerros. Kulutuskerroksen paksuus on tällöin vähintään 50
mm. Sidekerroksen ja kulutuskerroksen laatuvaatimukset on esitetty julkai-
sussa TYLT Kovat pintaverhoustyöt, sadevesikourut, reunatuet ja sorapinta.
Vaihtoehtoisesti tehdään moreenimurskeesta 100 mm paksuinen kulutusker-
ros, johon lisätään tarpeen mukaan kivituhkaa.

6.2 Soratien parantaminen

6.2.1 Rakenteen vahvistamisen mitoittaminen

Rakenteen vahvistamistarve määritetään kelirikohavaintojen, PPL-mittausten ja keväällä roudan sulamisen aikaan maastossa silmämääräisesti arvioitavan tien pehmenemisen perusteella.

Hyväkuntoiset osuudet

Niillä osuuksilla, jotka eivät keväällä pehmene, otetaan alustan kantavuudeksi se arvo, joka on pienempi: mittausten perusteella määritetty kevätkantavuus tai 90 MN/m^2 .

Lievästi pehmennyt osuus

Lievästi pehmenneillä osuuksilla ajourat jäävät näkyville. Kelirikkoinventoinneissa osuus on luokkaa 3 tai 4 tai sitä ei ole inventoitu. Pehmeneminen voi olla seurausta joko lievästä kantavuuspuutteesta tai liian hienosta tai liikaa kosteutta sitovasta kulutuskerroksesta (pintakelirikko). Alustan kantavuudeksi otetaan se arvo, joka on pienempi: mittausten perusteella määritetty kevätkantavuus tai 80 MN/m^2 .

Pehmennyt osuus

Ajourat painuvat syväälle ja pohjamaa voi nousta ajourien välistä ja tien reunoilta. Lisäksi on mahdollista, että tien poikkileikkaus on levinnyt ja ojat tukkeutuneet, tien pinta voi olla ympäröivää maanpintaa alempana. Kelirikkoinventoinneissa osuus on luokkaa 2. Alustan kantavuudeksi otetaan se arvo, joka on pienempi: mittausten perusteella määritetty kevätkantavuus tai 60 MN/m^2 .

Kokonaan kantavuutensa menettänyt osuus

Tien kerrosrakenteet ovat sekoittuneet pohjamaan kanssa ja tie on pehmennyt miltei ajokelvottomaksi. Kelirikkoinventoinneissa osuus on luokkaa 1. Alustan kantavuudeksi otetaan se arvo, joka on pienempi: mittausten perusteella määritetty kevätkantavuus tai 30 MN/m^2 .

Mitoitus suositellaan tehtäväksi menetelmän A mukaisesti tavoitekantavuuteen. Alustan kantavuus määritetään edellä kuvatun mukaisesti. Rakenteen vahvistaminen tehdään yleensä murskeella, jolloin tie samalla levenee ja reunaosille pitää tehdä kohdassa 7.5.3 esitetyt rakenteet. Murskeen alle tulee suodatinkangas, kun alla oleva kerros on routiva.

Jos tiessä on runsaasti savisilmäkkeitä tai pohjamaa pursuaa ajourien välistä, suositellaan alustan homogenisointia ennen uusien kerrosten levittämistä. Homogenisointi onnistuu varmimmin matalalla massanvaihdolla. Alustan kantavuus on tällöin pohjamaan olosuhdeluokan mukainen. Massanvaihdossa poistettu kerros (20-40 cm) korvataan joko hiekalla tai murskeella sovittujen tien pituussuunnassa muuhun rakenteeseen. Jos kohteella on paksu kerros hienorakeista mursketta, voidaan homogenisointi toteuttaa myös tekemällä sekoitusjyrsintä niin, että vanhaan kerrosrakenteeseen sekoitetaan karkeaa mursketta (katkaistu käyrä).

6.2.2 Parantaminen soratienä

Jos soratien liikenteellinen merkitys on suuri, sille tehdään kokonaisuudessaan rakenteen parantamista, ei pelkkiä kelirikkohtien korjauksia.

Kun tie jää parantamisen jälkeen sorapintaiseksi, ei routimisen rajoittamiselle aseteta erikseen vaatimuksia. Kohdan 2.2.1 mukaiset pahimmat heitot korjataan. Siirtymäkiilan pituudeksi riittää 10 m, mikäli tietä ei aiota myöhemmin päällystää.

Tavoitekantavuus määritetään Tierakenteen suunnittelu -ohjeessa kohdassa 3.6 esitetyn tien luonteen määrittelyn mukaisesti. Rakenteen vahvistaminen tehdään yleisimmin murskekerroksella niillä osuuksilla, joissa tie on pehmennyt tai kokonaan ajokelvoton tai joissa mitattu kantavuus on alle tavoitteen ja on selkeästi havaittavissa tien levenemistä tai ojien täyttymistä.

Jos soratie on kuivunut ja purkautunut herkästi ennen parantamista, pitää rakenteen yläosan kosteuden sitomista tehostaa kohdassa 6.1.3 esitetyn mukaisesti.

6.2.3 Parantaminen päällystetyksi tieksi

Kun soratie parannetaan päällystetyksi tieksi, pitää kantavuusmitoituksen lisäksi huolehtia, että

- käytetyillä kerrosrakenteilla saadaan katkaistua kosteuden kapillaarinen nousu kantavaan kerrokseen. Varmimmin tämä onnistuu käyttämällä bitumistabilointia ottaen huomioon, että stabiloidun kerroksen alustan kantavuuden (työn aikainen kantavuus) pitää olla vähintään 90-100 MN/m². Alustan kantavuutta voidaan parantaa lisäämällä murskekerros ennen stabilointia.
- ehjän kallion päälle tulevien kerrosten minimipaksuus on 30 cm. Jos kallion kohdalla on havaittavissa epätasaista routimista, pitää kallio-pinta paljastaa ja tehdä irtilouhinnat tai poistaa kalliota niin, ettei jää vettä kerääviä painanteita.
- kaikille routivan pohjamaan (kelpoisuusluokka S3 ja H3 ja sitä routivammat) päätierummuille rakennetaan siirtymäkiilat. Tällöin pitää varautua myös uusimaan rummut (paitsi muovirummut), sillä ne eivät säily ehjinä kiilauksia kaivettaessa. Rummut ovat yleensä myös liian lyhyitä, kun tie levenee parantamisen yhteydessä (tien pinta levenee, luiska loivenee).
- routaheitot ja muut epätasaisesta routimisesta aiheutuvat epätasaisuudet kartoitetaan mielellään 3 keväänä ennen parantamista. Heittojen sijaintia voidaan lisäksi selvittää haastattelemalla tien kunnossapitäjää tai paikallista liikennöitsijää.
- hyväkuntoisillakin osuuksilla poistetaan routiva kulutuskerros ja rakennetaan uusi kantava kerros uusien teiden vaatimusten mukaisesti.

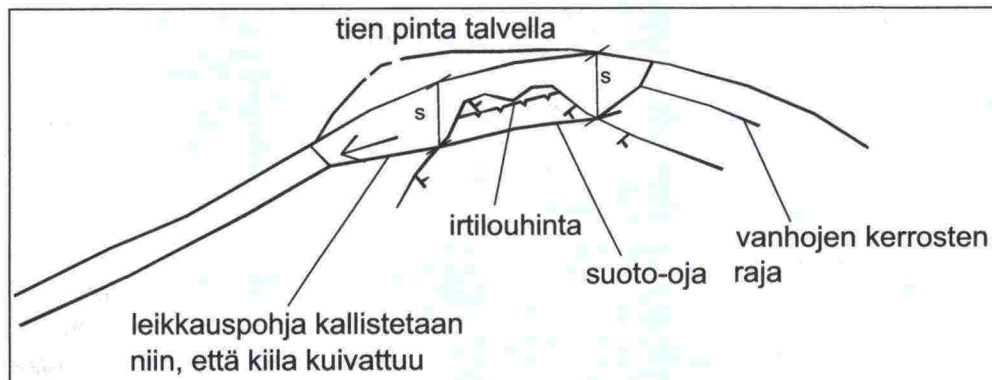
6.3 Routaheittojen korjaaminen

6.3.1 Menetelmät ja mitoitus

Routaheittojen korjaamistapaan vaikuttaa heiton syy. Pysyvällä tavalla korjaukset tehdään rakentamalla siirtymäkiilat routivan pohjamaan ja kallion tai routivan ja routimattoman pohjamaan rajaan. Kiilojen mitoituksessa noudatetaan Tierakenteen suunnitteluohjetta. Routaheittoja saadaan jossain määrin tasoitettua yli 0,5 metrin taseausnostolla.

Vähäliikenteisillä teillä ($KVL < 600 - 800$) voidaan siirtymäkiilasyvyvyyttä (s) pienentää Tierakenteen suunnittelu -ohjeen antamasta arvosta 0,3 m verran.

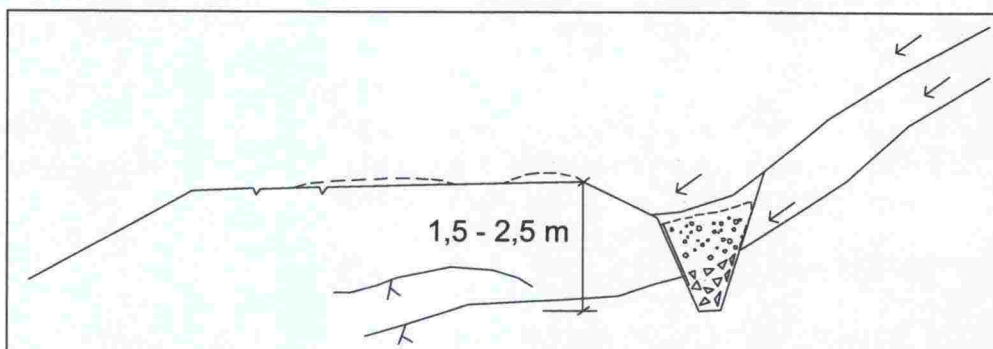
Kiilauksia tehtäessä kalliopintaa paljastetaan ohi heittokohdan ja varmistetaan tarvittaessa louhimalla, ettei tien alla olevaan kallioon jää painanteita, joissa pelkkä vesikin ilman routivaa pohjamaata saa jäätyessään aikaan routanousua. Kallio on rikottava myös tien sivusta, jos se ohjaa sivuoijien vesiä tierakenteeseen. Kiilojen päät tulee kuivattaa huolellisesti. Jos pituuskaltevuus antaa myöden, voidaan kiila kallistaa kokonaan kallioista pois päin viettäväksi.



Kuva 5. Routaheiton korjaus siirtymäkiiloilla.

Kun kalliopinta vaihtelee pienipiirteisesti tai pohjamaaolosuhteet ovat muuten vaihtelevia ja jaksolla on useita heittoja, on routaeristeen käyttö varmin korjausratkaisu. Eristeen käyttö vähentää kaivutöitä. Eristeen asentamisessa on otettava huomioon kohdassa 6.4.1.2 esitetyt tien pinnan liukkausriskin edellyttämät rajoitukset.

Sivukaltevissa maastonkohdissa syväsalaojien käyttö voi poistaa heiton, kuva 6, kun saadaan katkaistua veden virtaus tierakenteen alle. Korjauksen onnistuminen edellyttää tarkkaa vesien kulun ja pohjaolosuhteiden selvittämistä ja hyvää vesien purkumahdollisuutta salaojasta. Etuna on, ettei tierakennettä tarvitse kaivaa. Kuivatuksen tehostaminen voi parantaa myös vanhojen siirtymäkiilojen toimintaa.



Kuva 6. Routaheiton korjaus syväsalaojan avulla. Tien sivuun louhitaan tai kaivetaan veden virtauksen katkaiseva sala- tai suoto-oja. Sorat tai sepelitäyttö ympäröidään suodatinkankaalla.

6.4 Painuman korjaus

Tässä tarkastellaan painuneen tiepenkereen korottamista joko ennalleen taikka alkuperäistä alempaan tasoon. Suurempi korotus käsitellään tiepenkereen leventämisen yhteydessä, koska tällöin joudutaan yleensä tarkastelemaan myös perustamistoimenpiteiden leventämisen tarvetta.

6.4.1 Maanvaraisen ilman pohjanvahvistuksia tehdyn penkereen painumakorjaukset

6.4.1.1 Vakavuus- ja painumatarkastelut

Tiepenkereen vakavuus on painumakorjauksenkin jälkeen useimmiten riittävä, mutta se pitää tarkistaa varsinkin silloin, kun on epäiltävissä, että tien alkuperäinenkin vakavuus on ollut liian huono taikka olosuhteissa on tapahtunut vakavuutta heikentäneitä muutoksia.

Nykyisen maanvaraisen tien tasausta korjattaessa painumamitoituksen määrittävä kriteeri on useimmiten tien pituuskaltevuuden sallittu muutos. Nykyisen tien tapahtuneista painumista voidaan usein varsin hyvin päätellä, mille kohdille pahimmat painumaepätasaisuudet sijoittuvat.

Painumat lasketaan ohjeiden Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet TIEH 2100002-01 ja Geotekniset laskelmat TIEH 21800018-03 mukaan. Maanvaraisen tien korottamisessa huomioonotettavia erityispiirteitä ovat seuraavat:

- Nykyisen tien alla vallitsevan konsolidaatiotilan määrittäminen (ovatko penkereestä aiheutuvat painumat vielä kesken) on tehtävä riittäväällä tarkkuudella.
- Nykyisen tien rakentamis- ja painumahistorian selvittäminen on tärkeää painumalaskelmien varmistamiseksi.

Koska painumanopeuslaskelmissa on aina epätarkkuutta, on tehtävä herkkyystarkasteluja erilaisilla painumanopeusparametreilla.

6.4.1.2 Käytettävät toimenpiteet

Täyttäminen ilman perustamistoimenpiteitä

Jos painuminen on pysähtynyt tai pysähtymässä ja pituus- tai poikittaiskaltevuuden muutokset tehtävien korotusten jälkeenkin pysyvät sallituissa rajoissa tai ei ole taloudellisesti perusteltua tehdä rankempia toimenpiteitä, voidaan painumakorjaus tehdä täyttämällä joko käyttäen mursketta tai sidottuja massoja.

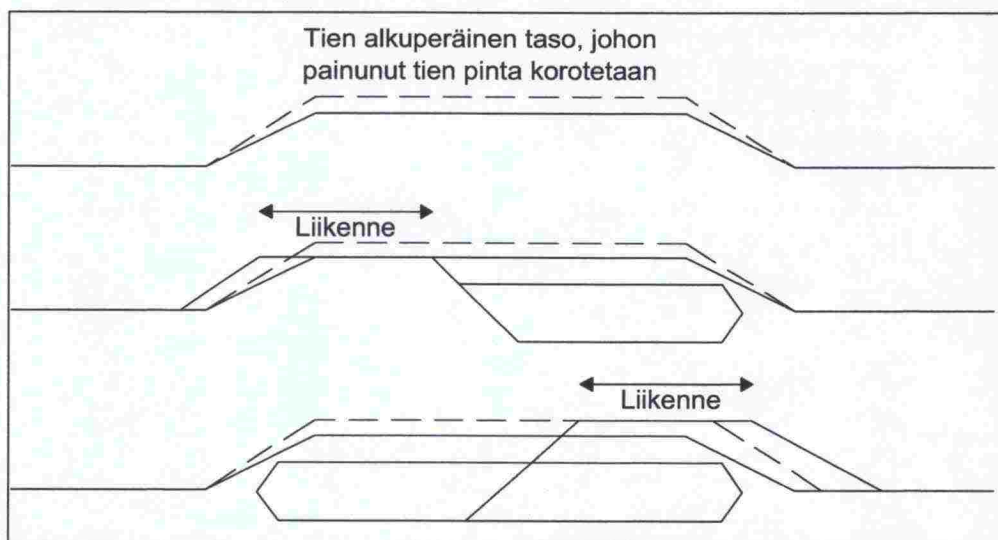
Kun korjaus tehdään murskeella, pitää vanha päällyste poistaa tai rikkoa kokonaiskorotuksen ollessa alle 0,5 m.

Kun korjaus tehdään sidotuilla massoilla, pitää käyttää deformaatiota hyvin kestävää massaa.

Täyttäminen perustamistoimenpiteitä käyttäen

Jos painuminen jatkuu niin nopeana, että pituus- tai poikittaiskaltevuuden muutokset muodostuisivat liian suuriksi, taikka muut painumaraja-arvot ylityisivät, tarvitaan perustamistoimenpiteitä painumien pitämiseksi sallituissa rajoissa.

