

Töö nr 19-05-1490/2

TEE MULDKAHA GEOTEHNILINE PROJEKTEERIMINE
TEE PROJEKTEERIMISE NORMI PTK 5 KASUTAMISE RAAMISTIK

30.oktoober 2021

Autor

Peeter Talviste

Juhataja

Peeter Talviste

Tallinn, 2021

Tee muldkeha geotehniline projekteerimine

Tee projekteerimise normi ptk. 5 kasutamise raamistik

Versioon 10.12.2021

Tellija: Maanteeamet / Transpordiamet

Teelise 4

Tallinn 10916

tel. 611 9300

Kontaktisik: Taivo-Ahti Adamson (e-mail: Taivo-Ahti.Adamson@transpordiamet.ee)

Eesti volitatud teedeinsener, tase 8

Töö täitja: IPT Projektijuhtimine OÜ

Aadress: Kalda 60A-2 10922 Tallinn

Telefon: 6 279 220

Koostaja: Peeter Talviste (e-mail: peeter@geotehnika.ee)

PhD, Eesti volitatud ehitusinsener geotehnika), tase 8

© Transpordiamet [2021]

Töö tellija on Transpordiamet, kuid töö tulemus ei pea olema kooskõlas Transpordiameti seisukohaga ega väljenda Transpordiameti poolt heakskiidetud arvamusi. Vastutus antud dokumendis toodud informatsiooni ja esitatud arvamuste eest lasub täies mahus töö tegijal. Tööd võib vabalt tervikuna tasuta kasutamiseks välja anda või tsiteerida allikale viidates.

© OÜ IPT PROJEKTITUHTIMINE

Kui antud töö alusel koostatakse ja avaldatakse Transpordiameti juhend, siis antud töö muutmine ja täiendamine saab toimuda pädeva isiku osalemisel tagamaks geotehnilist terviklikkust ja kohustuslikku kooskõla Eurokoodeksi ja vastavate EVS-ISO-EN standarditega. Muutmiste ja täiendamiste korral ilma IPT Projektijuhtimine OÜ kirjaliku kooskõlastuseta ei oma IPT Projektijuhtimine OÜ vastutust muudetud dokumendis toodud informatsiooni ja esitatud arvamuste eest, vaid see lasub täies mahus töö muutmise teostajal ja avaldajal.

Sisukord

EESSÕNA.....	5
MÕISTED.....	7
1 SISSEJUHATUS	8
1.1 Eesmärk.....	8
1.2 Kandevõime tagamise voogdiagramm.....	9
1.3 Piirseisundid.....	10
1.3.1 Tee projekteerimisel kasutuspiirseisundi arvutused	10
1.3.2 Tee projekteerimisel kandepiirseisundi arvutused	10
2 GEOTEHNILISE PROJEKTEERIMISE ÜLESANDED	12
3 TEE STABIILSUS.....	14
3.1 Tee stabiilsuse tagamine	14
3.2 Vajalikud lähteandmed	14
3.3 Voogdiagramm	14
3.4 Lähteandmete hankimise viis.....	15
3.5 Kontrolli meetod	16
3.6 Lahendused nõlvade stabiilsuse tagamiseks	16
3.7 Dokumenteerimine.....	17
3.8 Oskusteave	17
3.9 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – Tee muldkeha stabiilsus	18
3.10 Viited.....	18
4 TEE VAJUMISE PROGNOOS.....	20
4.1 Tee vajumine ja vajumise prognoosi vajadus	20
4.2 Vajalikud lähteandmed	20
4.3 Voogdiagramm	21
4.4 Lähteandmete hankimise viis.....	21
4.5 Kontrolli meetod	22
4.6 Lahendused vajumiste mõju vähendamiseks tee kalletele.....	23
4.7 Dokumenteerimine.....	24
4.8 Oskusteave	24
4.9 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – tee vajumise kontroll.....	25
4.10 Viited.....	25
5 TEE KANDEVÕIME	27
5.1 Tee kandevõime projekteerimise põhimõtted	27
5.2 Vajalikud lähteandmed	29
5.3 Voogdiagramm	30
5.4 Lähteandmete hankimise viis.....	30
5.5 Kontrolli meetod	32
5.6 Lahendused tee kandevõime tagamiseks	33
5.7 Dokumenteerimine.....	35
5.8 Oskusteave	35
5.9 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – tee kandevõime	36
5.10 Viited.....	36
6 TEE KÜLMAKINDLUS	38
6.1 Tee külmakindluse tagamine	38
6.2 Vajalikud lähteandmed	38
6.3 Voogdiagramm	39
6.4 Lähteandmete hankimise viis.....	40
6.5 Kontrolli meetod	41

6.6 Lahendused tee külmakindluse tagamiseks	41
6.7 Dokumenteerimine.....	42
6.8 Oskusteave	42
6.9 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – tee külmakindlus	42
6.10 Viited.....	43
7 TEE NIISKUSREŽIIM.....	45
7.1 Tee niiskuse režiimi tagamine	45
7.2 Vajalikud lähteandmed	45
7.3 Voogdiagramm	46
7.4 Lähteandmete hankimise viis.....	46
7.5 Kontrolli meetod	47
7.6 Lahendused tee veerežiimi tagamiseks.....	47
7.7 Dokumenteerimine.....	48
7.8 Oskusteave	48
7.9 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – tee niiskuse režiim	49
7.10 Viited.....	49
8 REOSTUNUD PINNAS.....	51
8.1 Reostunud pinnas ja saneerimise kohustus	51
8.2 Vajalikud lähteandmed	51
8.3 Lähteandmete hankimise viis.....	51
8.4 Kontrolli meetod	52
8.5 Lahendused reostuse likvideerimiseks.....	52
8.6 Dokumenteerimine.....	52
8.7 Kontroll-leht projekti vastu võtmiseks – reostunud pinnas	53
9 LISAD.....	54

LISAD

1. Tee projekteerimist reguleerivad juhendid Eestis
2. Tee projekteerimist reguleerivad juhendid Soomes
3. EVS-EN 16907-1 ja 2:2018 kohased pinnaserühmad teede projekteerimiseks vastavalt GOST 25584 klassifikatsioonile. Pinnaserühmade tüüpomadused „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“ kasutamiseks.
4. Külmakindlus ja niiskuspakkonnad „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“ kasutamiseks.
5. Pinnaseklasside külmakindlus
6. Lubatud külmakerke väärtused
7. Dreenikihi vajalikkuse hindamine
8. Tüüppinnased (Soome)
9. Külmakindlus (Soome)

EESSÕNA

Käesolev raamistik käsitleb tee muldkeha projekteerimisel lahendamist vajavate ülesannete loetelu, vajalikke lähteandmeid ning nende saamise viise ja lahendamise võimalusi. Koostatud on lahendamise tegevuste voogdiagrammid ja kontroll-lehed. Erineva keerukusastmega lahendused on ligitatud pädevusnõuetele vastavalt. Juhend on koostatud Maanteeameti tellimisel vastavalt koostöökokkuleppele IPT Projektijuhtimine OÜ ja Maanteeameti vahel Nr 1-12/19/1457-1.

Juhend tugineb Euroopa Liidu normdokumentidele ning arvestab kohalikku tava.

Juhendis esitatud seisukohad ja soovitused tuginevad allpool loetletud materjalides toodud informatsioonile, mida on autori poolt interpreteeritud ja kohandatud vastavalt juhendi eesmärgile.

Peamised juhendi koostamisel aluseks olnud materjalid, millega kooskõlas olemist käeolev raamistiku koostamisel arvestati:

- [1] EVS-EN 1997-1:2006.
Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.
- [2] EVS-EN 1997-2:2007.
Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuurimused ja katsetamine.
CEN/TC 250/SC 7 N1437 Eurocode 7 - Geotechnical design M515 SC7.PT6 1997-2
Ground properties (PT6) Oct-2020
- [3] prEN 1997-3.
Eurocode 7: Geotechnical design – Part 3: Geotechnical structures" dated April 2019
for review by CEN/TC 250/SC.
- [4] EVS-EN ISO 14688-1:2018.
Geotehniline uurimine ja katsetamine. Pinnase identifitseerimine ja liigitamine. Osa 1:
Identifitseerimine ja kirjeldamine.
- [5] EVS-EN ISO 14688-2:2018.
Geotehniline uurimine ja katsetamine. Pinnase identifitseerimine ja liigitamine. Osa 2:
Liigituspõhimõtted.
- [6] EVS-EN ISO 14689:2018.
Geotehniline uurimine ja katsetamine. Kalju identifitseerimise kirjeldamine ja
liigitamine.
- [7] EVS-EN 16907-1:2018.
Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldeeskiiri.
- [8] EVS-EN 16907-2:2018
Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.
- [9] EVS-EN 16907-3:2018
Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.

- [10] EVS-EN 16907-5:2018.
Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.

Käesoleval ajal (2020-21) on välja töötamisel uued Euroopa standardid, mis hakkavad asendama ülal loetletud standardeid. Kasutades uute standardite mustandversioone, on käesolev juhend viidud kooskõlla nendes toodud seisukohtadega. Mustandversioonide loetelu on toodud alljärgnevalt:

- [1]’ CEN/TC 250/SC 7 N1436. Eurocode 7 - Geotechnical design.
M515 SC7.PT6 1997-1 Geotechnical design - General rules (PT6) Oct-2020.
- [2]’ prEN 1997-2:202x
CEN/TC 250/SC 7 N1437. Eurocode 7 - Geotechnical design.
M515 SC7.PT6 1997-2 Ground properties (PT6) Oct-2020.
- [3]’ prEN 1997-3:202x
CEN/TC 250/SC 7 N1438. Eurocode 7 - Geotechnical design.
M515 SC7.PT6 1997-3. Geotechnical structures (PT6) Oct-2020.

Kehtivad ja välja töötamisel siseriiklikud ja naaberriikide normid, juhised ja juhendid on viidatud iga peatüki lõpus ja koondatult raamistiku LISADES.

Transpordiameti juhenditele viitamisel on eeldatud, et nendes viiakse sisse korrektuurid, millele on osundatud käesoleva lepingu raames IPT Projektijuhtimine OÜ poolt osundatud muudatused.

MÕISTED

Geotehniline uuring on geotehnilise projekteerimise osa, mis seisneb projekteerimiseks vajalike alusandmete kogumises, ülestähendamises ja tõlgendamises.

Pinnasemudel on geotehnilise uuringu tulem, mis on valminud uuringuga hõlmatud ala geoloogiliste, hüdrogeoloogiliste ja geotehniliste tingimuste interpretatsioonil. Pinnasemudel on kasutuses üldmõistena, mis kehtib sõltumata sellest, kas tegemist on kalju või pinnasega. Pinnasemudel koosneb geotehnilistest üksustest (kihtidest), mille geotehnilistele omadustele on tuletatud arväärtused.

Aluspinnas käesolevas juhendis on looduslik pinnas või kalju, ümbertöötatud looduslik või tehispinnas, millele rajatakse või millel paikneb tee konstruktsioon või millesse kaevatakse või on kaevatud tee süvend. Muude geotehniliste struktuuride (sillad, tugiseinad, viaduktid jne) juures antud mõistet ei kasutata.

Elastusmoodul e. Young'i moodul (E) on materjali elastseid omadusi iseloomustav võrdetegur, normaalpinge ja suhtelise deformatsiooni suhe, määratakse pinge-suhtelise deformatsiooni graafiku lineaarselt osalt.

$$E = \sigma / \varepsilon$$

Pinnase elastsusmoodul määratakse kompressiooniolukorras. Pinnase puhul ei ole tegemist pideva materjaliga, elastsusmoodulis sisaldub alati ka mingi jäävdeformatsiooni komponent. Selle tõttu kasutatakse teedevaldkonnas elastsusmooduli asemel suurust „**taastuv elastsusmoodul**“ (**M_r**) (*resilient modulus*), mis on pinge ja sellele vastava taastuva deformatsiooni suhe, sisuliselt E_{v2} . Pinge ja kogudeformatsiooni suhe on tinglikult E_{v1} .

Püsiomadused on pinnase või materjali omadused, mis käitlemisel ei muutu nagu näiteks lõimiskoostis ja Atterbergi piirid.

Olekuomadused on pinnase või materjali omadused, mis käitlemisel võivad muutuda nagu näiteks veesisaldus ja tihedus.

Pinnaserühm on teatud püsiomaduste alusel teatud mullatööde ülesande lahendamiseks loodud ja tüüpomadustega iseloomustatud pinnased.

Tüüplahendus on pinnaserühmadesse liigitatud pinnaste tüüpomaduste abil arvutatud ja projekteeritud lahendus.

Kataloogilahendus on tüüplahenduse erijuht, esitatud pinnaserühmadena liigitatud materjalide järgnevuste ja kihi paksustena.

Erilahendus on lahendus, kus ei ole kasutatud tüüppinnaseid ja/või nende tüüpomadusi.

1 SISSEJUHATUS

1.1 EESMÄRK

Muldkeha projekteeritakse eesmärgiga tagada teekatte pinnal vajalik kandevõime optimaalsete kattekihtide paksustega. Muldkeha erinevate (pinnase- ja/või materjali) kihtide paksus ja järgnevus vajaliku kandevõime saavutamiseks tuletatakse järgmise lahendina:

- Vajalik kandevõime tee pinnale leitakse liikluskoormuse (-sageduse) ja selle prognoosi põhjal. Metoodika erineb riigiti.
- Tee aluspinnase omadused määratakse pinnaseuuringutega, vajadusel (kuluefektiivsema lahenduse saamiseks) looduslike aluspinnaste omadusi parendatakse. Aluspinnaste omaduste leidmise metoodika erineb riigiti.
- Tee konstruktsiooni erinevate kihtide omadused saadakse spetsifikatsioonidest või on leitavad tabelväärtustena. Need omadused tagatakse vajaliku tihendamise ja tihendamise. Nii materjalide kui pinnaste omadused teekonstruktsioonis (spetsifikatsioonide või tabelväärtustena) erinevad riigiti.
- Tee konstruktsioon – erinevate kihtide paksused ja järgnevus – arvutatakse Odemark'i valemi abil. See valem riigiti ei erine ja on elastse poolruumi teoorial põhinev lahend, mis seob koormatud pinna mõõtmed, pingete jaotuse koormatud pinna all ning erineva paksuse ja elastsusega kihtidest koosneva poolruumi reaktsiooni poolruumile rakendatud koormusega.