Tavallisin toimenpide painumien pienentämiseksi on pengerkevennys. Kevennys mitoitetaan siten, että se riittävästi pienentää pituus- ja/tai poikittais-suuntaisia kaltevuudenmuutoksia. Myös penkereen vakavuus tarkistetaan, jos penkereen korotus heikentää vakavuutta nykytilaan verrattuna, tietä levennettäessä pohjasuhteet muuttuvat tien leveys suunnassa taikka on syytä epäillä, että nykyisen tien vakavuus ei ole vaatimusten mukainen. Kevennyksen kaivuvaiheen vakavuus on tarkistettava, sillä se on esimerkiksi levennämistapauksissa taikka pengerkorotuksen vaiheittaisessa toteutuksessa usein pysyvää vakavuutta huonompi.



Kuva 7. Tien korottaminen puoli tietä kerrallaan pengerkevennystä käyttäen. Huomaa liikenteellä olevan osan kapeus luiskien vaikutuksesta ja tässä tapauksessa tilapäinen levennys pientareidenkin ulkopuolelle. Varsinkin kevennyksen toisessa vaiheessa työnaikaiset vakavuudet voivat olla kriittisiä.

Kevennyksen rakentaminen liikenteellä olevaan tiehen edellyttää liikenteen katkaisemista ainakin kaista kerrallaan (ks. kuva 7), joskin varsin lyhyeksi ajaksi, tai kiertotien tekemistä.

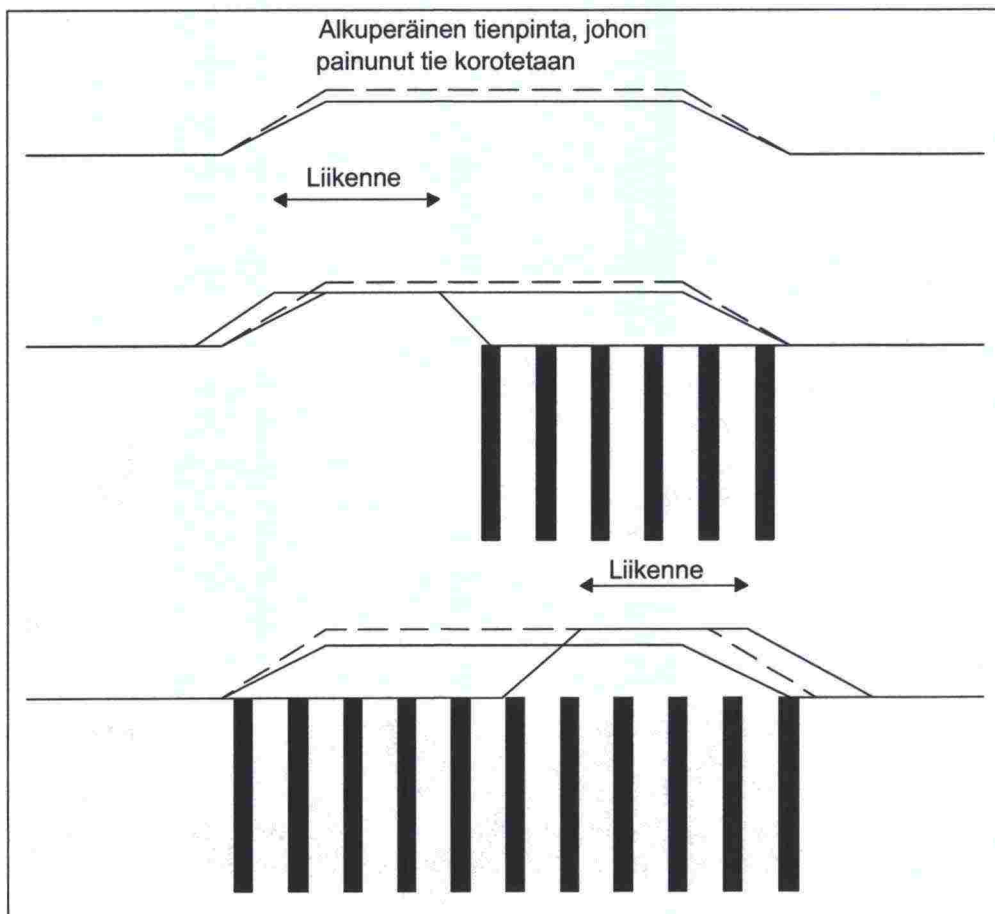
Kevennyksellä ei aina saavuteta painumamitoituksen tavoitteita, varsinkin jos kuivakuorikerros on niin ohut, ettei riittävän paksun kevennyksen onnistuneesti tekeminen ole mahdollista. Kuivakuorikerroksen puhkaisemisesta ja kevennyksen ulottamisesta pehmeään saveen on yleensä enemmän haittaa kuin hyötyä.

Koska kevennys toimii eristeenä, pitää kevennyksen päälle tulevalle päällysrakenteelle käyttää rakenteen suunnitteluohjeen mukaista minimipaksuutta, jotta tien pinnan liukkaudelta vältyttäisiin. Ohjeesta voidaan poiketa perustellusti tilaajan luvalla esimerkiksi silloin, kun suurempi päällysrakennepaksuus johtaisi siihen, että kevennyksen sijasta jouduttaisiin järeämpään ja huomattavasti suuremman liikennehaitan aiheuttavaan ratkaisuun. Ohjeesta poikkeamisen ehtoja ovat:

- alueella on voimassa riittävän alhainen ja olosuhteisiin sopiva nopeusrajoitus ja
- kohde ei sijaitse notkokohdassa joka on joko kaarteessa tai tunnetusti sumuinen, alava kohta ja
- kohde ei ole järven- tai merenrantaa lähellä.

Tiepengeriä voidaan usein korottaa **syvästabilointia** käyttäen. Pengerkevennykseen verrattuna syvästabiloinnilla on seuraavia etuja ja haittoja:

- Varmempi lopputulos (yleensä käytännöllisesti katsoen painumaton tiepenger).
- Huomattavasti parempi korjattavuus verrattuna hyvinkin lievästi alimitoitettuun pengerkevennykseen.
- Ratkaisu vähemmän herkkä esimerkiksi pohjaveden alenemisen aliarvioinnille.
- Rakennuskustannukset huomattavan riippuvaiset pehmeikkösyvyydestä (matalilla pehmeiköillä usein kevennystä huokeampi, syvillä pehmeiköillä kalliimpi).
- Useimmiten enemmän kaivutöitä, koska tiepenger on yleensä kokonaisuudessaan kaivettava pois, jotta syvästabilointipilarit voidaan tehdä.
- Jonkin verran pidempi rakennusaika ja suurempi haitta liikenteelle.
-



Kuva 8. Tiepenkereen korottaminen puoli tietä kerrallaan syvästabilointia käyttäen.

Muut perustamistoimenpiteet maanvaraisen penkereen pienehkössä korotamisessa ovat harvinaisia.

6.4.2 Pohjanvahvistuksia käyttäen perustetun taikka kevennetyn tien painumakorjaukset

Kun nykyinen tie on perustettu syvästabilointia käyttäen, penkereen korotus yleensä kompensoidaan kevennyksellä. Joskus voi pilarien lisälujittuminen tehdä kevennyksen tarpeettomaksi. Syvästabiloinnissa vinot pilarit ovat varsin harvinaisia ja pilarien kaltevuus on näissäkin tapauksissa pieni, joten vinot pilarit harvoin aiheuttavat ongelmia penkereen leventyessä.

Kun nykyinen tie on perustettu käyttäen massanvaihtoa kaivamalla, tien korottaminen ei yleensä vaadi lisätoimenpiteitä. Jos massanvaihto ei ulotu kantaviin maakerrokseen asti vaan kysymyksessä on ns. osittainen massanvaihto, tien korottamisen vaikutus vakavuuteen ja painumiin on selvitettävä tarkemmin. Sitä varten on tutkittava massanvaihdon toteutunut syvyys ja massanvaihdon alle jätettyjen maakerrosten lujuus- ja painumaominaisuudet.

Kun nykyinen tie on perustettu pohjaantäyttöä käyttäen, tien korotus ei yleensä aiheuta pohjanvahvistustarvetta. Jos pohjaantäyttö ei ulotu luotettavasti kantaviin kerrokseen asti, korotus voi aiheuttaa lisäpainumia, jotka kuitenkin useimmiten tapahtuvat nopeasti.

Pystyöjitusta käyttäen perustetun penkereen korottaminen on mahdollista pengerkevennystä käyttäen. Pengerkevennyksen mahdollisesta pienestäkin alimitoituksesta (esimerkiksi pohjaveden alenemisen aliarvioimisesta) aiheutuvat painumat ovat nopeita ja erityisen haitallisia ja hankalasti korjattavia. Syvästabilointipilarien tekemisestä pystyöjakenttään on varsin vähän kokemuksia, mutta haitallisia epäonnistumisia ei ole tapahtunut. Ko. työhön liittyy kuitenkin sideainesuuttimien tukkeutumiseriski.

Kevennettyä pengertä voidaan korottaa:

- Samalla kevennysmateriaalilla, jos vakavuus tämän sallii ja tapahtuva lisäpainuma voidaan hyväksyä
- Vaihtamalla kevennysmateriaali vielä kevyempään (esimerkiksi kevytsora tai sen yläosa EPS-keventeeksi)
- Ohentamalla päällysrakennetta erikoisratkaisuin (ratkaisuna esimerkiksi nykyisen päällysrakenteen purkaminen, kevytsorakerroksen paksuntaminen, kevytsorabetoni ja hyvin ohut päällysrakenne)

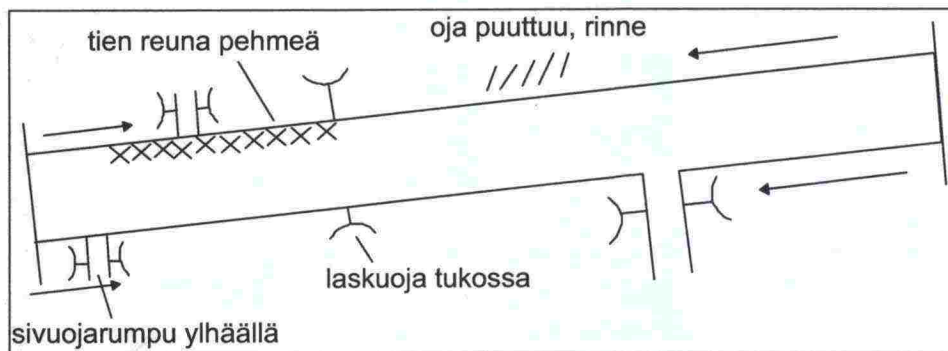
Kevennyksen päälle tulevan kerrospaksuuden osalta noudatetaan kohdassa 6.4.1.2 esitettyjä ohjeita.

6.5 Kuivatuksen kunnostaminen

6.5.1 Lähtötilanteen inventointi

Kuivatuksen kunnostamisen suunnittelussa on oleellista koko kuivatusketjun huolellinen läpikäynti maastossa. Inventointi tehdään kaikkien parantamishankkeiden lähtötiedoksi, mutta se voidaan tilata myös erillisenä esimerkiksi alueurakan lähtötiedoksi. Maastossa tarkistetaan seuraavat kohdat ja kirjataan mahdolliset puutteet ja toimenpidetarpeet:

- pintavesien pääsy sivuojaan: onko tiellä riittävä sivukaltevuus, mahdolliset esteinä olevat reunapalteet tai painumat
- sivuojavesien kulku vedenjakajalta rummulle: mahdollisia esteitä ovat kivet tai kallio ojan pohjalla, sivuojarumpujen huono kunto tai puuttuminen tai sivuojarumpu on liian ylhäällä tai päätierumpu on tukossa tai rikki
- syväkuivatuksen tehostamistarve: puuttuuko oja eikä ole tilaa kaivaa avo-ojaa tai onko sivukaltevassa maastonkohdassa epätasaista routimista tai rinteiden puoleisella osalla tietä urautumista
- ojan putkitustarve: ovatko luiskat jyrkät, onko tien reunakantavuus heikko
- uusien päätierumpujen tarve



Kuva 9. Esimerkki kuivatuspuutteiden kirjaamisesta maastossa.

Rumpujen osalta tarkistetaan

- onko poikkileikkausmuoto säilynyt
- ovatko rummun päät nousseet
- jatkamistarpeet ja -mahdollisuudet
- onko rumpu ehjä, onko irtonaisia renkaita
- onko rumpupaikalla epätasaista routimista
- onko rumpukohta pysyvästi muuta tietä alempana.

Isojen rumpujen kohdalla arvioidaan ohjeen Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien ehkäisy, TIEH 2100014-02 mukaisesti, tarvitaanko kaiteita tai pitääkö nykyisiä kaiteita jatkaa.

Laskuojien perkaustarve selvitetään aina. Jos toimenpiteitä tarvitaan, hankitaan laskuoja-alueen maanomistajatiedot, sillä perkaustyö on mahdollista toteuttaa vain hankkimalla maanomistajien suostumukset. Jos laskuoja on tasisessa maastossa, tehdään mittauksia vieton ja perkaustarpeen suunnittelua varten. Mikäli tarvitaan uusia ojia tai nykyistä ojaa pitää merkittävästi syventää, pitää käynnistää ojitustoimitus.

6.5.2 Kuivatuksen ja rakenteen kunnan välinen yhteys

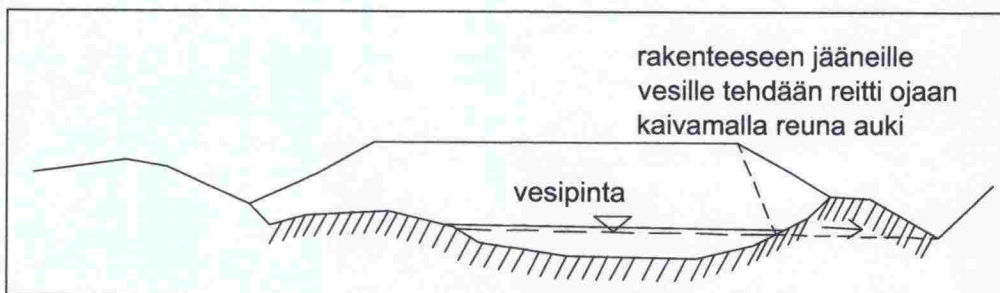
Tierakenteet ja kuivatus muodostavat rakenteen toiminnan kannalta kokonaisuuden. On tärkeää tunnistaa, onko rakenteen huono kunto seurausta huonosta kuivatuksesta vai johtuuko esimerkiksi ojien täytyminen heikosta rakenteesta.

Esimerkkejä:

- 1) Ojat eivät pysy kauaa auki, vaan reunat sortuvat ja tie leviää ojiin. Ongelma on tyypillinen vähäliikenteisillä teillä siltti- ja savipohjilla, kun tie on kapea ja luiskat ovat jyrkät. Pohjamaa on usein noussut tien reunaosilla lähelle tien pintaa ja reunakantavuus on heikko. Koko tien kantavuus voi olla heikko, jolloin tarvitaan kohdan 6.2.1 mukaisesti vahvistustoimenpiteitä koko tien leveydelle.

Ojien pysyvyyteen auttaa, jos luiskaa voidaan loiventaa. Tien tarvittava leveys on syytä tarkistaa, koska etenkin sorateillä vuosien kuluessa tapahtunut leventyminen voi olla huomattavaa. Jos tietä voidaan ojituksen yhteydessä kaventaa, saadaan pehmeä luiska poistettua ja luiskaa loivennettua ilman lisäalueen hankintaa. Jos tietä ei ole mahdollista kaventaa, pitää reunaosaa vahvistaa osittaisella massanvaihdolla tai oja täyttää karkealla kiviaineksella tai oja voidaan putkittaa.

- 2) Alavilla kohdilla voi savipohjilla olla tien alle muodostunut "kaukalo", josta vesi ei pääse pois ja tien kantavuus on heikko. Asia voidaan tarkistaa tekemällä reunaosille koekuoppia tai tien poikkisuuntainen maatutkaluotaus. Korjauksena tehdään reunaosan auki kaivu ainakin toisella puolella ja täyttö routimattomalla materiaalilla niin, että vesi pääsee poistumaan rakenteesta, kuva 10.



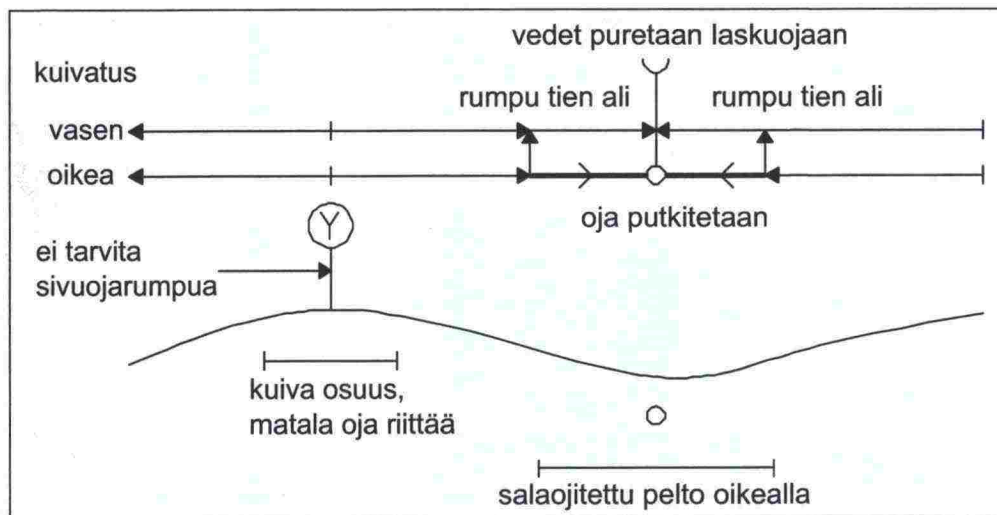
Kuva 10. Esimerkki vesien jäämisestä tierunkoon ja mahdollisesta korjaustavasta.

- 3) Vesipinta on ylhäällä ojissa, ei ole mahdollista saada riittävästi viettoa. Tien kantavuus on heikko, jos vesipinta on pysyvästi lähellä tien tasausta (alle 0,5 m syvyydessä). Koska kuivatustasoa ei saada alemmaksi, saadaan kantavuuden paraneminen aikaan tien tasausta nostamalla tai vahvisteita tai stabilointia käyttämällä. Materiaaliksi kannattaa valita karkea murske (nollapää poistettu). Vahviteen tai stabiloinnin käyttö on edullisinta etenkin turvealueilla, koska suuremmat tasausnostot edellyttävät yleensä reunaosille massanvaihtoa.
- 4) Päällysteen halkeamista voi nousta keväällä vettä. Syynä voi olla vesitiivis kerros kantavan kerroksen alla tai se, että luiskat on täytetty vesitiiviillä materiaalilla tai vesi ei muuten pääse sivuojaan tai pohjamaahan (koh- ta3)). Liian tiivis luiskatäyte korvataan läpäisevämmällä materiaalilla 2 m matkalla 10 m välein tai pientareen alle asennetaan salaoja. Myös pohjamaan kuivattumiseen vaikuttava salaoja voi olla tarpeen.

6.5.3 Ojien kunnostaminen

Ojien kunnostamisen tärkeimpänä kriteerinä on huolehtia kohdassa 6.5.1 esitetyn mukaisesti siitä, että veden kululle ei ole esteitä eikä vesi jää seiso- maan tien vierelle. Ojista poistetaan vesien kulkua estävät tai vesiä padotta- vat kivet ja kalliot. Vettä keräävät painanteet täytetään tiiviillä maalla. Si- vuojarummut kunnostetaan ja lasketaan tarvittaessa alemmaksi.

Sivuojaan pohjan tulisi olla noin 20 cm syvemmällä kuin routimattomien tai lievästi routivien kerrosten alapinta. Vedenjakajapaikoilla riittää pienempikin oja, kun vesi pääsee tien pituussuunnassa alle 50 m päässä olevaan sy- vempään ojaan. Ojasyvyydestä voidaan tinkiä myös läpäisevällä pohjamaal- la sekä siellä, missä ojalla on suuri viettokaltevuus. Syvälläkään avo-ojalla ei voida estää veden kapillaarista nousua routiviin kerroksiin.



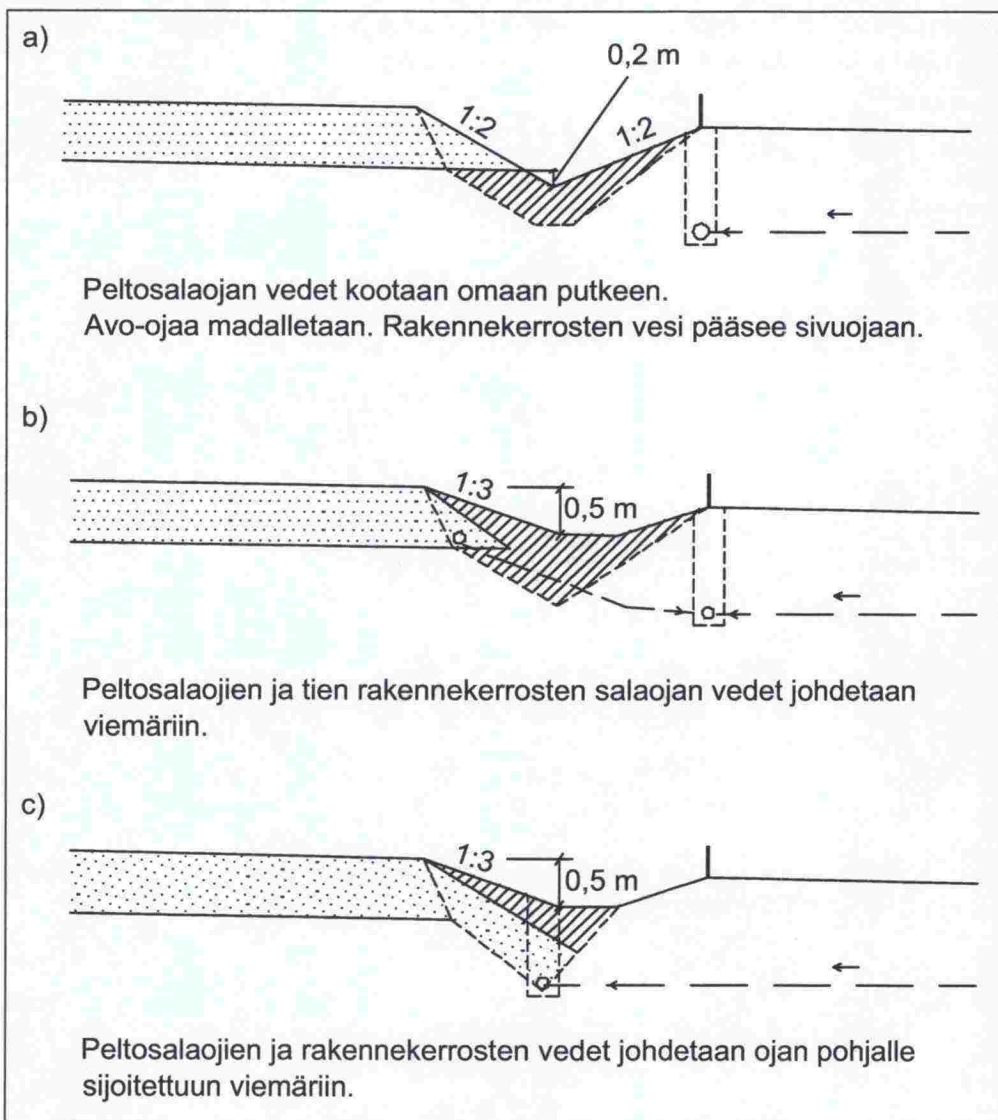
Kuva 11. Kuivatuksen periaatteet erilaisilla jaksoilla.

Rakennekerrokseen päässeelle vedelle on järjestettävä ulospääsytie, kuten kohdan 6.5.2 esimerkeissä 2 ja 4 on esitetty.

Peltosalaojitukset tai muut muutokset kuivatusjärjestelmässä aiheuttavat ojien syventämistarvetta. Yleensä ei kuitenkaan tiealuetta lunasteta samassa yhteydessä lisää, jolloin luiskat jäävät jyrkiksi. Tarpeettoman syvistä ojista on seuraavat haitat:

- turvallisuus heikkenee ulosajotilanteessa
- syvä oja rikkoo savikolla kuivakuoren, mikä nopeuttaa tien painumia ja nostaa ojien pohjia.
- tien reunakantavuus on heikko
- kapeilla teillä keskihalkeamat levenevät syväojoisilla osuuksilla nopeammin kuin routivuodeltaan samanlaisilla matalaojoisilla jaksoilla.

Näistä syistä ojien putkittaminen on parempi vaihtoehto kuin ojan syventäminen. Kuvassa 12 on esitetty erilaisia vaihtoehtoja ratkaista kuivatus salaajitetun pellon kohdalla niin, että ojasyvyyttä ei tarpeettomasti kasvateta.



Kuva 12. Peltosalaojavesien ja rakenteen kuivattamisen vaihtoehtoja, kun halutaan parantaa turvallisuutta. Tien reunakantavuus paranee samalla.

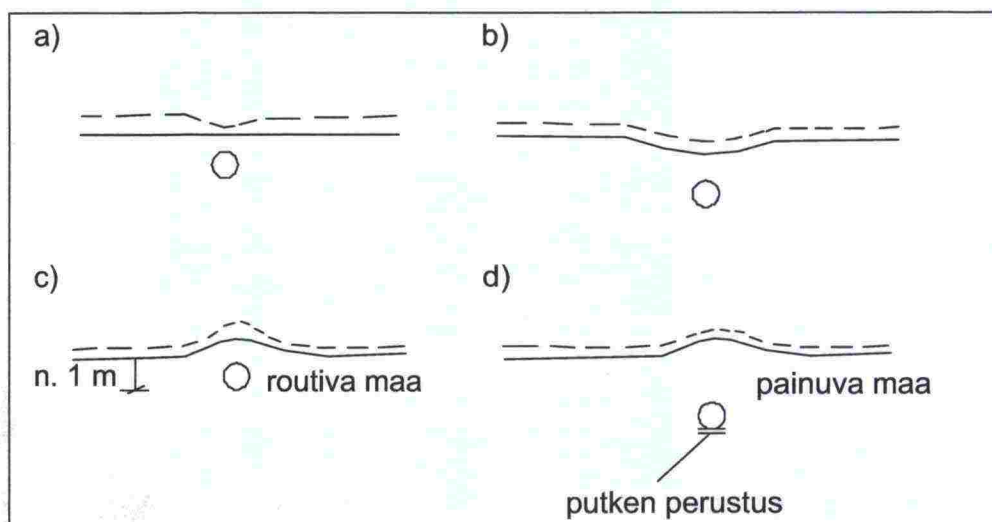
6.5.4 Kuivatuslaitteiden kunnostaminen

Rumpupaikoilla epätasainen routiminen voi johtua siitä, että

- rumpukaivanto on täytetty routimattomalla materiaalilla eikä ole tehty siirtymäkiilaa. Tällöin rummun kohta on talvella muuta tietä alempana, mutta kohta tasoittuu kesällä, kuva 13 a.
- rumpu on perustettu matalalle routivassa pohjamaassa. Tällöin rumpu nousee pohjamaan routimisen seurauksena talvella, kohta tasaantuu kesällä, kuva 13 c.

Jos rumpukohtien epätasainen routiminen on todettu haitallisiksi, rummut perustetaan uudelleen ja tehdään Tierakenteen suunnittelu -ohjeen kohdan 3.5.6 mukaiset siirtymäkiilat.

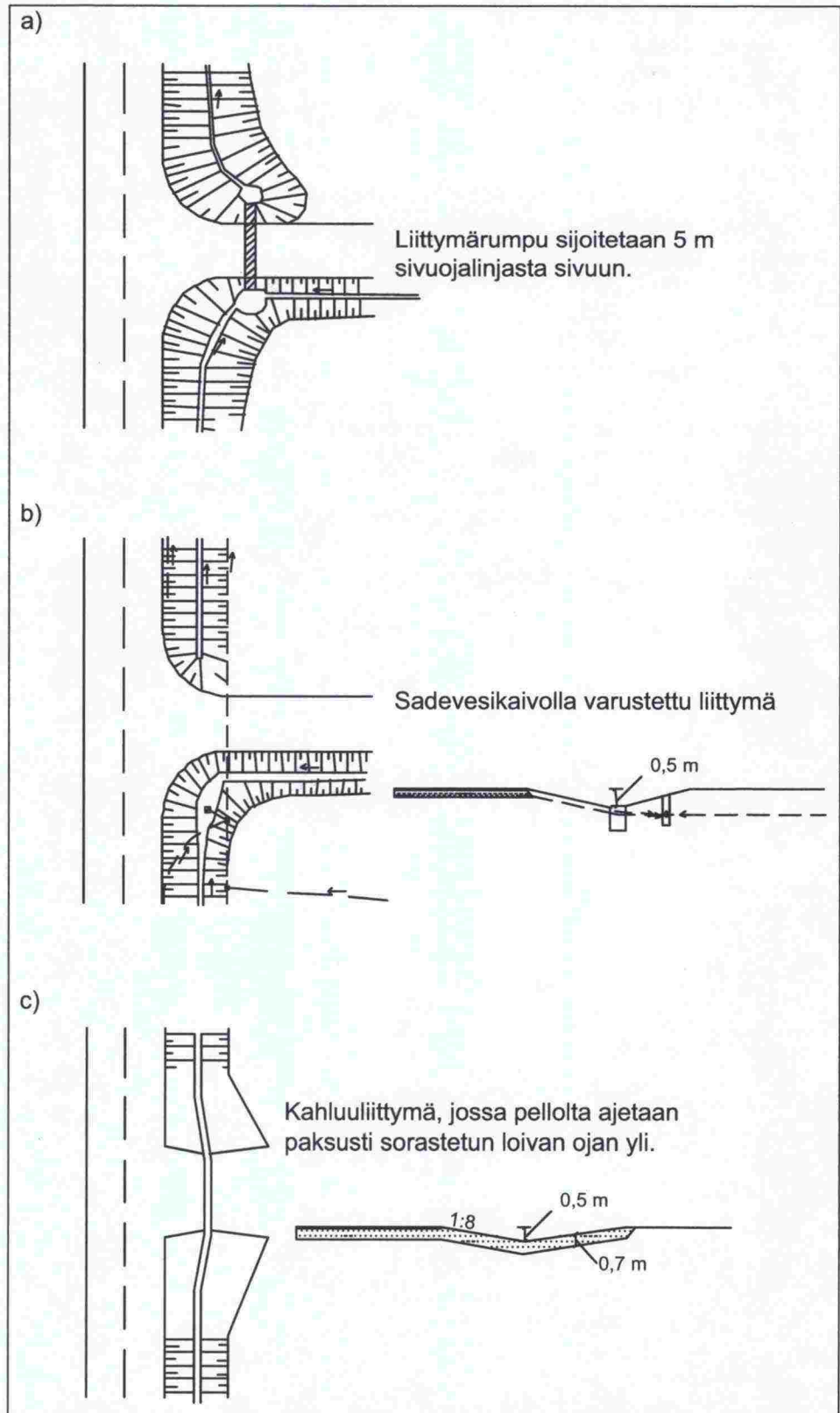
Rumpukohdalla pysyvästi esiintyvät painumat ja kohoutumat korjataan seuraavasti: Kuvan 13 tapauksessa b) korjaus tehdään täyttämällä painanne, tapauksessa d) epätasaisuus johtuu painuvasta pohjamaasta ja korjaus tehdään tasaamalla tien pintaa, ellei kohdan 5.5 mukaisesti tehtyjen selvitysten mukaan tarvita jotakin muuta korjaustapaa.



Kuva 13. Rummun kohdalla olevien epätasaisuuksien esiintyminen. Talven tienpinta on esitetty katkoviivalla.

Rumpujen jatkamisessa ja uusimisessa noudatetaan TYLT, Kuivatusrakenteet ja putkistot kohdassa 6810.10 annettuja ohjeita.

Sivuojarumpuja uusittaessa voidaan käyttää kuvassa 14 esitettyjä ratkaisuja pienentämään loukkaantumisriskiä suistumistilanteessa.



Kuva 14. Kuivatusjärjestelyvaihtoehtoja liittymän kohdalla.

6.6 Luiskakaltevuus

Raskaassa rakenteen parantamisessa ja uudelleenrakentamisessa luiskakaltevuus on Tiehallinnon teillä yleensä 1:3. Poikkeuksia ovat:

- vilkasliikenteiset tiet, joille valitaan ohjeen Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien torjunta mukaisesti 1:4
- kaiteelliset penkereet, joilla kaiteen tukipientareen takana on kaltevuus 1: 1,5.

Kevyessä rakenteen parantamisessa selvitetään kohdat, joissa nykyiset jyrkät luiskat ovat aiheuttaneet reunimmaisen uran nopean painumisen tai halkeilun tai reunapainumia. Näiden vaurioitumista voidaan hidastaa joko putkitamalla oja ja loiventamalla luiskaa tai stabiloimalla rakenteen yläosa tai lujittamalla se teräsverkolla. Jos tiealueen leventäminen on mahdollista, voidaan loiventaa luiskaa ja leventää piennarta. Nämä osuudet tulee osoittaa hankekohtaisissa tuotevaatimuksissa.

Muillakin kevyesti parannettavilla osuuksilla tulisi selvittää luiskien kaltevuus. Silloin voidaan asettaa perustellusti realistisia luiskakaltevuuksia koskevat laatuvaatimukset. (Esimerkki laatuvaatimuksesta: Kolmasosalla tiepituudesta luiskakaltevuus saa olla 1:2, loppuilla 1:2,5 tai loivempi.)