Lisaks kandevõime tagamisele peab projekteeritud tee ja muldkeha:

- olema stabiilne, so. ei tohi esile kutsuda maalihet,
- olema ajas püsivate kalletega piki- ja põiksuunas, so. säilitades normi kohased kalded pika aja jooksul,
- olema külmakindel, so. ei tohi kerkida külmumisel rohkem kui lubatud,
- olema stabiilse niiskusrõõmiga, so. välistab hüdrostaatilisest suurema veesurve tekkimise võimaluse, välistab peenosiste materjalide segunemise (nn „ülespumpamise“ teel), välistab materjalide väljakande muldkehast (suffosiooni)

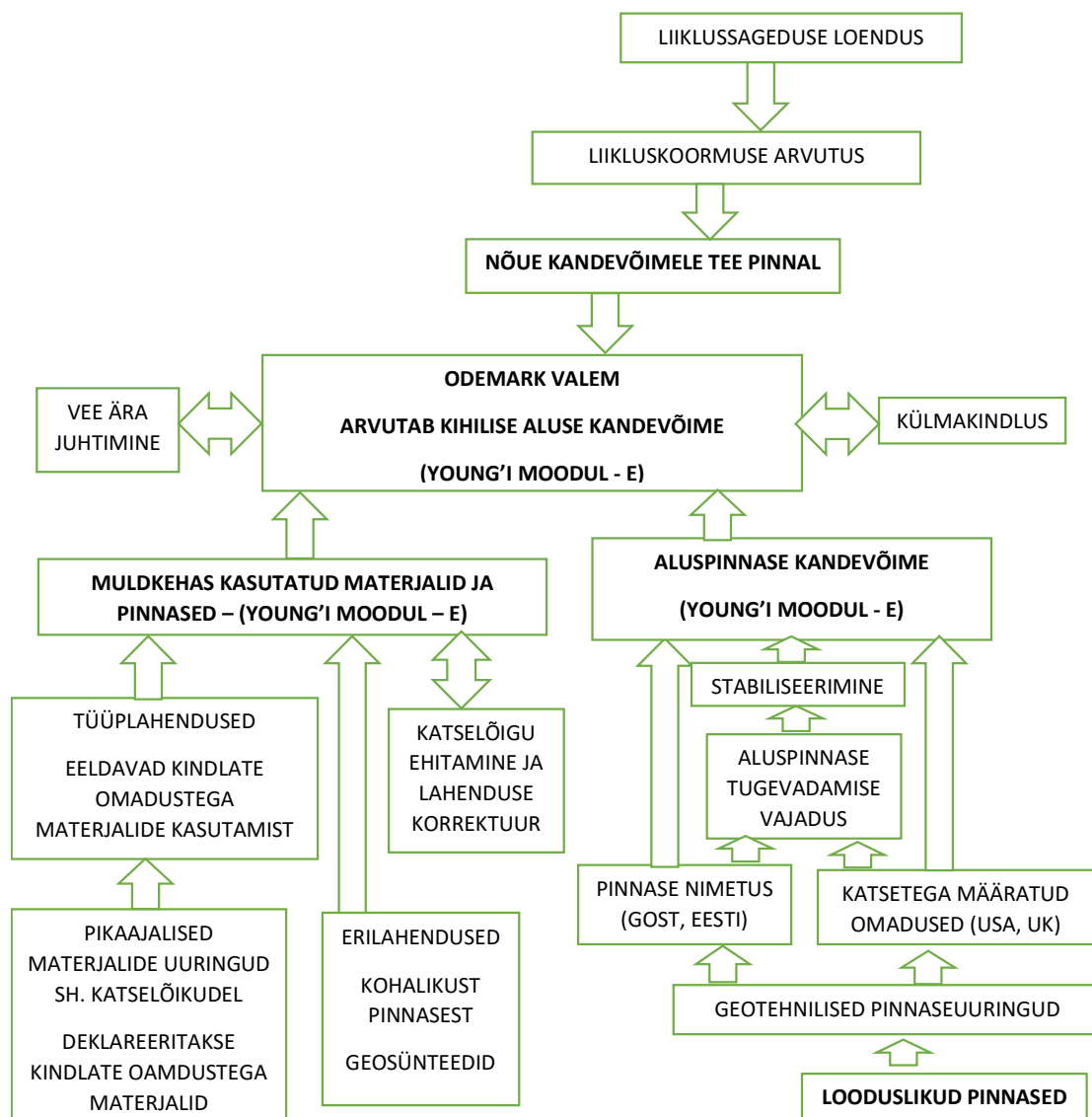
Käesolev juhendmaterjal käsitleb nende ülesannete lahendamise teid muldkeha projekteerimisel, vajalikke lähteandmeid, lahenduse käike ja dokumentatsiooni kvaliteedi tagamiseks aga ka norme ja standardeid, millest juhendada. Suurema kandevõimega muldkeha võimaldab rajada ökonoomsema katendi.

Ohtlikke aineid üle piirväärtuse sisaldavad reostuskolded tuleb pinnases esinemise korral saneerida kinnistu omanikul. Seetõttu leiab käesolevas raamistikus käsitlemist ka reostunud pinnaste käitlemine.

1.2 KANDEVÕIME TAGAMISE VOOGLADIAGRAMM

Muldkeha geotehnilise projekteerimise protsess on kirjeldatud järgneva voolgliadiagrammiga. Tee kandevõime leitakse Odemark valemiga. Sisendiks on aluspinnase kandevõime ja muldkehas kasutatud materjalide või pinnaste kandevõime väärtused. Saadud väärtust kontrollitakse võrdlemisega vajaliku kandevõimega, mille omakorda määrab liikluskoormus ja selle prognoos. Korrektuurid muldkehas kasutatud pinnase- või materjalikihtide omaduste ja paksuste osas võivad olla vajalikud külmakindluse ja vee ära juhtimise tagamiseks.

Voolgliadiagramm 1. Muldkeha geotehnilise projekteerimise protsessi kirjeldus vajaliku kandevõime tagamisel.



1.3 PIIRSEISUNDID

EVS-EN 1997 kohaselt toimub projekteerimine kasutuspiirseisundist ja kandepiirseisundist lähtudes.

1.3.1 Tee projekteerimisel kasutuspiirseisundi arvutused

1. Tee kandevõime ja eluea tagamine.

Selgitus:

Kui tee kandevõime ei ole tagatud tee eluea vältel, siis tee katend laguneb varem ja kulutused taastamiseks tuleb teha varem. See ei tähenda tee purunemist selles mõistes, et teda enam kasutada ei saa või et kasutamisega kaasneks oht elule. Seega on kasutamisega seotud on ebamugavused (kiiruspiirang, maksimaalse teljekoormuse piirang) ja hilinevad kulutused remondile kasvavad progresseeruvalt. Seega ülesanne "Tee kandevõime" on kasutuspiirseisundi ülesanne.