Rummun kohdalla voidaan sallia jyrkempi luiska, jos silloin vältetään rummun jatkaminen.

7 TIEN LEVENTÄMINEN

7.1 Yleistä

Tietä levennetään, jos ajokaistojen taikka pientareiden leveys ei täytä vaatimuksia taikka tarvitaan lisäkaistoja. Leventämistapaukset ja tarkastelunäkökohdat ovat hyvin erilaisia riippuen tien rakentamishistoriasta sekä leventämisen suuruudesta. Kun leventämistarve on alle puoli metriä puolelleen, ei tarkkoja selvityksiä yleensä tarvita. Kun leventäminen on yli metrin puolelleen, pitää aina tehdä tiesuunnitelma.

Tässä esitetyt näkökohdat pätevät myös muihin sellaisiin kohtiin, joissa uusi rakenne liitetään olemassa olevaan rakenteeseen:

- oikaisukohtien päät
- korotetut kevyen liikenteen väylät
- liittymien tai pysäkkien laajennukset.

Tietä levennettäessä pitää aina selvittää myös nykyisen rakenteen vahvistamistarve kohdan 5 mukaisesti. Vahvistaminen voidaan toteuttaa joko murskelisäyksillä tai stabiloinnilla. Jos vahvistaminen tehdään murskelisäyksellä eli tien tasausta korotetaan levennyksen yhteydessä, saadaan seuraavanlaisia etuja:

- Vanhan ja uuden tien kantavuus- ja routivuuserot tasoittuvat.
- Rakenteen kuivatusolosuhteet paranevat.
- Joskus poikittaissuuntaisten painumaerojen hallinta helpottuu, kun tien keskikohtakin saadaan jonkin verran painuvaksi.

7.2 Tarvittavat tutkimukset ja selvitykset

Tien rakentamishistoria selvitetään tierekisteristä, mahdollisuuksien mukaan vanhoista suunnitelmista tai haastattelujen avulla. Tietoja voidaan tarkistaa tutkimuksilla, esimerkiksi koekuopilla tai näytekairauksilla. Tiet jakaantuvat taulukon 7 mukaisesti rakentamishistoriansa perusteella eri tyypeiksi. Kaikilla teillä on oleellista selvittää nykyisten kerrosten paksuus ja pohjanvahvistustavat, taulukkoon on lisäksi merkitty tyypeittäin erityistutkimustarpeet.

Taulukko 7. Tien leventämistyyppejä.

levennettävän tien kuvaus	esimerkkitapauksia	erityiset tutkimustarpeet
1) <u>rakennettu tie</u> oletus: rakennekerrokset routimattomia, ei epätaisaista routanousua	ohitus- ja kääntymiskais- tat, väistötilat pientareiden leventämi- nen	
2) <u>rakennettu, tie, kertaal- leen parannettu</u> oletus: ylimmät rakenne- kerrokset routimattomia, voi olla lievää routanou- sua	poikkileikkauksen leven- täminen	mahd. aikaisemman le- vennyksen toteutustapa, pohjan muoto reunaosilla (reunapainumat) mahd. aikaisemmat kor- jaustoimenpiteet (esim. eristeet, teräsverkot)
3) <u>rakentamaton tie, ke- vyesti parannettu</u> oletus: tierakenteen rou- tanousu on pieni tai ker- rokset ovat routimattomia	kevyesti parannetun pääl- lystetyn tien poikkileikka- uksen leventäminen lievästi routivan soratien parantaminen päällyste- tyksi	nykyisen reunan kanta- vuus, koska edellisen pa- rantamisen yhteydessä on voinut jäädä rakenteen alle vanhojen luiskien hei- kosti kantavia materiaale- ja, kerrosmateriaalien laa- tu sekä vaihtelu pituus- ja poikkisuunnassa, mahd. tien alle jäänyt turve
4) <u>rakentamaton tie tai kevyesti parannettu</u> oletus: tierakenteen rou- tanousu on suuri tai ker- rokset ovat routivia	soratien parantaminen päällystetyksi, kevyesti parannetun päällystetyn tien poikkileikkauksen le- ventäminen	ei suositella leventämistä ilman merkittävää vanhan tien purkamista

Taulukon erilaisiin tapauksiin palataan lähemmin kohdassa 7.6.

LeventämISRakenteen suunnitteluun ja asetettavaan tavoitetasoon vaikutta-
vat oleellisesti seuraavat seikat, jotka pitää selvittää esiselvitysvaiheessa:

- epätasaisesti routivat tai painuvat osuudet: nykyistä rakennetta pitää
purkaa pahimmin routivissa kohdissa ja painuvalla osuudella leven-
nysrakenne pitää suunnitella vastaavalla tavalla painuvaksi kuin ny-
kyinen tie
- laajat reunapainumaosuudet: vanhaa tierakennetta pitää purkaa mui-
ta levitysosuuksia enemmän
- tien kerrosrakenteet ovat routivia tai tien routanousut ovat suuria: tie-
tä ei voida leventää ilman merkittävää nykyisen tien purkamista
- rakenteessa on käytetty jäykkiä tai paksuja sidottuja kerrosrakenteita,
kuten maabetoni, stabiloinnit tai paksut päällysteet (syväasfaltti): ta-
voiteasettelussa pitää varautua saumakohtaan halkeamiin, jos van-
han ja uuden rakenteen routanousu ei ole yhtä suuri
- nykyisen rakenteen vahvistamistarve: vaikuttaa rakenteen yläosan
rakennevaihtoon (esim. stabilointi) tai tilantarpeeseen, mikäli
vahvistaminen tehdään murskeella.

Maatutkaluotauksen avulla voidaan tarkistaa sekä tien pituussuuntaan että
poikkisuunnassa pohjamaan vaihtelu ja rakenteen epäjatkuvuuskohtat sekä
esimerkiksi reunapainumien laajuus.

Jos nykyisellä tiellä on epätasaista routimista tai painumista, se näkyy vaurioina, epätasaisuuksina ja muodonmuutoksina. Tällöin on syytä tehdä seurantamittauksia levennysrakenteen tai koko tieleveydelle tulevien korjausrakenteiden suunnittelua varten. Pehmeikköalueilla pitää myös tarkistaa mahdollisesti tehdyt pohjanvahvistustoimenpiteet. Samoin pitää selvittää leventämiskorjaukseen ja kustannustasoon vaikuttavat aikaisemmat korjaustoimenpiteet, kuten teräsverkot, routaeristeet, massanvaihdot.

7.3 Levennyksen sijoittaminen

Kun pienehkö levennys sijoitetaan symmetrisesti tien molemmiin puolin, saadaan seuraavia etuja:

- Mahdolliset kantavuus- ja routivuuserot ja niiden vuoksi syntyvät halkeamat jäävät pientareen kohdalle eivätkä tien kuormitetulle osalle.
- Pohjanvahvistuksen aivan pieni leventämistarve voidaan puolittaa ja joskus näin välttää kokonaan.
- Painumat jäävät pienemmiksi kuin toispuolisessa leventämisessä,
- Sekä jälkitiivistymisestä että pohjamaan painumisesta johtuvat painumaerot jäävät useissa tapauksissa pientareen kohdalle, jos levennys on pieni.
- Suoralla tieosuudella tien harjakohtaa ei tarvitse siirtää, millä on suuri kustannusvaikutus siinä tapauksessa, että tielle ei tehdä muita nykyistä pintaa käsitteleviä toimenpiteitä (stabilointi tai sekoitusjyrsintä) vaan sivukaltevuuskorjaus tehtäisiin päällystemassalla.
- Raivaustyön määrä on pienempi.

Toispuolisessa leventämisessä on seuraavia etuja:

- Päällysrakennetyöt rajoittuvat tien toiselle reunalle ja niiden yksikköhinnat muodostuvat alemmiksi.
- Liikenteelle aiheutuva haitta on pienempi.
- Rakenteen tiivistämistyö onnistuu paremmin.
- Voidaan välttää johtosiirtoja tai johtosiirrot rajoittuvat tien toiselle puolelle.
- Voidaan paikoin tehdä pientä geometriakorjausta, kun esim. on pienisäteisiä kaarteita ja levennys sijoitetaan sisäkaarteiden puolelle. Toimenpidettä ei kuitenkaan pidä tehdä silloin, jos riski levennysmaahan syntyvästä halkeamasta on ilmeinen.
- Pohjanvahvistusten tai pohjarakenteiden pieni levittäminen on edullisempi tehdä toispuolisena, jos sitä ei voida puolittamalla kokonaan välttää, vrt. edellinen kappale.
- Kallioleikkauksissa voidaan välttää hyvin kapeita levennyksiä.
- Levennyksen ja vanhan tien välinen sauma voi jäädä ajokaistojen väliin eli liikenne ei kulje sauman päältä.


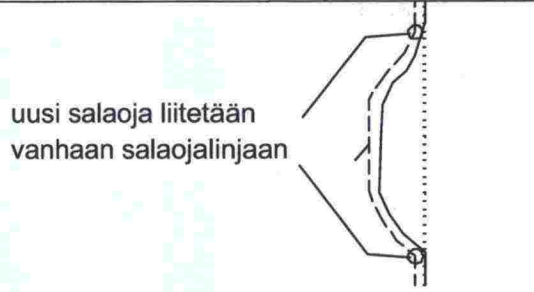
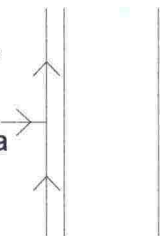
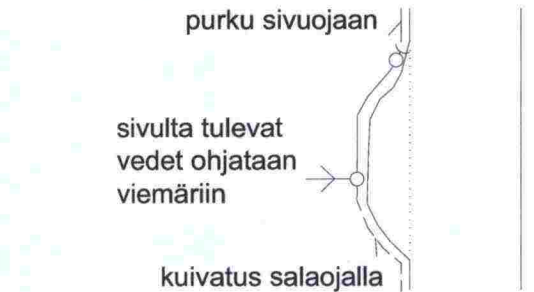

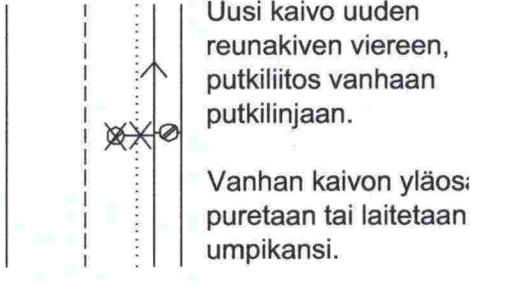
Leventämiskorjauksen suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että

- sidottujen kerrosten ja muun rakenteen leikkaussaumamat eivät sijoitu samalle kohdalle.
- mikään rakenteen saumakohta ei sijoitu ajouran kohdalle.

7.4 Kuivatuksen huomioon ottaminen leventämisessä

Kaikissa leventämistapauksissa kuivatusjärjestelmä pitää sovittaa yhteen vanhan järjestelmän kanssa niin, että vesien kulku (pinta- ja syväkuivatus) jatkuu yhtenevästi levennysosan alku- ja loppukohtaan ohi. On selvítettävä,

- onko nykyisen tien syväkuivatuksessa käytetty salaojia ja miten levennysosien kuivatus saadaan niihin liitettyä
- viemärintien liittämismahdollisuudet
- ohjautuuko levitysosalta kuivatusvesiä pidemmältä matkalta tai tiealueen ulkopuolelta
- onko ympäristössä salaojitettuja pelloja yms., jotka määrittävät kuivatusaston

Lähtötilanne	Leventämisen jälkeen
a) kuivatus salaojalla 	 <p>uusi salaoja liitetään vanhaan salaojalinjaan</p>
b) kuivatus avo-ojin, tilaa on niukasti tien sivusta tuleva oja tuo vesiä sivuojaan 	 <p>purku sivuojaan</p> <p>sivulta tulevat vedet ohjataan viemäriin</p> <p>kuivatus salaojalla</p>
c)  <p>sadevesikaivo reunakiven vieressä</p>	 <p>Uusi kaivo uuden reunakiven viereen, putkiliitos vanhaan putkilinjaan.</p> <p>Vanhan kaivon yläos: puretaan tai laitetaan umpikansi.</p>

Kuva 15. Esimerkkejä nykyisen kuivatuksen liittämisestä uuteen kuivatusjärjestelmään leventämisen kohdalla.

Nykyiset sadevesikaivot voivat jäädä ajoradalle, kun reunakivilinja siirtyy tai tulee uusia saarekkeita. Kaivot on purettava aina, mikäli ne ovat jäämässä ajouran kohdalle tai kyseessä on moottori- tai muu vilkasliikenteinen tie. Muissa tapauksissa kaivot voivat jäädä, mikäli ne saadaan hyvin tasattua uuteen pintaan ja niihin asennetaan kuormitusluokan mukaiset umpikannet.

Nykyisten rumpujen jatkamistarpeet ja –mahdollisuudet pitää selvittää. Jos rumpu on keskeltä painunut niin, että sen päät ovat nousseet tai routa on nostanut putken päitä, on usein tarpeen tehdä kokonaan uusi rumpu, jos vanhaa jouduttaisiin purkamaan kummastakin päästä pitkältä matkalta. Rumpu voi olla pehmeiköllä kokonaan painunut niin syväälle, ettei kuivatus enää toimi, tai routa on nostanut putken liian ylös. Tällöin pitää suunnitella uusi rumpu perustamisratkaisuineen. Vanha rumpu pitää joko täyttää tai poistaa kokonaan.

7.5 Epätasaisen routimisen rajoittaminen tien leventämisessä

Vanhan ja uuden tien rajakohtaan voi syntyä epätasaisen routimisen seurausena halkeamia. Epätasaista routimista esiintyy, jos rakennepaksuudet poikkeavat toisistaan tai jos samanhahvuiset rakenteet on tehty routimisominaisuuksiltaan erilaisista materiaaleista.

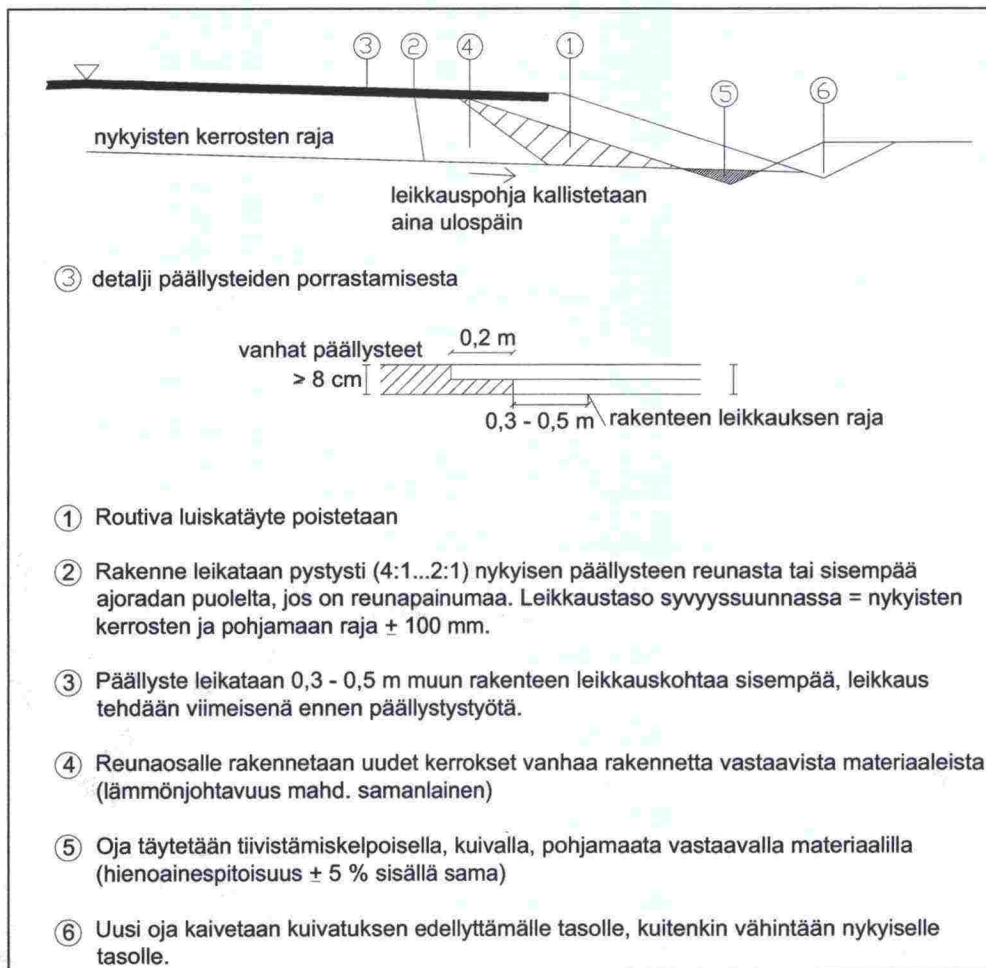
Routimisen aiheuttaman halkeilun riskiä on mahdollista tasata tekemällä levitysosalle mahdollisimman samanlainen rakenne ja suurimman riskin tapauksissa kiilaamalla rakenteiden rajakohtaa nykyistä tierakennetta leikkaamalla. Niillä kohdilla, missä epätasaisen routimisen riski vaikuttaa suurelta, suositellaan kokonaan uusien kerrosten rakentamista, nykyisen tierakenteen levittämistä uuden rakenteen pohjaksi tai paikallisesti teräsverkkojen käyttämistä. Nykyisten rakentamattomien routivien teiden leventämistä ei suositella tehtäväksi.

Seuraavassa on tarkasteltu taulukon 7 mukaisten rakentamishistorialtaan erilaisten teiden leventämistä. Pehmeikön tuomat erityispiirteet leventämis-työlle on esitetty kohdassa 7.7.

7.5.1 Rakennettu tie

Rakennetuilla teillä tien leventäminen tulee useimmin kyseeseen lisäkaistoja rakennettaessa. Oletuksena on, että tien kerrosmateriaalit ovat routimattomia, kerrospaksuuksissa on vain vähäistä vaihtelua eikä epätasaista routanousua esiinny.

Levennysosa toteutetaan mahdollisimman samantyyppisillä materiaaleilla ja kerrospaksuuksilla kuin vanha tie, jolloin routisosuhteet saadaan uudelle ja vanhalle osalle toisiaan vastaaviksi. Kapeassa levennyksessä voidaan kuitenkin kaikki routimattomat kerrokset rakentaa samalla hyvin tiivistävällä murskeella erottamatta eri kerroksia.



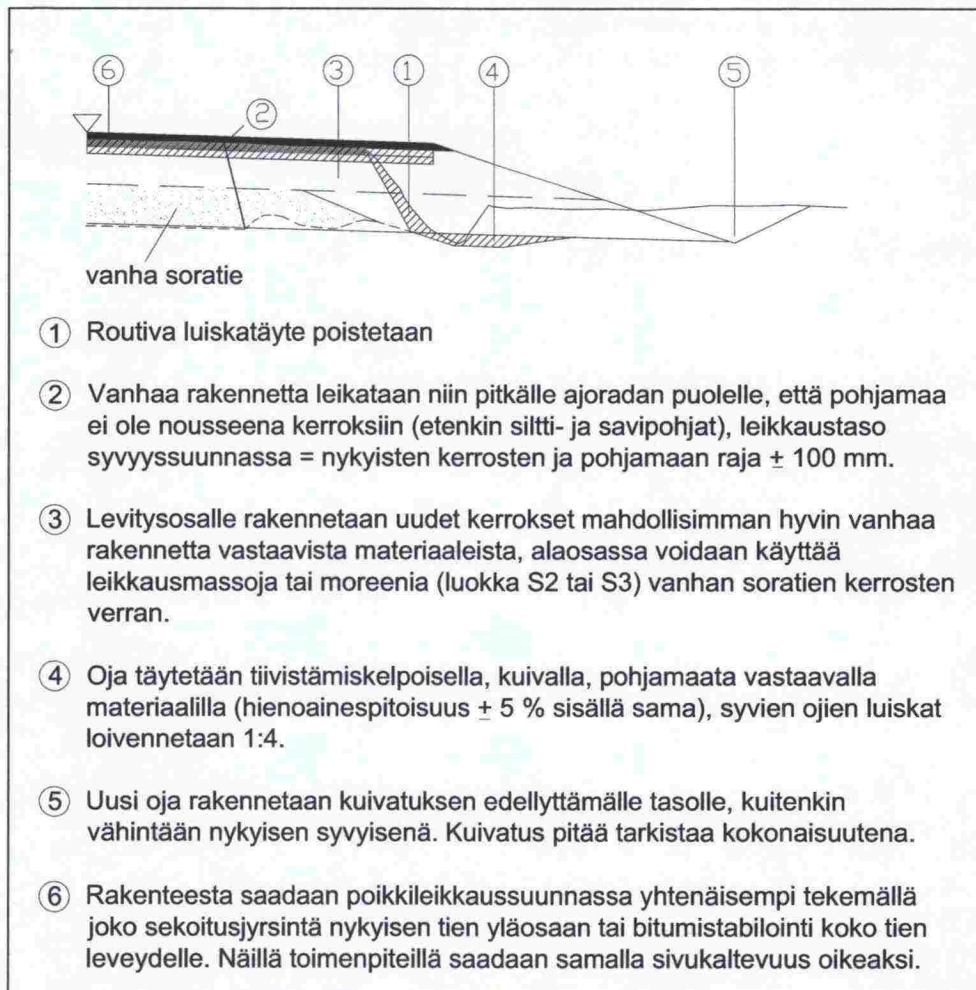
Kuva 16. Periaatekuva rakennetun tien leventämisestä.

Jos tiellä on levennysosuuksella ennestään leveää pituushalkeamaa joko keskellä tai reunassa, on olemassa levityksen rajaan syntyvän pituushalkeaman riski, joka kannattaa eliminoida asentamalla teräsverkko koko tien poikki.

Jos koko tielevyydelle ei tehdä toimenpiteitä, ei levennysosalle voi asettaa kantavuus- eikä routanousutavoitteita, vaan rakenteen oletetaan toimivan vastaavasti kuin nykyinen tie.

7.5.2 Rakennettu tie, kertaalleen parannettu

Kun levennetään kertaalleen parannettua tietä, voi nykyisessä tiessä olla osittain routivia kerroksia ja kerrospaksuudet voivat vaihdella niin, että tiessä on epätasaista routanousua.



Kuva 17. Periaatekuva kertaalleen parannetun tien leventämisestä.

Tulevien vaurioriskien arviointi kuuluu suunnittelutyöhön ja sitä varten inventoidaan maastossa tarkasti nykyisen tien vauriot sekä tehdään tutkimukset vaurioiden syiden selvittämiseksi. Tutkimuksissa kannattaa selvittää ainakin seuraavat näkökohdat, joita useasti tulee esille:

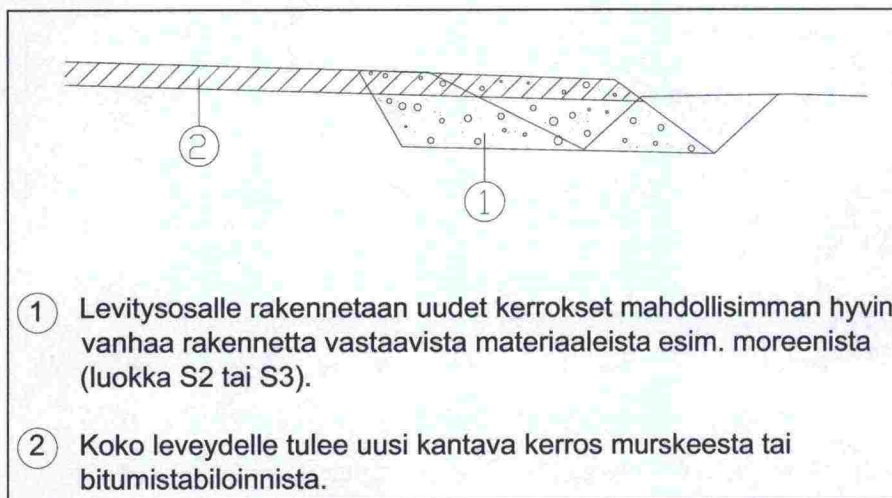
- Onko nykyisessä tiessä tehty korjauksia teräsverkolla tai routaeristeillä (näkyvät tutkakuvassa), jolloin levennysosalle pitää tehdä vastaava rakenne tai kokonaan uudet kerrokset
- Onko nykyisessä tiessä käytetty maabetonia (kerros pitäisi erottua tutkakuvassa, materiaali pitää varmentaa näytteenotolla), jolloin on riskinä pituushalkeaman syntyminen maabetonin reunaan. Riski on tunnistettava jo tilausvaiheessa. Halkeaman ehkäisemiseksi tarvittavat toimenpiteet ovat kalliita (maabetonin purkaminen, teräsverkko tien yli), eikä niihin kannata pienien levitysten yhteydessä ryhtyä. Jos maabetonin reuna on jäämässä leventämisen jälkeen ajokaistan puolelle, suositellaan maabetonin purkamista.

- Onko tiessä pahoja reunapainumia, jolloin nykyistä tietä pitää leikata niin leveästi sivusuunnassa, että tasalaatuinen (tasavahvuinen, pohjamaa ei ole noussut kerroksiin) kelvollinen päällysrakenne on näkyvissä. Asiaa voidaan tutkia maatkalla tehtävien poikkileikkausluotausten avulla. Luotauksia tehtäessä pitää kiinnittää erityishuomio mittauksen tarkkaan sitomiseen paikalleen. Kun levennyksen rajakohta vaihtelee tien pituus-suuntaan tai ei ole mahdollista tehdä tarpeeksi laajoja kaivuja, voidaan halkeamariskiä eliminoida tien poikki asennettavan teräsverkon avulla tai jos riskit ovat suuret, rakennetaan koko leveydelle uudet kerrokset.

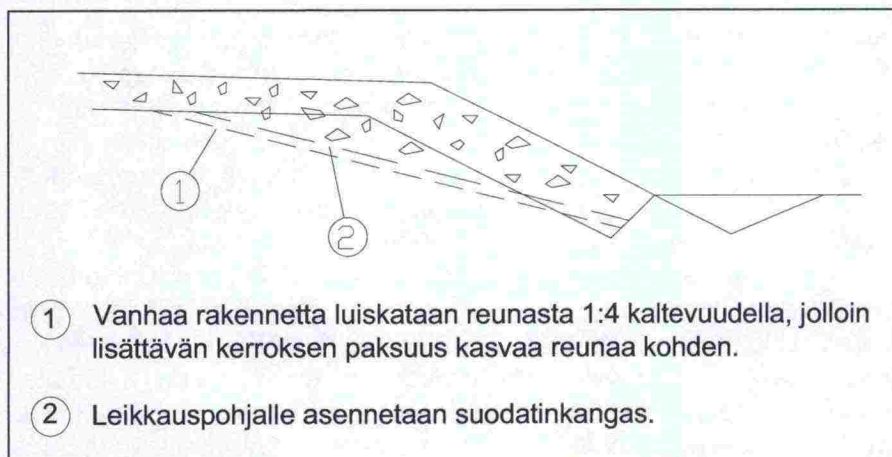
7.5.3 Rakentamaton tie, kevyesti parannettu

Kyseessä on lievästi routiva soratie tai soratiestä kevyesti parannettu tie, jossa murskekorotus on tehty ilman erillistä reunaosien vahvistusta, luiskat voivat olla jyrkät ja ojitus puutteellinen. Oletuksena on, että tierakenne on lievästi routiva ja tiellä voi olla pohjamaan vaihtumiskohdissa lievää routanousua. Vaurioitumisriskit tulee kartoittaa vastaavasti kuin kohdassa 7.5.2.

Vaihtoehto 1. Tasapaksu levennys.



Vaihtoehto2: Viistetty levennys.



Kuva 18. Periaatekuvat rakentamattoman tien leventämisestä.

7.6 Tien leventäminen pehmeiköllä

7.6.1 Yleistä

Pehmeiköllä leventäminen edellyttää aina tarkastelun leventämisen vaikutuksista pohjanvahvistuksiin ja pohjarakenteisiin. Leventämiseen liittyvät näkökohdat pätevät myös tasausnostoihin.

Eryteisesti pitää tiedostaa, että vaikka leventäminen rajoitettaisiin nykyisen luiskan alueelle eikä pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita tarvitsisi laajentaa alueellisesti, leventämisellä voi silti olla vaikutusta niihin, koska kuorma luiskassa leventämisen jälkeen tavanomaisia kivennäismateriaaleja käytettäessä kasvaa. Esim. paalulaatta voi olla luiskan osalta suunniteltu ajorata-alueetta pienemmille kuormille.

Pohjanvahvistuksia tai perustamisratkaisuja ei aina suunnitella koko luiskan osalle, joten niiden leventämistarve voi tulla kysymykseen jo varsin pienellä ajoradan leventämisellä. Tämä koskee erityisesti tapauksia, joissa tien tasausviivaa samalla nostetaan ja/tai linjauksessa poiketaan tien nykyisestä linjauksesta.

7.6.2 Menetelmät tietä levennettäessä

Kun tietä levennetään pehmeiköllä, toimenpiteet ovat varsin erilaisia seuraavissa eri tapauksissa:

- Nykyisen tien pohjanvahvistusten tai muiden pohjarakenteiden leveys on riittävä myös levennystä varten.
- Nykyisen tien pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita levennetään.
- Nykyistä maanvaraista tietä levennetään pohjanvahvistuksia käyttäen
- Nykyistä maanvaraista tietä levennetään ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä

Nykyisen tien pohjanvahvistusten tai muiden pohjarakenteiden leveys riittää uudelle levennykselle yleensä vain niissä harvoissa tapauksissa, joissa leventämiseen on aikaisemmissa rakennusvaiheissa varauduttu, taikka levennys on aivan vähäinen.

Nykyisen tien pohjanvahvistusten taikka muiden pohjarakenteiden leventäminen tehdään ko. ratkaisun menetelmäkohtaisia ohjeita noudattaen. Perustamistavan vaihtaminen tien poikkisuunnassa on harvoin perusteltavissa. Taulukossa 8 on arvioitu erilaisten pohjanvahvistusmenetelmien käyttökelpoisuutta tien leventämisessä olemassa olevan pohjanvahvistuksen kanssa.

(Nykyisen maanvaraisen tien leventämistä käsitellään seuraavissa kappaleissa tarkemmin.)

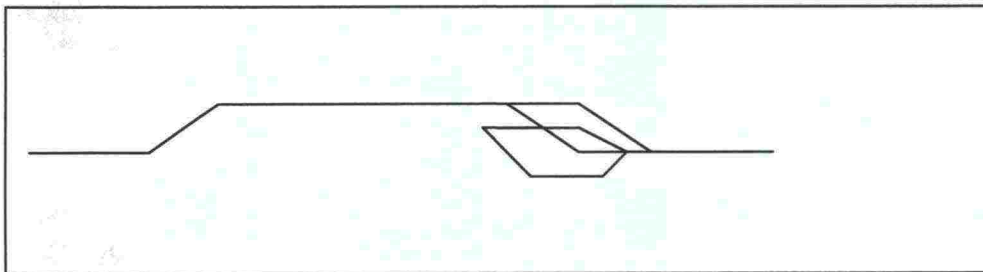
Taulukko 8. Suuntaa antavia esimerkkejä erilaisten pohjanvahvistusmenetelmien käyttökelpoisuudesta tien leventämisessä. Ratkaisujen soveltuvuus on varmistettava aina tapauskohtaisella suunnittelulla.

Vanha menetelmä	Pieni levennys	Suuri levennys	Tietä korotetaan, luiskat levenevät
1. Maanvarainen penger	1,2,9,10	2,3,10	1,2,10
2. Pengerkevennys	2,9	2	1,2,10
3. Syvästabilointi	2, 3, 11	3	1,2
4. Paalulaattarakenne	4	4	1,2,4
5. Paaluhatturakenne	4,5	4,5	1,2,5
6. MVK	6, 11	6	1,6
7. Pohjaantäyttö	6, 11	4,6,7	1,7
8. Pystyojitus	2,9	2,3,8	
9. Lujite	11	9	1,9
10. Esikuormitus			1,10
11. Luiskien jyrkentäminen			

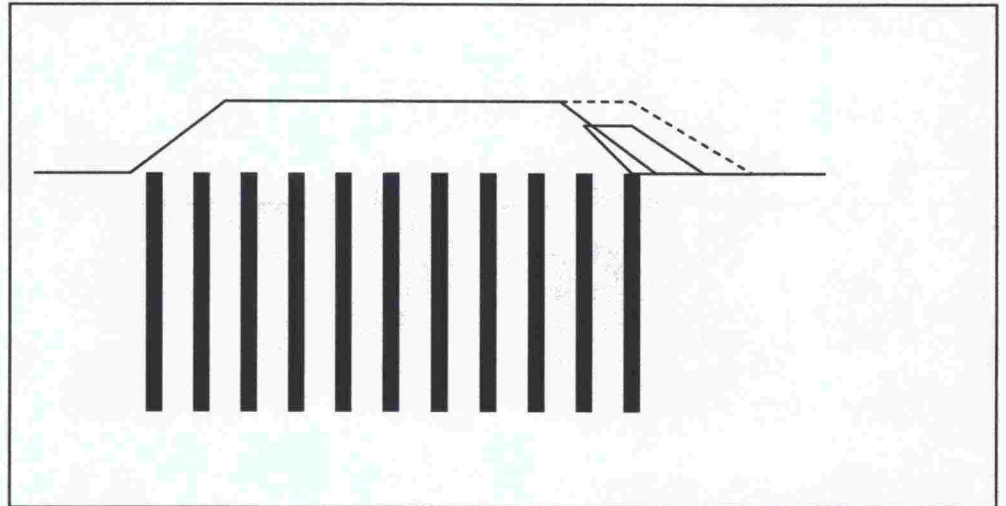
Menetelmät voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti:

- Maanvaraisen penkereen leventäminen ilman pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita (hyvin yleinen tapaus).
- Maanvaraisen penkereen leventäminen pengerkevennystä käyttäen (hyvin yleinen tapaus ks. kuva 19).
- Maanvaraisen tiepenkereen leventäminen pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita käyttäen (erikoistapausluontoista).
- Pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita käyttäen perustetun penkereen leventäminen pengerkevennystä käyttäen taikka jopa ilman sitäkin (erikoistapausluontoista, ks. kuvat 20 ja 21).
- Penkereen leventäminen pohjanvahvistuksia tai pohjarakenteita käyttäen leventäen (hyvin yleinen tapaus, ks. kuva 22) taikka erikoistapauksissa menetelmää vaihtaan.