2. Vajaliku piki ja ristprofiili tagamine.

Selgitus:

Tee profiil projekteeritakse vee äravoolu tagamiseks ristisuunas ja sõidukiiruse lubamiseks pikisuunas. Määratud pikikalletele ja põikalletele esitatud nõuetega. Need kalded aga tee aluspinnaste tihenemisel aga ka külmakergete tagajärjel aja jooksul võivad muutuda. Sarnaselt kandevõime tagamisega ei põhjusta liigne vajumine või külmakerkimine tee purunemist vaid võib seada piirangud tee kasutamisele (kiiruspiirang, koormuspiirang). Seega ülesanded "Tee vajumise prognoos ja kallete muutumise kontroll" ja "Tee külmakindlus" on kasutuspiirseisundi ülesanded.

1.3.2 Tee projekteerimisel kandepiirseisundi arvutused

1. Tee muldkeha stabiilsus

Selgitus:

Muldkeha stabiilsuse kadu väljendub maalihke toimumises. Maalihke tagajärjel võib hetkeliselt muutuda kasutuskõlblikuks kas kogu teetammi osa mis maalihkega kahjustatud, või osa (sõidurada või -suund) sellest. Maalihkega võivad kaasneda inimohvrid. Seega on muldkeha stabiilsuse tagamine kandepiirseisundi arvutus.

2. Tee katendist vee välja juhtimine nõutud ajaperioodi vältel

Selgitus:

Vesi vahetult katte (asfalt) all purustab katte väga kiiresti veesurve tagajärjel. Kate võib saada 15...25 aastase kasutamisega võrreldava kahjustuse mõne päeva jooksul. Selle tõttu liigitub ülesanne kandepiirseisundi ülesandeks.

2 GEOTEHNILISE PROJEKTEERIMISE ÜLESANDED

Tee muldkeha konstruktsiooni geotehniline projekterimine peab lahendama järgmised teede pikaalisust tagavad ülesanded:

1. Tee stabiilsus – tee ei põhjusta maalihet aluspinnases ja tee jaoks rajatava süvendi nõlvad on stabiilsed.
2. Tee pinna kalded – tee mõjul toimuv aluspinnase tihenemine ja tihenemise poolt põhjustatud kallete muutus jääb normidega lubatud piiridesse.
3. Tee kandevõime – tee konstruktsioon on projekteeritud pikaalisena vastavalt liikluskõormusele.
4. Tee külmakindlus – tee kerge külmudes jääb lubatud piiridesse.
5. Tee niiskusrežiim – tee konstruktsioonis ei tohi moodustuda ühelgi ajahetkel veeläätsi.
6. Reostunud pinnased – teemaalt uuringutega tuvastatud reostunud pinnase käitlemine.

Nende ülesannete lahendamiseks vajalike andmed saadakse geotehniliste pinnaseuuringute läbi viimisega, mille tulemusel koostatakse pinnasemudel, mis omakorda iseloomustatakse pinnaste omaduste normväärtustega (IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhend“, 2021.).

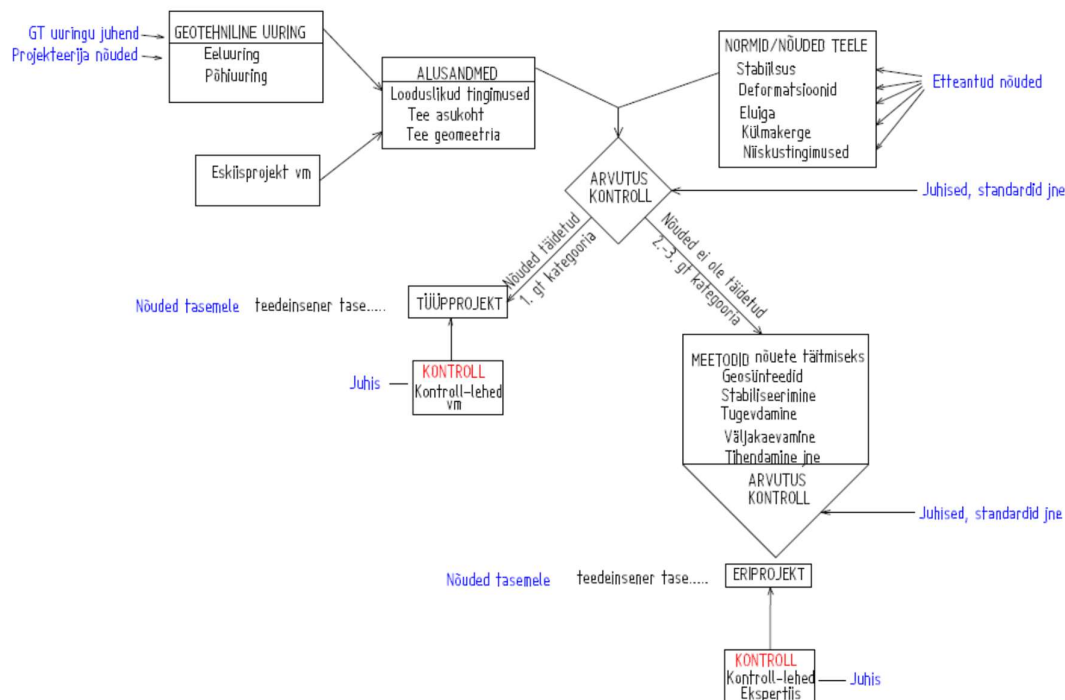
Geotehniliste pinnaseuuringute eesmärgiks on pinnase (kalju) olukorra kindlaks tegemine ning seda mõjutavate nähtuste iseloomu selgitamine, pinnase ja kalju omaduste määramine ning vajaliku lisateave kogumine muude asjakohaste tingimuste kohta.

Geotehniliste uuringute aruanne peab pinnasemudelil eraldatud geotehniliste üksuste kohta sisaldama vähemalt järgnevate omaduste määranguid:

	Ülesanne	Geotehniliste kihtide omadused
1	Tee stabiilsus	Tugevusparameetrid, mahukaal
2	Tee vajumise prognoos ja tee pinna kallete kontroll	Mahumuutusparameetrid, mahukaal
3	Tee kandevõime	Elastsusmoodul, lõimis ja platsus
4	Tee külmakindlus	Lõimis ja platsus
5	Tee niiskusrežiim	Lõimis ja platsus

Ülesannete lahendamise põhiskeem ja tegevused on Voogdiagrammil 2. Iga ülesande lahendamiseks on järgnevates peatükkides koostatud ülesande spetsiifikat arvestav voogdiagramm.

Voogdiagramm 2. Geotehniliste ülesannete lahendamise üldine põhimõte voogdiagrammina.