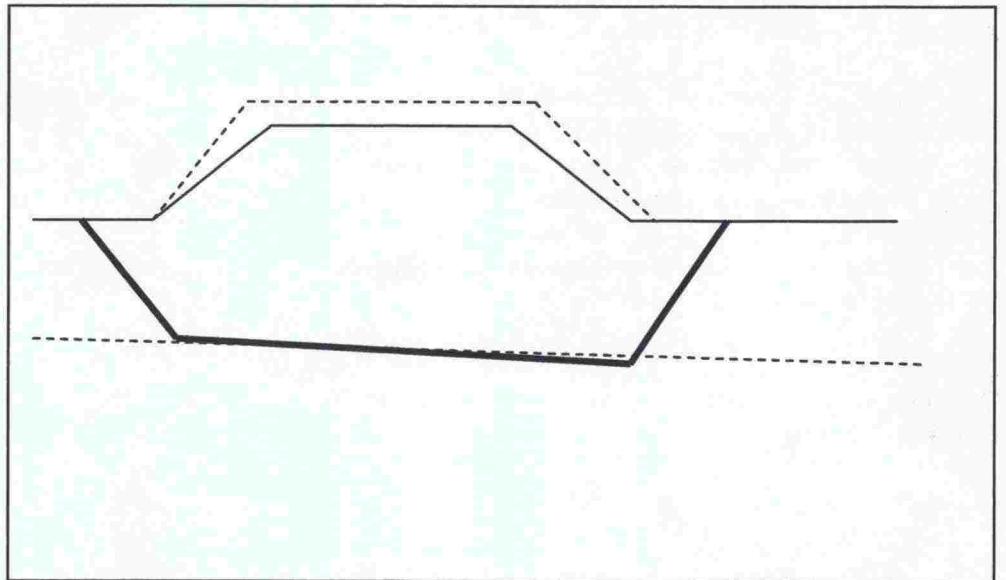
Nykyisen maanvaraisen tien leventämistä käsitellään seuraavissa kappaleissa tarkemmin.



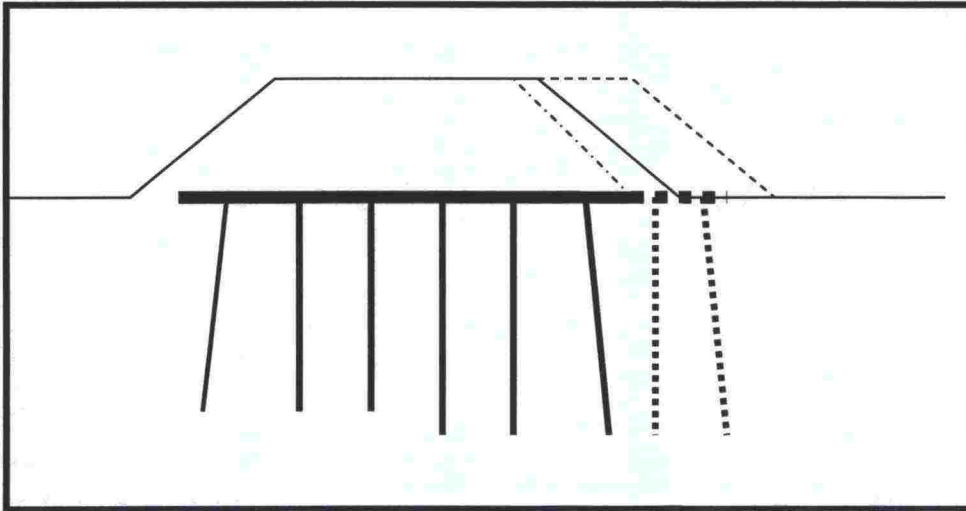
Kuva 19. Maanvaraisen ilman pohjanvahvistuksia tehdyn tiepenkereen leventäminen pengerkevennystä käyttäen.



Kuva 20. Syvästabilointia käyttäen perustetun penkereen pieni levennys pengerkevennystä käyttäen.



Kuva 21. Massanvaihtoa käyttäen perustetun penkereen hyvin pieni symmetrinen levennys nykyistä massanvaihtoa leventämättä.



Kuva 22. Paalulaattarakennetta käyttäen perustetun penkereen leventäminen paalulaattarakennetta leventäen. Levennyksen puoleinen vanha vinopaalu joudutaan ehkä korvaamaan pystypaalulla.

Ajokaistojen työnaikainen sulkemistarve ratkaistaan ottaen huomioon:

- ensiksi liikenteelle tarvittava tila, pengerkorkeus ja kaivannon jyrkin mahdollinen luiskakaltevuus
- näin muodostuvan kaivannon kokonaisvakavuus siinä tilanteessa valmiina olevat pohjarakenteet tai pohjanvahvistukset huomioonottaen
- mahdollinen kaivannon tuenta, joka vähentää luiskien tilantarvetta ja parantaa työnaikaista vakavuutta.

Penkereen leventämisen suunnittelussa noudatetaan seuraavia ohjeita tai muita julkaisuja:

- Teiden pohjarakenteiden yleiset suunnitteluperusteet TIEH 2100002-01
- Maanvarainen tiepenger savikolla TIEL 3200276
- Geotekniset laskelmat TIEH 2100018-03
- Tien kevennysrakenteet TIEL 3200475
- Tiepengerten siirtymärakenteet pehmeiköllä TIEL 3200248
- Käytettyä pohjanvahvistus- tai perustamismenetelmää koskevat menetelmäkohtaiset ohjeet

7.6.3 Painumatarkastelut maanvaraisratkaisua varten

Nykyistä maanvaraista tietä levennettäessä painumamitoituksen määräävä kriteeri on jokseenkin poikkeuksetta poikittaisen kaltevuuden sallittu muutos. Kun valitaan sallittavaa kaltevuusmuutosta, voidaan harkita otettavaksi huomioon, voidaanko pientareen alueella sallia suurempi muutos kuin ajokaistan alueella ja vaikuttaako kaltevuudenmuutos pintakuivatusta taikka ajodynaamiikkaa parantavasti vai heikentävästi.

Jos tietä myös korotetaan, lievenevät poikkisuuntaiset painumaepätasaisuudet. Toisaalta tällöin voi muodostua pituussuuntaisia epätasaisuuksia.

Painumat lasketaan ohjeiden Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet TIEH 2100002-01 ja Geotekniset laskelmat TIEH 21800018-03 mukaan. Maanvaraisen tien leventämisessä huomioonotettavia erityispiirteitä ovat seuraavat:

- Jännitysten jakautuminen tien poikkisuunnassa (nykyisen tien esikuormitusvaikutuksen jakautuminen levennyksen alle ja levennyksestä aiheutuvan lisäkuorman jakautuminen nykyisen alle) on välttämätöntä ottaa huomioon riittävällä tarkkuudella.
- Nykyisen tien alla vallitsevan konsolidaatiotilan määrittäminen (ovatko penkereestä aiheutuvat painumat vielä kesken) on tehtävä riittävällä tarkkuudella. Nykyisen tien rakentamis- ja painumahistorian selvittäminen on tärkeää painumalaskelmien varmistamiseksi.
- Painumanopeuslaskelmien mahdolliset epätarkkuudet on otettava huomioon tehtäessä johtopäätöksiä laskentatuloksista.

7.6.4 Maanvaraisen tien leventämisessä käytettävät pohjanvahvistustoimenpiteet

Jos pituus- tai poikittaiskaltevuuden muutokset muodostuisivat liian suuriksi taikka muut painumaraja-arvot ylittyisivät, tarvitaan erikoistoimenpiteitä painumien pitämiseksi sallituissa rajoissa.

Tien leventämisessä käytettävä pengerkevennys aiheuttaa usein tien poikkisuuntaisia kantavuus- ja routivuuseroja. Näitä voidaan joskus lieventää ulottamalla kevennys ohuena myös nykyisen penkereen kohdalle, mikä on kuitenkin ristiriidassa painumamitoituksen optimaalisuuden kanssa ja sopii parhaiten silloin, kun tien tasausta nostetaan.

Poikittaissuuntaisia kantavuus- ja routivuuseroja kevennetyn ja keventämätömän penkereenosan välillä voidaan lieventää riittävän järeällä lujitteella. Tällöin on kuitenkin sopivin toimenpitein (esimerkiksi lujitteen reunaosan heikentämisellä "sotalippumaiseksi" muotoilemalla) estettävä saumojen syntyminen lujitteen päättymiskohtiin. Lujitetta voidaan joskus käyttää myös painumaerojen pieneen tasoittamiseen. Ratkaisun toimivuus ja lujitteen jäykkyyden valinta tarkistetaan pohjasuhteet huomioon ottaen. Esimerkiksi jos kuivakuorikerros on vahva, lujite voi olla täysin tarpeeton.

Tien levennyksosien esikuormituksella voidaan joskus vähentää käyttöaikaisia painumia. Esikuormitus lisää liikenteelle aiheutuvaa haittaa.

Joissakin tapauksissa voidaan maanvaraista pengertä leventää käyttäen levennyksen osalla syvästabilointia. Tällöin on kuitenkin varmistettava, ettei levennysosasta tule haitallisen painumaton. Syvästabilointi on tällöin yleensä syytä tehdä ainakin jonkin verran määrämittäisenä. Varsinkin jos penkereen painumat ovat merkittävässä määrin kesken, ratkaisun mitoitus on painumapätäsaisuuksien hallinnan kannalta erittäin vaativa.

Pystyjoitus, massanvaihto taikka paalulaatta- ja paaluhatturakenteet ovat erikoistapausluontoisia tiepenkereen levennyksen perustamisessa ja hyvin vaativia poikittaissuuntaisten epätasaisuuksien hallinnan kannalta. Reunaosien massanvaihto on käyttökelpoinen ratkaisu hyvin matalilla pehmeiköillä.

7.6.5 Pohjanvahvistuksia käyttäen perustetun tien leventäminen

Kun nykyinen tie on perustettu syvästabilointia käyttäen, luiskien ja muiden levennyksen osalla syvästabilointia levennetään lisäpilarein. Syvästabiloinnissa vinot pilarit ovat varsin harvinaisia ja pilarien kaltevuus on näissäkin tapauksissa pieni, joten vinot pilarit harvoin aiheuttavat ongelmia pengertä levennettäessä. Jos pengertä myös korotetaan, on tarkasteltava, tarvitseeko pengertä keventää vai onko syvästabilointi lujittunut niin, että se kestää lisäkuorman.

Kun nykyinen tie on perustettu käyttäen massanvaihtoa kaivamalla, luiskien ja muiden levennyksen osalla massanvaihtoa levennetään, eikä penkereen korottaminen aiheuta toimenpiteitä tien keskiosalla. Massanvaihdon kaivuvaihe aiheuttaa yleensä pieniä liikkeitä kaivuluiskan alueella. Jos massanvaihto ei ulotu kantaviin maakerrokseen asti vaan kysymyksessä on ns. osittainen massanvaihto, massanvaihdon leventäminen voi aiheuttaa työnaikaisia vakavuusongelmia. Myös poikkisuuntaiset painumaerot on selvitettävä osittaisen massanvaihdon tapauksessa.

Pohjaantäytön leventäminen on hankalampaa kuin kaivamalla tehdyn massanvaihdon. Pohjaantäytön leventämisessä pyritään yleensä käyttämään massanvaihtoa kaivamalla tai ainakin mahdollisimman syvää alkukaivua. Pohjaantäytön leventämisen taikka penkereen korotuksen vaikutuksesta myös nykyisen tien reunaosilla tapahtuu yleensä painumia ja sivusiirtymiä, jotka enimmäkseen tapahtuvat jo rakennusaikana.

Sekä massanvaihdossa kaivamalla että pohjaantäytössä on mahdollista pienellä lisälevyydellä huomattavastikin helpottaa tien mahdollista myöhempää leventämistä.

Pystyjoitusta käyttäen perustetun penkereen leventäminen pystyjoitusta käyttäen on teknisesti mahdollista, mutta tarvittavan pitkän rakentamisajan johdosta harvoin nykyisen tien parantamiseen sopivaa. Jos nykyinen tie on perustettu pystyjoitusta käyttäen, sen korottaminen vaatii esimerkiksi pengerlevennyksen, joka on hankalan korjattavuuden takia mitoitettava tavallista varmemmin, taikka painumattoman perustamistavan.

7.6.6 Paaluilla perustetun tien leventäminen

Kun nykyinen tie on perustettu paalulaattarakennetta käyttäen, luiskien ja muiden levennysten osalla paalulaattaa levennetään uudella paalulaattarakenteella. Jos nykyisen paalulaatan reuna-alueella on vinoja paaluja, niiden toiminta tarkistetaan kuormituksen muuttuessa aikaisempaa pystysuuremmaksi.

Paalulaattarakenteessa on mahdollista hyvin pienin lisätoimenpitein helpottaa mahdollista tulevaa leventämistä. Tällaisia toimenpiteitä ovat pieni lisäleveys ja vinopaalujen välttäminen.

Kun nykyinen tie on perustettu paaluhatturakennetta käyttäen, korottamisen ja leventämisen vaatimat toimenpiteet ovat periaatteessa samankaltaisia kuin paalulaattarakenteessa. Toimenpiteitä vaikeuttavia eroja (samoja ilmiöitä voi esiintyä paalulaattarakenteissakin, mutta yleensä paljon lievempinä) ovat kuitenkin:

- Vanhoissa paaluhatturakenteissa on usein huomattavankin vinoja paaluja, jotka eivät toimi kuormituksen suunnan muuttuessa ja joudutaan usein korvaamaan uusilla pystypaaluilla.
- Paaluhatturakenteella perustetun penkereen kokonaisvakavuus saattaa varsinkin työnaikaisissa kaivu- ym. tilanteissa olla heikko mm. paalujen kaltevuuteen liittyvien näkökohtien ja yleensäkin rakenteen puutteellisen toiminnan ja vaurioitumisen takia.
- Vielä hyvässäkin kunnossa olevan paaluhatturakenteen pitkäaikaiskestävyys on kyseenalainen, varsinkin jos paalut ovat puuta.

LIITTEET

- Liite 1. Vauriosumman kasvunopeuden ennustaminen vanhan vaurioitumisnopeuden avulla.
- Liite 2. Mitoituksessa käytettäviä lähtökantavuustaulukkoja, taulukot A1 ja A2 koskevat sekoitusjyrsintää, taulukot B1-B6 stabilointia.
- Liite 3. Esimerkkejä parantamistoimenpiteiden vaikutuksesta parannettavan tien laskennalliseen kantavuuteen.

LIITE 1. VAURIOSUMMAN KASVUNOPEUDEN ENNUSTAMINEN VANHAN VAURIOITUMISNOPEUDEN PERUSTEELLA.

Uusi vauriosumman kasvunopeus (Uusi VSnop) on

AB-teillä Uusi VSnop = $a * k * (\text{vanhaVSnop} + 3 \text{ m}^2/\text{v}^{1,4})$ ja

PAB-teillä Uusi VSnop = $a * k * (\text{vanhaVSnop} + 5 \text{ m}^2/\text{v}^{1,4})$, missä

a = 0,6 kun vanha kantava kerros on huonolaatuinen, ja toimenpide tai siihen liittyvä sekoitusjyrsintä poistaa huonolaatuisuuden
0,8 kun vanha kantava kerros on huonolaatuinen, ja toimenpide tai siihen liittyvä sekoitusjyrsintä poistaa huonolaatuisuuden vain kantavan kerroksen ylimmässä 100 mm:ssä
1 muuten

k = vaikutuskerroin taulukosta A tai B

vanhaVSnop = vauriosumma/päällysteen ikä^{1,4}

Uusi vauriosumma = Uusi VSnop * ikä^{1,4}

Taulukko A. Toimenpiteiden vaikutuskerroin AB-teillä.