Ülesanded rakenduvad uue tee projekteerimisel, osaliselt ka olemasoleva tee rekonstrueerimisel:

	Ülesanne	Geotehniliste ülesannete rakendumine
1	Tee stabiilsus	Uue muldkeha korral
2	Tee vajumise prognoos ja tee pinna kallete kontroll	Uue muldkeha korral Tee laiendamise korral olemasoleva muldkeha kõrvale
3	Tee kandevõime	Uue muldkeha korral Tee laiendamisel olemasoleva muldkeha kõrvale Tee rekonstrueerimisel
4	Tee külmakindlus	Uue muldkeha korral Tee laiendamisel olemasoleva muldkeha kõrvale Tee rekonstrueerimisel (osaliselt)
5	Tee niiskuserežiim	Uue muldkeha korral Tee laiendamisel olemasoleva muldkeha kõrvale Tee rekonstrueerimisel (osaliselt)

3 TEE STABIILSUS

3.1 TEE STABIILSUSE TAGAMINE

Tee mulle on koormus mulde all lasuvatele looduslikele pinnastele. Nõrkade aluspinnaste korral võib tee mulde koormus esile kutsuda maalihke, mille tagajärjel mulle puruneb aluskihtide tugevuse ületamise tagajärjel.

Tee stabiilsuse mõistes loetakse nõrgaks pinnaseks savipinnaseid või turvast, mille drenimata nihketugevus on väiksem kui 40 kPa.

Tüüplahendused nõlvade ja mullete nõlvusele on toodud tugevates pinnaste jaoks.

Nõrkade pinnaste esinemisel kontrollitakse stabiilsusarvutusega tüüplahenduse rakendatavus ja töötakse vajadusel välja erilahendus.

Stabiilne peab olema nii muldkeha tööde tegemise ajal kui ka tee konstruktsioon tervikuna peale kattekihtide lisamist.

Maalihkekindluse saab tagada erinevate lahendustega: nõlvade projekteerimine laugematena, toetamine tugiseintega, geosünteevide kasutamisega, kergmaterjalide kasutamisega, aluspinnaste asendamise või tugevdamisega jne.

3.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

Tee stabiilsuse kontrollarvutuste tegemiseks on vajalikud järgmised lähteandmed:

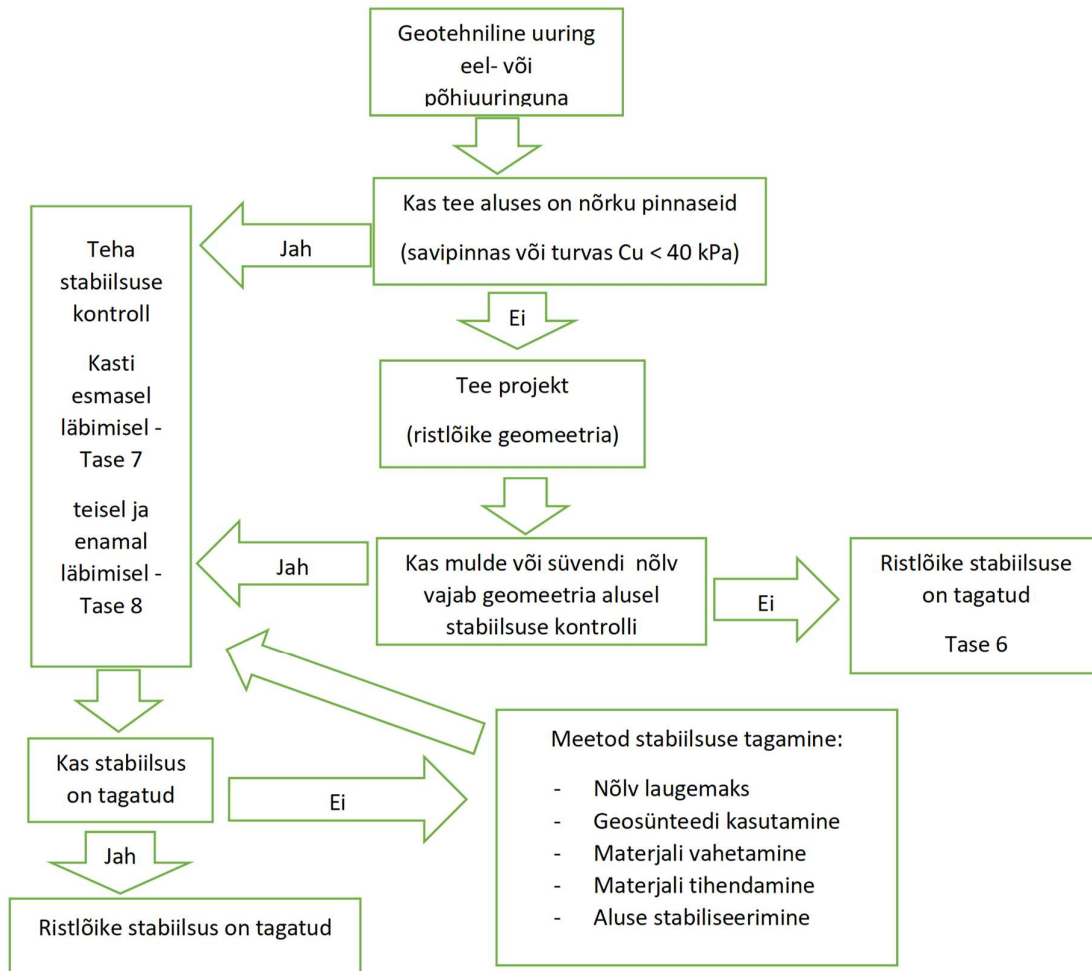
1. Pinnased ja nende levik tee trassi all või kaevis nõlvas
2. Põhjavee tase peale mulde ehitamist tee trassi all või kaevis nõlvas
3. Pinnaste tugevust iseloomustavad parameetrid, pinnaste mahukaal
4. Muldkeha kõrgus ja nõlvus või kaevis kõrgus ja nõlvus
5. Muldkeha materjalid ja nende tugevusparameetrid ning mahukaal
6. Koormused tee serval või kaevis nõlval

Lähteandmete puudumise korral arvutust teha ei ole võimalik, lahenduse jaoks on vajalik kõikide andmete olemasolu.

3.3 VOOGLAHENDUS

Alljärgneval voogdiagrammil on tood tegevused tee muldkeha stabiilsuse tagamisel koos vastavate tasemenõuetega projekteerijale.

Voogdiagramm 3. Tee stabiilsuse tagamine



3.4 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Geotehnilised pinnaseuuringud ja uuringute tulemusena koostatud pinnasemudel kirjeldab pinnaseid ja nende levikut ning iseloomustab pinnase vajalike normsuurustega.

Uuringute üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Uuringute detailsem metoodika on kirjeldatud juhistes:

- IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr. 19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhise“, Tallinn, 2021.

Kontrollarvutuse tegemiseks on vaja teada muldkeha kõrgust, nõlvust ja kasutatud materjalide või pinnaste tugevuse normsuuruseid. Kaeve korral on vaja teada kaeve kõrgust ja nõlvust. Need andmed saab projekti joonistelt ja seletuskirjast.

Põhjavee tase arvutusmudelisse võetakse võrdseks veetaseme alandamise lahendusega määratud maksimaalse veetasemega. Kuivendamise projekt tehakse kooskõlas „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendiga“ (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi välja töötamine“).