Toimenpide (paksuus mm)	Vaikutuskerroin k
70AB	0,16
60AB	0,20
50AB	0,24
40AB	0,30
30AB	0,36
REM25AB	0,42
REM15AB	0,46
REM10AB	0,50
180SST+40AB	0,16
190MHST+40AB	0,16
150VBST+40AB	0,12
100REST+40AB	0,12
130REST+40AB	0,09
150KOST+40AB	0,09

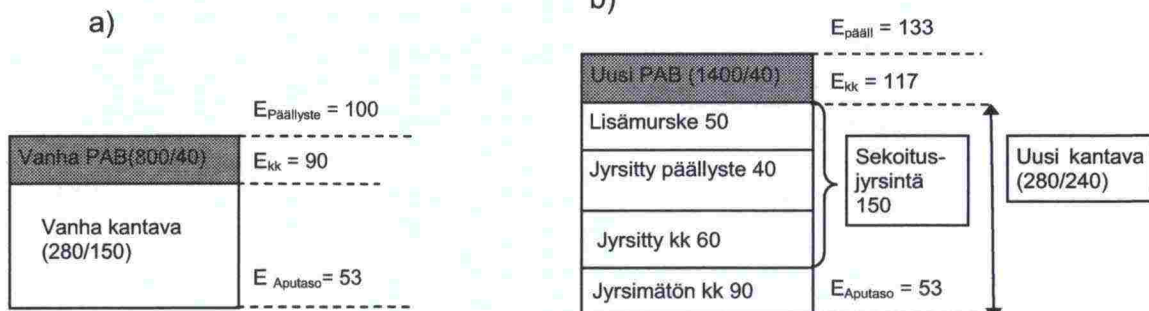
Taulukko B. Toimenpiteiden vaikutuskerroin PAB-teillä.

Toimenpide (paksuus mm)	Vaikutuskerroin k
50AB	0,16
40AB	0,22
30AB	0,28
40PAB-B	0,30
30PAB-B	0,34
KAR+25PAB-B	0,40
40PAB-V	0,37
30PAB-V	0,45
KAR+35PAB-V	0,37
KAR+25PAB-V	0,45
150MHST+40PAB-V	0,24
150 SST + 40PAB-V	0,26
120VBST+40PAB-V	0,18
120KOST+40PAB-V	0,16
100REST+40PAB-V	0,16
190MHST+40PAB-V	0,22
180 SST + 40PAB-V	0,22
150VBST+40PAB-V	0,16
130REST+40PAB-V	0,14
150KOST+40PAB-V	0,14

Esimerkki 1. Sekoitusjyrsinnän mitoitus

a) Vanha rakenne ennen sekoitusjyrsintää

b) Uusi rakenne sekoitusjyrsinnän, murskeen lisäyksen ja uuden päällystyksen jälkeen

Suluissa on esitetty kerroksen moduuli (MN/m²)/kerroksen paksuus (mm).

Taulukko A.1. Sekoitusjyrsinnän mitoituksessa käytettävän aputason kantavuus (MN/m²), kun aputaso on 150 mm päällysteen alapinnan alapuolella ja vanhan päällysteen moduuli on 800 MN/m² (PAB- päällyste, jonka vauriosumma on yli 40 m² (60 m²)).

Pääll. paksuus mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	Sitomattoman kantavan moduuli 280 MN/m ²													
40	40	45	53	61	69	79	88	98	108	118	129	141	152	164
50	37	43	48	56	65	73	82	92	102	112	123	133	145	157
60	35	40	45	52	60	68	76	86	95	105	115	126	136	148
70	32	37	42	47	54	62	70	79	88	97	107	117	128	139
80	29	34	39	43	49	56	64	72	81	90	99	109	119	129
90	27	31	36	40	45	51	58	66	74	82	91	100	110	120
100	24	29	33	37	42	46	53	60	67	75	83	92	101	110
	Sitomattoman kantavan moduuli 200 MN/m ²													
40	43	52	61	70	81	91	102	114	126	139	153	166	181	196
50	39	47	56	65	75	85	96	107	119	131	144	158	172	186
60	35	43	51	60	69	79	89	100	111	123	135	148	161	175
70	32	38	46	54	63	72	82	92	102	114	125	138	150	164
80	29	34	41	49	57	65	74	84	94	104	116	127	139	152
90	27	31	37	44	51	59	67	76	86	96	106	117	129	141
100	24	29	33	39	46	53	61	69	78	87	97	107	118	129

Taulukko A.2. Sekoitusjyrsinnän mitoituksessa käytettävän aputason kantavuus (MN/m²), kun aputaso on 150 mm päällysteen alapinnan alapuolella ja vanhan päällysteen moduuli on 1400 MN/m² (PAB-päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 (60) tai AB, jonka vauriosumma on yli 40 (60)).

Päällyst. paksuus, mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	Sitomattoman kantavan moduuli 280 MN/m ²													
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
40	43	49	57	65	74	83	92	102	112	123	134	145	156	168
50	39	45	51	59	67	76	84	94	103	113	124	134	145	157
60	36	41	46	52	60	68	76	85	94	103	113	123	133	144
70	32	37	42	46	53	60	68	76	84	93	102	112	121	131
80	29	33	38	42	47	53	60	68	75	83	92	101	110	119
90	26	30	34	38	43	47	53	60	67	74	82	90	99	107
100	24	27	31	35	39	43	47	53	59	66	73	81	88	96
Päällyst. paksuus, mm	Sitomattoman kantavan moduuli 200 MN/m ²													
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	40	48	57	66	76	86	96	108	119	132	144	158	172	186
50	42	51	59	68	78	88	98	109	121	133	145	159	172	187
60	37	44	52	61	69	79	88	99	109	121	132	145	158	171
70	32	39	46	53	61	70	79	88	98	109	119	131	143	155
80	29	33	40	47	54	62	70	78	88	97	107	118	128	140
90	26	30	35	41	47	54	62	69	78	86	95	105	115	126
100	24	27	31	35	41	48	54	61	69	77	85	94	103	112

Taulukko A.3 Sekoitusjyrsinnän mitoituksessa käytettävän aputason kantavuus (MN/m²), kun aputaso on 150 mm päällysteen alapinnan alapuolella ja vanhan päällysteen moduuli on 2500 MN/m² (AB-päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 (60)).

Päällyst. paksuus, mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	Sitomattoman kantavan moduuli 280 MN/m ²													
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
40	45	52	60	68	76	85	95	104	114	124	135	146	158	169
50	40	45	52	59	67	75	84	93	102	111	121	131	142	153
60	36	40	45	51	58	65	73	81	89	98	107	117	126	136
70	32	36	40	44	49	56	63	70	78	86	94	102	111	120
80	28	32	35	39	43	48	54	60	67	74	82	89	97	105
90	25	28	31	35	39	43	46	52	58	64	71	78	85	92
100	22	25	28	31	35	38	42	45	50	56	61	68	74	80
Päällyst. paksuus, mm	Sitomattoman kantavan moduuli 200 MN/m ²													
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
	40	51	60	69	79	89	99	110	122	134	147	160	173	188
50	44	52	60	68	78	87	97	108	119	130	143	155	168	182
60	37	44	51	59	67	76	85	94	104	115	125	137	149	161
70	32	37	43	50	57	65	73	81	90	100	109	120	130	141
80	28	32	36	42	49	55	63	70	78	86	95	104	113	123
90	25	28	31	36	41	47	54	60	67	74	82	90	99	107
100	22	25	28	31	35	41	46	52	58	64	71	78	86	94

Esimerkki 2. Stabiloinnin mitoitus

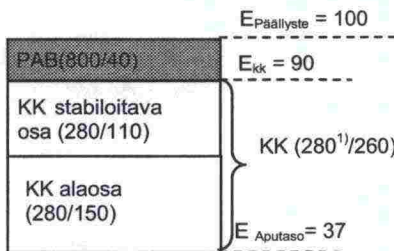
a) Vanha rakenne ennen stabilointia

b) Uusi rakenne stabiloinnin ja päällystämisen jälkeen

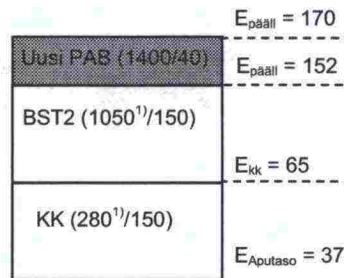
Suluissa on esitetty kerroksen moduuli (MN/m^2)/kerroksen paksuus (mm).

¹⁾ E/E_A - ehdon takia sitomattomalle kantavalle on tässä esimerkissä käytetty moduulia 221 MN/m^2 ja stabiloinnille moduulia 977 MN/m^2

a)



b)



Taulukko B.1. Stabiloidinnin alapinnan kantavuus (MN/m²), kun vanhan kantavan moduuli on 280 MN/m² ja vanhan päällysteen moduuli on 800 MN/m² (PAB- päällyste, jonka vauriosumma on yli 40 m² (60 m²)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Stabiloidintipaksuus 100 mm														
40	58	66	74	82	91	100	109	119	129	139	149	160	170	181
50	56	64	72	80	88	97	107	116	126	136	146	156	166	177
60	53	61	69	77	86	95	104	113	122	132	142	152	162	172
70	51	59	67	75	83	91	100	109	118	128	137	147	157	167
80	48	56	64	72	80	88	97	106	114	124	133	142	152	161
90	46	53	61	69	77	85	93	102	111	119	128	137	147	156
100	43	51	58	66	74	82	90	98	107	115	124	133	142	151
Stabiloidintipaksuus 130 mm														
40	54	61	68	76	83	92	101	111	120	130	141	151	162	174
50	51	59	66	73	81	89	98	108	117	127	137	147	158	169
60	49	56	64	71	78	86	95	104	113	123	133	143	153	164
70	46	54	61	68	75	83	91	100	109	118	128	138	148	158
80	44	51	58	65	72	80	88	96	105	114	123	133	142	152
90	41	48	55	62	69	77	84	92	101	110	118	127	137	146
100	39	45	52	59	66	74	81	89	97	105	114	123	132	141
Stabiloidintipaksuus 150 mm														
40	51	58	65	72	79	87	96	105	115	125	135	146	157	169
50	49	56	63	70	77	84	93	102	112	121	131	142	153	164
60	47	53	60	67	74	82	90	99	108	117	127	137	147	158
70	44	51	58	65	72	79	86	95	104	113	122	132	142	152
80	41	48	55	62	68	75	83	91	99	108	117	127	136	146
90	39	45	52	59	65	72	79	87	95	104	112	121	131	140
100	37	43	49	56	62	69	76	83	91	99	108	116	125	134
Stabiloidintipaksuus 180 mm														
40	48	55	61	68	75	81	89	98	108	118	128	139	150	162
50	46	53	59	66	72	79	86	95	104	114	124	134	145	156
60	44	50	56	63	70	76	83	91	100	110	119	129	140	150
70	41	47	54	60	67	73	80	87	96	105	114	124	134	144
80	38	45	51	57	64	70	77	83	92	100	109	118	128	138
90	36	42	48	54	60	67	73	80	87	95	104	113	122	131
100	34	39	45	51	57	64	70	77	83	91	99	108	116	125
Stabiloidintipaksuus 200 mm														
40	46	53	59	65	72	78	85	94	103	113	123	134	145	157
50	44	51	57	63	70	76	82	91	100	109	119	130	140	152
60	42	48	54	61	67	73	80	87	96	105	114	124	135	146
70	39	45	51	58	64	70	77	83	91	100	109	119	129	139
80	37	43	49	55	61	67	73	80	87	95	104	113	123	133
90	34	40	46	52	58	64	70	76	83	91	99	108	117	126
100	32	38	43	49	55	61	67	73	79	86	94	102	111	120

Taulukko B.2. Stabiloinnin alapinnan kantavuus (MN/m^2), kun vanhan kantavan moduuli on 280 MN/m^2 ja vanhan päällysteen moduuli on 1400 MN/m^2 (PAB- päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 m^2 (60 m^2) tai AB- päällyste, jonka vauriosumma on yli 40 m^2 (60 m^2)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m^2 (Valitaan lähin arvo)													
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Stabilointipaksuus 100 mm														
40	63	70	78	86	95	104	114	123	133	143	153	164	174	185
50	59	67	74	82	91	100	109	118	127	137	147	157	167	177
60	55	63	70	78	86	95	103	112	121	130	140	149	159	169
70	52	59	66	74	81	89	98	106	115	124	133	142	151	160
80	48	55	62	69	77	84	92	101	109	117	126	134	143	152
90	45	51	58	65	73	80	87	95	103	111	119	127	136	144
100	42	48	55	62	69	76	83	90	98	106	113	121	129	137
Stabilointipaksuus 130 mm														
40	58	65	72	79	87	96	105	115	124	134	145	155	166	177
50	54	61	69	76	83	91	100	109	119	128	138	148	158	169
60	51	58	65	72	79	86	95	103	112	121	131	140	150	160
70	47	54	60	67	74	81	89	97	106	114	123	132	142	151
80	44	50	56	63	70	77	84	91	100	108	116	125	134	143
90	40	46	53	59	66	72	79	86	94	101	109	118	126	134
100	37	43	49	55	62	68	75	81	88	96	103	111	119	127
Stabilointipaksuus 150 mm														
40	55	62	69	76	83	91	100	110	119	129	139	150	161	173
50	52	59	65	72	79	87	95	104	113	123	133	143	153	164
60	48	55	61	68	75	82	90	98	107	116	125	135	145	155
70	45	51	57	64	70	77	84	92	100	109	118	127	136	145
80	41	47	53	60	66	72	79	86	94	102	110	119	128	137
90	38	44	50	56	62	68	74	81	88	96	103	111	120	128
100	35	41	46	52	58	64	70	76	83	90	97	105	113	121
Stabilointipaksuus 180 mm														
40	52	58	65	71	78	85	93	102	112	122	132	143	154	166
50	49	55	61	68	74	81	88	97	106	115	125	135	146	157
60	45	51	57	64	70	76	83	91	99	108	117	127	137	147
70	42	47	53	59	66	72	78	85	93	101	110	119	128	137
80	38	44	50	55	61	67	73	80	86	94	102	111	119	128
90	35	41	46	52	57	63	69	75	81	88	95	103	111	120
100	32	37	43	48	53	59	65	70	76	82	89	96	104	112
Stabilointipaksuus 200 mm														
40	50	56	63	69	75	81	89	98	107	117	127	138	149	161
50	47	53	59	65	71	78	84	93	101	111	120	130	141	152
60	43	49	55	61	67	73	79	87	95	103	113	122	132	142
70	40	46	51	57	63	69	75	81	88	96	105	114	123	132
80	37	42	47	53	59	64	70	76	82	90	97	106	114	123
90	34	39	44	49	55	60	66	71	77	83	91	98	106	114
100	31	36	41	46	51	56	62	67	73	78	84	91	99	107

Taulukko B.3. Stabiloinnin alapinnan kantavuus (MN/m²), kun vanhan kantavan moduuli on 280 MN/m² ja vanhan päällysteen moduuli on 2500 MN/m² (AB- päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 m² (60 m²)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
Stabilointipaksuus 100 mm														
40	66	73	81	89	98	107	116	125	135	145	155	165	175	186
50	60	68	75	82	91	99	108	117	126	135	145	154	164	174
60	55	62	69	76	84	92	100	108	117	125	134	143	152	162
70	50	57	64	70	77	85	92	100	108	116	124	133	141	150
80	46	52	58	65	72	78	85	93	100	108	115	123	131	139
90	42	48	54	60	66	73	79	86	93	100	107	115	122	129
100	39	44	50	56	62	68	74	80	87	94	100	107	114	121
Stabilointipaksuus 130 mm														
40	61	68	75	82	90	98	107	117	126	136	146	157	167	178
50	56	62	69	76	83	91	99	108	117	126	136	145	155	166
60	51	57	63	70	77	84	91	100	108	116	125	134	143	153
70	46	52	58	64	71	77	84	91	99	107	115	123	132	141
80	42	47	53	59	65	71	77	84	91	98	106	114	121	129
90	38	43	49	54	60	66	72	78	84	91	98	105	112	120
100	35	40	45	50	55	61	67	72	78	84	91	97	104	111
Stabilointipaksuus 150 mm														
40	58	65	71	78	85	94	102	111	121	131	141	151	162	173
50	53	59	66	72	79	86	94	103	112	121	130	140	150	160
60	48	54	60	67	73	79	86	94	102	111	120	128	138	147
70	43	49	55	61	67	73	79	86	94	101	109	118	126	135
80	39	45	50	56	61	67	73	79	86	93	100	108	115	123
90	36	41	46	51	56	62	68	73	79	85	92	99	106	113
100	33	37	42	47	52	57	63	68	73	79	85	91	98	105
Stabilointipaksuus 180 mm														
40	54	61	67	73	80	87	95	104	114	123	133	144	155	166
50	50	56	62	68	74	80	88	96	104	113	123	132	142	153
60	45	51	56	62	68	74	80	87	95	103	112	121	130	139
70	41	46	51	57	62	68	74	80	86	94	102	110	118	127
80	37	41	47	52	57	62	68	74	79	85	92	100	107	115
90	33	38	42	47	52	57	62	68	73	79	84	91	98	105
100	30	34	39	43	48	53	58	63	68	73	78	83	90	96
Stabilointipaksuus 200 mm														
40	53	59	65	71	77	83	91	100	109	119	129	139	150	162
50	48	54	59	65	71	77	83	92	100	109	118	128	138	148
60	43	49	54	60	66	71	77	83	91	99	107	116	125	135
70	39	44	49	55	60	65	71	77	82	89	97	105	113	122
80	35	40	45	50	55	60	65	70	76	81	88	95	102	110
90	32	36	40	45	50	55	60	65	70	75	80	86	93	100
100	29	33	37	41	46	50	55	60	64	69	74	79	85	91