Transpordivahendite maksimaalne koormusskeem võetakse raskete veokite tehase antud iseloomustusest.

3.5 KONTROLLI MEETOD

Tee muldkeha stabiilsuse kontroll tehakse lihkearvutusena. Arvutuse üldised põhimõtted on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Üksikasjalised juhised, arvutusmetoodika ja näited võib leida juhise „Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita“.

3.6 LAHENDUSED NÕLVADE STABIILSUSE TAGAMISEKS

Juhul kui projektis esialgu ette nähtud nõlv ei ole stabiilne, so. ei rahulda EVS-EN 1997-1 stabiilsustingimust, tuleb nõlv muuta stabiilseks. Kasutada saab järgmisi võtteid:

- Nõlvad projekteeritakse laugemana.
 - o Eelised – on tavaliselt ökonoomsem meede
 - o Puudused – kinnistu piiride lähedus, veekogu lähedus või teiste kommunikatsioonide lähedus võib teha selle lahenduse võimatuks – laugem nõlv ei mahu projekti piiridesse ära.
- Tugiseinte kasutamine
 - o Eelised – võimaldavad rajada suure nõlvusega järskusid nõlvasid piiratud maa-alale
 - o Puudused - ehitusmaksumus
- Pinnaseankrute kasutamine, sageli kombinatsioonis tugiseintega
 - o Eelised – võimaldavad rajada ökonoomsemaid tugiseinasid, saab paigaldada kaeвете nõlvadesse ja juba rajatud nõlvadesse, enne ja pärast tugiseina rajamist.
 - o Puudused – ulatuvad sageli väljapoole rajatise piiridest, ehitusmaksumus.
- Geosünteedide kasutamine
 - o Eelised – toimivad sarnaselt pinnaseankrute, kuid neid saab kasutada tugiseina rajamata

- Puudused – saab kasutada vaid rajatavas nõlvas ning paigaldatakse vastavalt nõlva kasvamisele alt üles, ei saa paigaldada kaevete nõlvadesse või juba rajatud nõlva kindlustamiseks
- Aluspinnase asendamine
 - Eelised – kui nõlva ebastabiilsuse põhjuseks on aluspinnase nõrkus, siis võimaldab see lahendus ebastabiilsuse põhjuse likvideerida nõlva konfiguratsiooni muutmata ja tehismaterjale kasutamata, lihtne kaevetöö ja pinnase paigaldamine tihendamisega, saab teha tavapäraseid tee-ehitamise tehnikat rakendada
 - Puudused – suuremahulised kaevetööd ja suur asendatav täitematerjali vajadus, kõrge pinnasevee taseme korral ei ole kontrollitav täitematerjali vajaliku tiheduse saavutamine paigaldamisel, vajadus paigaldada välja kaevatud pinnas kuhugi
- Aluspinnase stabiliseerimine või tugevdamine
 - Eelised – vähendab kaevetööde mahtu kuna nõrka aluspinnast ei ole vaja välja kaevata, võimaldab saavutada kontrollitult vajaliku aluspinnase tugevuse
 - Puudused – alati erilahendus, vaja on välja töötada stabiliseerimiseks sobiv retsept ja kontrollida saavutatud tulemust katsetööga, nõuab spetsiaalset agregaat sūvastabiliseerimiseks – tööde mobilisatsioon ja demobilisatsioon tavaliselt kõrge künnisega

Üksikasjalised juhised „Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010. Liikenneviraston ohjeita“ ja „Muldkeha ja drenikihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised“ Maanteeameti peadirektori käskkiri 05.01.2016 nr 0001.

3.7 DOKUMENTEERIMINE

Valitud lahenduse joonised, mulde materjalide spetsifikatsioon, nõuded materjalide paigaldamisele, geosünteedide spetsifikatsioon ja nõuded, nõuded ja retseptid stabiliseerimiseks, mahud pinnase välja vahetamisel ja nõuded asenduspinnasele.

3.8 OSKUSTEAVE

Tüüplahendused tugeval aluspinnasel on toodud MKM 5.08.2015.a. määruses nr.106 „Tee projekteerimise normid“, Lisa, Tabelid 3.11 ja 3.12.

Nõlvadel, mis on kas järsumad või kõrgemad nimetatud tabelväärtustest, on stabiilsuse kontrollarvutuse tegemine kohustuslik.

Nõlvadel, mis paiknevad nõrgal aluspinnasel, on stabiilsuse kontrollarvutus kohustuslik.

Muldkeha stabiilsust kontrollida ei ole vaja – ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 6.

Projekteerimine arvutustega – diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7.

Projekteerimine geosünteedide kasutamisega või aluspinnase stabiliseerimisega – volitatud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 8 või diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7, kellel on vähemalt 3 sarnase lahenduse kogemus viimase 5 aasta jooksul.

3.9 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – TEE MULDKEGA STABIILSUS

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Geotehniline mudel koostatud ja tugevusparameetrite ning mahukaaludega iseloomustatud		
2	Kas aluses esineb nõrku pinnaseid ($C_u < 40$ kPa)		
3	Kas tee ristlõige nõuab stabiilsuse kontrollarvutust		
4	Kas stabiilsus on tagatud täiendavate meetmeteta		
5	Kas stabiilsus on tagatud täiendavate meetmetega		
6	Kas projekteerija pädevus vastab ülesandele (vt vastuste võti otsustamiseks) Tase 6 : 2-3 „Ei“ Tase 7 : 2-4 või 3-4 „Jah“ Tase 8 : 5 „Jah“		
	1 „Ei“ – projekt koostatud piisava informatsioonita ülesande lahendamiseks		

3.10 VIITED

Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr.101, 03.08.2015)

Normid

1. EVS-EN 1997-1:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.“
2. EVS-EN 1997-7:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuuringud ja katsetamine.“
3. EVS-EN 16907-1:2018. „Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldeeskirja.“

4. EVS-EN 16907-2:2018. „Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.“
5. EVS-EN 16907-3:2018. „Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.“
6. EVS-EN 16907-5:2018. „Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.“

Eesti juhised ja juhendid

1. Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori käskkirj nr.0001, 05.01.2016)

Soome juhised ja juhendid

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2/2012. Liikenneviraston ohjeita.
4. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
5. Syvästabiloinnin suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
6. Massavaihton suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
7. Kevennysrakenteinen suunnittelu. Liikennevirasto 2011.

IPT Projektijuhtimine OÜ 2021 aastal koostatud juhised

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normisuuruste määramise juhend“, 2021.
2. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.

4 TEE VAJUMISE PROGNOOS

4.1 TEE VAJUMINE JA VAJUMISE PROGNOOSI VAJADUS

Tee mulle on koormus mulde all lasuvatele looduslikele pinnastele, mille mõjul need tihenevad. Tavaliselt toimub see tihenemine muldkeha ehitamise ajal ja väljendub minimaalsete siiretena ning seetõttu muldkeha aluste pinnaste vajumise prognoos vajalik ei ole.