Taulukko B.4. Stabiloinnin alapinnan kantavuus (MN/m²), kun vanhan kantavan moduuli on 200 MN/m² ja vanhan päällysteen moduuli on 800 MN/m² (PAB- päällyste, jonka vauriosumma on yli 40 m² (60 m²)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevytkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	Stabilointipaksuus 100 mm													
40	58	67	76	86	95	106	116	127	138	149	160	172	184	197
50	56	64	73	83	92	102	112	122	133	144	155	166	177	189
60	53	62	70	79	88	98	108	117	128	138	148	159	170	181
70	51	59	67	76	85	94	103	112	122	132	142	152	163	173
80	48	56	64	72	81	90	98	108	117	126	136	145	155	165
90	46	53	61	69	77	86	94	103	112	121	130	139	148	158
100	43	51	58	66	74	82	90	98	107	115	124	133	142	151
	Stabilointipaksuus 130 mm													
40	54	61	70	80	89	99	110	121	132	144	157	169	183	197
50	51	59	67	76	86	96	106	116	127	139	150	162	175	188
60	49	56	64	73	82	91	101	111	122	132	144	155	167	179
70	46	54	61	69	78	87	96	106	116	126	137	147	159	170
80	44	51	58	66	74	83	92	101	110	120	130	140	151	161
90	41	48	55	62	70	79	87	96	105	114	123	133	143	153
100	39	45	52	59	67	75	83	91	100	108	117	127	136	146
	Stabilointipaksuus 150 mm													
40	51	58	67	76	85	96	106	117	129	141	154	168	182	196
50	49	56	64	73	82	92	102	113	124	135	147	160	173	187
60	47	53	61	69	78	87	97	107	118	129	140	152	165	178
70	44	51	58	65	74	83	92	102	112	122	133	144	156	168
80	41	48	55	62	70	78	87	96	106	116	126	137	148	159
90	39	45	52	59	66	74	83	91	100	110	119	129	140	150
100	37	43	49	56	63	70	78	87	95	104	113	122	132	142
	Stabilointipaksuus 180 mm													
40	48	55	62	71	80	90	101	112	124	137	150	165	180	196
50	46	53	59	68	77	86	96	107	119	131	143	157	171	186
60	44	50	56	64	73	82	91	102	112	124	136	148	161	175
70	41	47	54	60	69	77	86	96	106	117	128	140	152	165
80	38	45	51	57	65	73	81	90	100	110	120	131	143	155
90	36	42	48	54	61	68	77	85	94	104	113	124	134	146
100	34	39	45	51	57	64	72	80	89	98	107	116	127	137
	Stabilointipaksuus 200 mm													
40	46	53	59	68	77	87	98	109	121	134	148	163	179	196
50	44	51	57	65	73	83	93	104	115	128	141	154	169	185
60	42	48	54	61	69	78	88	98	109	120	133	146	159	174
70	39	45	51	58	65	74	83	92	103	113	125	137	150	163
80	37	43	49	55	61	69	78	87	96	106	117	128	140	152
90	34	40	46	52	58	65	73	81	90	100	110	120	131	143
100	32	38	43	49	55	61	69	77	85	94	103	113	123	134

Taulukko B.5. Stabiloidinnin alapinnan kantavuus (MN/m²), kun vanhan kantavan moduuli on 200 MN/m² ja vanhan päällysteen moduuli on 1400 MN/m² (PAB- päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 m² (60 m²) tai AB- päällyste, jonka vauriosumma on yli 40 m² (60 m²)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m ² (Valitaan lähin arvo)													
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Stabiloidintipaksuus 100 mm														
40	63	72	81	91	100	110	121	131	142	153	165	177	189	201
50	59	68	76	86	95	104	114	124	135	145	156	167	178	189
60	55	63	72	80	89	98	107	117	126	136	146	157	167	178
70	52	59	67	75	83	92	100	109	118	128	137	147	156	166
80	48	55	62	70	78	86	94	102	111	120	128	137	146	156
90	45	51	58	66	73	80	88	96	104	112	120	129	137	146
100	42	48	55	62	69	76	83	90	98	106	113	121	129	137
Stabiloidintipaksuus 130 mm														
40	58	66	75	84	94	104	115	126	137	149	162	174	188	201
50	54	62	70	79	88	98	108	118	129	140	152	163	176	188
60	51	58	65	74	82	91	101	110	120	131	141	152	164	175
70	47	54	61	69	77	85	94	103	112	122	131	142	152	163
80	44	50	56	64	71	79	87	96	104	113	122	132	141	151
90	40	46	53	59	66	74	81	89	97	105	114	122	131	140
100	37	43	49	55	62	69	76	83	91	98	106	114	123	131
Stabiloidintipaksuus 150 mm														
40	55	63	72	81	90	101	111	122	134	146	159	173	187	201
50	52	59	67	75	85	94	104	115	125	137	149	161	174	187
60	48	55	62	70	79	87	97	106	117	127	138	149	161	174
70	45	51	57	65	73	81	90	99	108	118	128	138	149	160
80	41	47	53	60	67	75	83	91	100	109	118	128	138	148
90	38	44	50	56	62	69	77	85	93	101	109	118	127	137
100	35	41	46	52	58	65	71	79	86	94	102	110	118	127
Stabiloidintipaksuus 180 mm														
40	52	58	67	76	85	95	106	117	129	142	156	170	185	201
50	49	55	62	70	79	89	99	109	120	132	145	158	172	186
60	45	51	57	65	73	82	91	101	111	122	133	145	158	171
70	42	47	53	60	67	75	84	93	102	112	122	133	145	157
80	38	44	50	55	62	69	77	85	94	103	112	122	133	143
90	35	41	46	52	57	64	71	79	86	95	103	112	122	132
100	32	37	43	48	53	59	66	73	80	88	95	104	112	121
Stabiloidintipaksuus 200 mm														
40	50	56	64	73	82	92	103	114	126	140	154	169	184	202
50	47	53	59	67	76	85	95	106	117	129	142	156	170	185
60	43	49	55	62	70	79	88	97	108	119	130	143	156	169
70	40	46	51	57	64	72	80	89	99	109	119	130	142	154
80	37	42	47	53	59	66	74	82	90	99	109	119	129	141
90	34	39	44	49	55	60	67	75	83	91	100	109	118	128
100	31	36	41	46	51	56	62	69	76	84	92	100	108	118

Taulukko B.6. Stabiiloinnin alapinnan kantavuus (MN/m^2), kun vanhan kantavan moduuli on 200 MN/m^2 ja vanhan päällysteen moduuli on 2500 MN/m^2 (AB- päällyste, jonka vauriosumma on alle 40 m^2 (60 m^2)).

Pääll. paks. mm	Vanhan rakenteen kevätkantavuus, MN/m^2 (Valitaan lähin arvo)													
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
Stabilointipaksuus 100 mm														
40	66	75	84	94	103	113	123	134	144	155	167	178	190	202
50	61	69	77	86	95	104	113	123	133	143	153	164	175	186
60	55	62	70	78	87	95	104	113	122	131	140	150	160	170
70	50	57	64	71	79	87	95	103	111	120	128	137	146	155
80	46	52	58	65	72	79	87	94	102	110	118	126	134	142
90	42	48	54	60	66	73	80	87	94	101	108	116	123	131
100	39	44	50	56	62	68	74	80	87	94	100	107	114	121
Stabilointipaksuus 130 mm														
40	61	69	78	87	97	107	117	128	139	151	163	176	189	202
50	56	63	71	80	88	98	107	117	127	138	149	160	172	184
60	51	57	64	72	80	88	97	106	115	125	135	145	156	167
70	46	52	58	65	72	80	88	96	105	113	122	132	141	151
80	42	47	53	59	66	73	80	87	95	103	111	119	128	137
90	38	43	49	54	60	66	73	80	87	94	101	109	117	125
100	35	40	45	50	55	61	67	73	80	86	93	100	107	114
Stabilointipaksuus 150 mm														
40	58	66	75	84	93	103	114	125	136	148	161	174	188	202
50	53	59	67	76	85	94	103	113	124	135	146	158	170	183
60	48	54	61	68	76	84	93	102	112	121	132	142	153	164
70	43	49	55	61	69	76	84	92	100	109	118	128	138	148
80	39	45	50	56	62	69	76	83	91	99	107	115	124	133
90	36	41	46	51	56	62	69	75	82	89	97	105	112	120
100	33	37	42	47	52	57	63	69	75	82	88	95	102	110
Stabilointipaksuus 180 mm														
40	54	61	70	78	88	98	109	120	132	144	158	172	187	203
50	50	56	63	71	79	88	98	108	119	130	142	154	167	181
60	45	51	56	63	71	79	88	97	106	116	127	138	149	161
70	41	46	51	57	63	71	78	86	95	104	113	123	133	143
80	37	41	47	52	57	63	70	77	85	93	101	109	118	128
90	33	38	42	47	52	57	63	70	76	83	91	98	106	115
100	30	34	39	43	48	53	58	63	69	76	82	89	96	104
Stabilointipaksuus 200 mm														
40	53	59	67	75	85	95	105	117	129	142	156	170	186	203
50	48	54	60	68	76	85	94	105	115	127	139	152	166	180
60	43	49	54	60	68	76	84	93	103	113	123	135	147	159
70	39	44	49	55	60	67	75	83	91	100	109	119	130	140
80	35	40	45	50	55	60	67	74	81	89	97	106	115	124
90	32	36	40	45	50	55	60	66	73	80	87	95	103	111
100	29	33	37	41	46	50	55	60	66	72	78	85	92	100

Esimerkkejä kantavuuden parantamistoimenpiteiden vaikutuksesta parannettavan tien laskennalliseen Odemarkin kantavuuteen.

Toimenpide ¹	Vanhan päällysteen moduuli, MPa											
	800 (rikkonainen PAB-V tai PAB-B)				1400 (ehjä PAB-V tai PAB-B tai rikkonainen AB)				2500 (ehjä AB)			
	Vanhan päällysteen paksuus, mm											
	40		70		40		70		40		70	
	Vanhan päällysteen kevätkantavuus, MPa											
80	140	80	140	80	140	80	140	80	140	80	140	
Laskennallinen kantavuus toimenpiteen jälkeen, MPa												
40PAB-V(vanha pääll. rikk.)	94	157	94	157	94	157	94	157				
40PAB-V(vanha pääll. ehjä)					110	179	110	182	112	183	109	183
40PAB-B(vanha pääll. rikk.)	96	159	96	159	96	159	96	159				
40PAB-B(vanha pääll. ehjä)					112	182	112	185	113	185	110	185
40AB(vanha pääll. rikk.)	100	165	100	165	100	165	100	165				
40AB(vanha pääll. ehjä)					119	192	118	195	119	193	115	192
60AB(vanha pääll. rikk.)	121	191	121	191	121	191	121	191				
60AB(vanha pääll. ehjä)					141	223	137	224	140	224	132	220
150sjyr+40PAB-V	94	154	84	142	90	149	75	131	84	142	64	118
150sjyr+50AB	110	174	99	161	105	169	89	149	99	161	77	135
150sjyr+50SEP ² +40PAB-V	116	188	94	176	108	183	83	163	97	175	71	147
150sjyr+50SEP ² +40AB	133	210	109	197	125	204	98	183	113	196	85	167
150sjyr+50M+40PAB-V	105	162	94	151	101	158	83	140	95	152	71	127
150sjyr+50M+40PAB-B	107	164	95	153	102	160	85	142	96	154	73	129
150sjyr+50M+50AB	122	183	109	170	117	178	98	159	111	172	85	146
150sjyr+100M ³ +40PAB-V	114	169	116	174	110	165	106	163	104	159	94	150
150sjyr+100M ³ +40AB	132	190	133	195	127	186	123	183	121	180	109	169
150sjyr+200M ³ +40PAB-V	153	207	145	199	149	203	134	190	143	197	122	178
150sjyr+200M ³ +50AB	174	230	164	221	169	226	153	212	163	220	140	199
150mhst1(600)+40PAB-V	112	203	98	185	107	196	87	170	99	187	74	146
150mhst1(600)+50AB	129	226	114	207	123	219	102	191	116	209	88	166
150vbst1(700)+40PAB-V	121	213	106	194	115	205	94	178	107	195	80	159
150vbst1(700)+50AB	139	236	122	216	133	228	109	199	124	217	95	179
150kost1(900)+40PAB-V	131	228	114	208	124	220	101	191	116	209	86	171
150kost1(900)+50AB	149	252	131	231	142	244	117	213	133	232	101	192
130vbst2(1050)+40PAB-V	129	223	113	204	122	215	100	188	114	205	86	168
130vbst2(1050)+50AB	147	247	130	227	140	239	116	210	131	228	101	189
150vbst2(1050)+40PAB-V	136	238	118	217	129	230	105	200	120	219	90	178
150vbst2(1050)+50AB	155	263	136	241	148	254	121	222	138	242	105	199
180vbst2(1050)+40PAB-V	146	260	126	236	139	250	111	216	129	238	95	188
180vbst2(1050)+50AB	165	285	144	260	158	275	128	240	147	263	111	210
130mhst2(1200)+40PAB-V	129	231	113	211	122	223	100	194	114	212	86	170
130mhst2(1200)+50AB	147	255	130	234	140	247	116	217	131	235	101	191
150mhst2(1200)+40PAB-V	136	248	118	226	129	239	105	207	120	227	90	178
150mhst2(1200)+50AB	155	272	136	249	148	263	121	230	138	251	105	199
180mhst2(1200)+40PAB-V	146	271	126	246	139	261	111	221	129	248	95	188
180mhst2(1200)+50AB	165	297	144	270	158	287	128	245	147	273	111	210
130kost2(1250)+40PAB-V	135	233	118	213	128	225	105	196	119	214	90	176
130kost2(1250)+50AB	154	258	136	237	147	249	121	219	137	238	105	198
150kost2(1250)+40PAB-V	143	250	125	228	136	242	110	210	127	230	94	188
150kost2(1250)+50AB	163	275	143	252	155	266	127	233	145	254	110	210
180kost2(1250)+40PAB-V	154	274	133	249	147	265	118	228	136	252	101	199
180kost2(1250)+50AB	174	300	152	274	166	290	135	252	155	277	117	221

¹ Toimenpiteen lyhenteen edessä on esitetty sen paksuus (mm). PAB-V, PAB-B ja AB ovat päällystelajeja, joiden laskennallisina moduuleina on käytetty vastaavasti 1400, 1650 ja 2500 MPa. Sjyr= sekoitusjyrsintä. SEP= sepeli = murske, josta on seulottu pois pienimmät raekoot. M= murske. Vbst, mhst ja kost ovat vaahtoibitumi-, masuunihiekka- ja komposiittistabilointi. Stabilointilajin perässä on esitetty sen laatu luokka (1 tai 2) ja sulkeissa moduuli. Vanhan sitomattoman kantavan kerroksen moduulin on oletettu olevan 200 MPa kohdissa ² ja ³ esitetyin poikkeuksin.

² Sitomattoman kantavan murskeen rakeisuutta parannetaan sekoittamalla siihen sekoitusjyrsinnällä uutta, rakeisuudeltaan sopivaa kiviainesta siten, että moduuli nousee 200:sta 280 MPa:han.

³ Uusi murske on lisätty sekoitusjyrsityn kerroksen päälle. Yli 30 cm:n kerros on jaettu laskennassa kahteen osaan, joista alemman moduulin on oletettu olevan 200 MPa ja ylemmän osan moduulin 280 MPa.

ISBN 951-803-554-7
TIEH 2100035-05