Erandi moodustavad nõrgad pinnased tee all, mille tihenemine jätkub ka peale tee kasutusele võtmist. Sellisteks pinnasteks on turvas ja nõrgad savipinnased. See pikaajaline vajumine väljendub juba vastu võetud tee pinna vajumisena. Kuna mulde paksus muutub (tee ristlõike muutumisel, eriti mulde servaaladel) ja pingeseisund tee teljel ja servades on erinev, siis vajub ka tee pind ristlõikes erinevalt ning põhjustab tee pinna põikkalde muutumist. Kuna pinnasekihtide paksus ruumis on muutuv ja põhjustab samuti vajumise erinevust, võib muutuda ka tee pikikalle. Kui vajumise tagajärjel muutuvad tee pinna kalded lubatust enam, tuleb aluspinnased asendada või tugevdada.

Tee vajumise põhjustamise mõistes loetakse nõrgaks pinnaseks savipinnased või orgaanilisi pinnaseid (turvas, muda, järve või allikalubi), mille ülddeformatsioonimoodul $E_o < 5 \text{ MPa}$ (mitte segamini ajada tee kandevõime arvutamisel kasutava elastsusmooduliga E). Eo võimaldab prognoosida summaarset vajumist, mis toimub elastse mahumuutuse ja pinnase tihenemisest toimuva mahumuutuse summana.

Vajumisprognoos annab lähteandmed aluspinnaste asendamise või tugevdamise vajaduse üle otsustamiseks.

Vajumisprognoos on vajalik kindlasti juhul, kui sillad ja viaduktid on rajatud vaivundamendile, rambid aga pinnasele. Tavaliselt kasutatakse vaiasid nõrkade pinnaste esinemise korral ja võimaldavad rajada sillad ja viaduktid mitte vajuvatena. Rampide all nõrgad pinnased tihenevad ja üleminekul vaiadele toetuvalt rajatiselt pinnasele toetuvale rambile tekib suur vajumiserinevus.

Vajumisprognoos ei võimalda otsustada muldkeha enda materjali tihenemise üle.

4.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

Tee vajumise kontrollarvutuste tegemiseks on vajalikud järgmised lähteandmed:

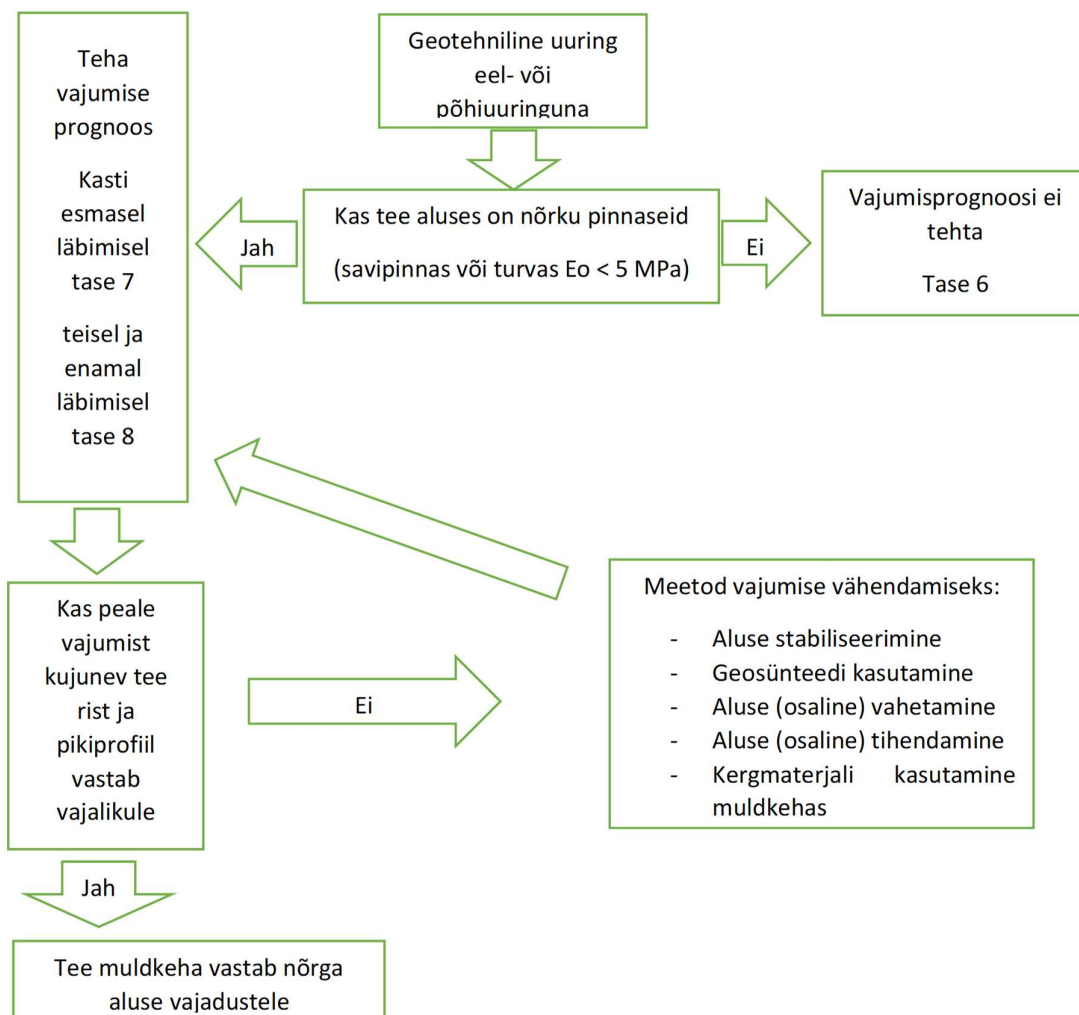
1. Pinnased ja nende levik tee trassi all
2. Põhjavee tase enne trassi ehitamist
3. Põhjavee tase peale mulde ehitamist tee trassi all
4. Pinnaste tihenemist ja vastavat mahumuutust iseloomustavad parameetrid, pinnaste mahukaal
5. Pinnase tihenemist ajas iseloomustavad parameetrid

6. Muldkeha kõrgus ja nõlvus, muldkeha materjalide mahukaal
7. Lubatud kõrvalekalded tee konfiguratsioonist – pikikalle ja põikikalle, siirded

Lähteandmete puudumise korral arvutust teha ei ole võimalik, lahenduse jaoks on vajalik kõikide andmete olemasolu.

4.3 VOOGLADIAGRAMM

Alljärgneval voogdiagrammil on tood tegevused tee muldkeha stabiilsuse tagamisel koos vastavate tasemenõuetega projekteerijale.



4.4 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Geotehnilised pinnaseuuringud ja uuringute tulemusena koostatud pinnasemudel kirjeldab pinnaseid ja nende levikut ning iseloomustab pinnase vajalike normisuurustega.

Uuringute üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Uuringute detailsem metoodika on kirjeldatud juhistes:

- IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr. 19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhise“, Tallinn, 2021.

Kontrollarvutuse tegemiseks on vaja teada muldkeha kõrgust, nõlvust ja kasutatud materjalide või pinnaste tugevuse normsuuruseid. Need andmed saab projekti joonistelt ja seletuskirjast.

Põhjavee tase arvutusmudelisse võetakse võrdseks veetaseme alandamise lahendusega määratud maksimaalse veetasemega. Kuivendamise projekt tehakse kooskõlas „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendiga“ (Leping 25.02.02 „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendi välja töötamine“).

Lubatud kõrvalekalded tee konfiguratsioonist ehk kontrollarvud, millest suuremate siirete korral tuleb aluspinnast tugevdada võetakse alljärgnevatest juhistest:

- Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr 101 03.08.2015)
- Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita, tabelid 4 ja 5.
- Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhise (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016), tabel 3.1.

4.5 KONTROLLI MEETOD

Tee pinna siirete ulatuse hindamiseks tehakse vajumisprognoos. Savipinnaste tihenemine koormuse all võib kesta aastasadu, seetõttu tuleb teha ka vajumise ajalise kulgemise prognoos.

Üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Üksikasjalised juhised, arvutusmetoodika ja näited võib leida juhise „Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita“.

Vajumisprognoos lahendatakse ruumilise ülesandena ja peab võimaldama hinnata tee muldkeha vajumist plaanis ja ajas otsustamaks tee kallete muutumise lubatavuse üle vastavalt „Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhise“ (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016), tabeli 3.1. piirväärtustele (alljärgnevas tabelis).

Tabel. Maksimaalse vajumise ja piki- ning põikkallete lubatud piirväärtused. (Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhise 2016-0001, Tabel 3.1.)

Seos kiirusega	Maksimaalne vajumine, mm	Maksimaalne pikikalde muutus, %	Maksimaalne põikkalde muutus, %
Põhimaantee	300	0,4	1,5
Tugimaantee	400	0,5	1,5
Kõrval maantee	500	0,6	2,0

4.6 LAHENDUSED VAJUMISTE MÕJU VÄHENDAMISEKS TEE KALLETELE

Juhul kui tee vajumine või piki- ja põikkallete arvutatud väärtus ületab „Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhise“ (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016), tabeliga 3.1.lubatud piirmäärad, tuleb rakendada meetmeid nende vähendamiseks. Saab kasutada järgmisi meetodeid:

- Eel- ja ülekoormamine võimaldamaks pinnase tihenemist enne kattekihtide rajamist
 - o Eelised – saab kasutada pinnaseid ja materjale, mida kas kaevatakse koha pealt või kasutatakse hiljem sama objekti ehitusel
 - o Puudused – tihenemiseks on vajalik piisavalt pikk aeg
- Aluspinnase asendamine turba ja/või pehmete savide esinemise korral
 - o Eelised – lihtne kaevetöö ja pinnase paigaldamine tihendamiseks, saab teha tavapäraseid tee-ehitamise tehnikat rakendades
 - o Puudused – suuremahulised kaevetööd ja suur asendatav täitematerjali vajadus, kõrge pinnasevee taseme korral ei ole kontrollitav täitematerjali vajaliku tiheduse saavutamine paigaldamisel, vajadus paigaldada nõrk pinnas kuhugi
- Aluspinnase stabiliseerimine turvas ja/või pehmete savide esinemise korral.
 - o Eelised – vähendab kaevetööde mahtu kuna nõrka aluspinnast ei ole vaja välja kaevata, võimaldab saavutada kontrollitult vajaliku aluspinnase väikese kokkusurutavuse, aeg stabiliseerimisest tee muldkeha ehitamiseni on väiksem kui eel- ja ülekoormamise korral
 - o Puudused – alati erilahendus, vaja on välja töötada stabiliseerimiseks sobiv retsept ja kontrollida saavutatud tulemust katsetööga, nõuab spetsiaalset agregaatide süvastabiliseerimiseks – tööde mobilisatsioon ja demobilisatsioon tavaliselt kõrge künnisega
- Vajumise kiirendamine (vertikaaldrenid), et tihenemine toimuks valdavalt ehituse ajal
 - o Eelised – vähendab eel- ja ülekoormamise aega oluliselt, paigaldamine on kiire ja odav
 - o Puudused – sageli on vaja rakendada koos eel- ja/või ülekoormamisega, tehnika mobilisatsioon ja demobilisatsioon suure künnisega, tehnika

kättesaadavus on raske ning seetõttu on efektiivne kasutada vaid suurte ja ülisuurte taristuobjektide korral

- Kergmaterjalide kasutamine muldkehas
 - o Eelised – kontrollitud tootmise tingimustes loodud ühetaoliste kindlate omadustega materjal
 - o Puudused – kui veest kergemad on keeruline paigaldada veetasemest allapoole
- Vaiad mulde all, eriti vai-stabiliseerimise kasutamine (väga levinud Soomes)
 - o Eelised – kontrollitud tehnoloogia võimaldab varieerida vaiade pikkuse ja intervalliga, sobib vajumiserinevuste jagamiseks pikemale lõigule (näiteks aluspinnasele toetuv pealesõidu ramp vaiadel sillale või viaduktile)
 - o Puudused – vajab koormuse jaotamiseks vaiadele geosüntete

Erilist tähelepanu tuleb pöörata vajumistele järgmistel juhtudel:

- tee laienduste vajumise prognoos ja ühtlase vajumise tagamine vana ja uue mulde osa vahel
- aluspinnasele rajatud rambid sõiduks vaiadele rajatud viaduktidele ja sildadele

Geosünteedid ja nende kasutamine ei oma vajumiste väärtustele mingit mõju. Geosünteedide kasutamine on näidustatud mulde koormuse jagamisel vaiadele.

4.7 DOKUMENTEERIMINE

Valitud lahenduse joonised, mulde materjalide spetsifikatsioon, nõuded materjalide paigaldamisele, vertikaaldreenide spetsifikatsioon ja nõuded, nõuded ja retseptid stabiliseerimiseks, mahud pinnase välja vahetamisel ja nõuded asenduspinnasele (tihedus vms), vaiade spetsifikatsioon ja lahendused.

4.8 OSKUSTEAVE

Tugevad aluspinnased ei nõua vajumisprognoosi tegemist.

Vajumisprognoosi tegemine vajumise ajalise kulgemise prognoosita, nõrga aluspinnase välja kaevamise ja asendamise kavandamine - ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 6.

Vajumisprognoosi tegemine sildade ja viaduktide rampidele, vajumise ajalise kulgemise prognoos, kergmaterjalide kasutamine, vana ja uue mulde kontakti projekteerimine vajumise prognoosi ja ühtlustamisega - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7.

Projekteerimine aluspinnase stabiliseerimisega või vaiade kasutamisega mulde all, vajumise kiirendamine vertikaaldreenidega – volitatud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 8 või diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7, kellel on vähemalt 3 sarnase lahenduse kogemus viimase 5 aasta jooksul.

4.9 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – TEE VAJUMISE KONTROLL

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Geotehniline mudel koostatud ja mahumuutust iseloomustavate parameetrite ning mahukaaludega iseloomustatud		
2	Kas aluses esineb nõrku pinnaseid ($E_o < 5 \text{ MPa}$)		
3	Kas tee piki- ja riskallete muutused vajumise tõttu on lubatud piirides		
4	Kas on kasutatud eel ja -ülekoormamist või aluspinnase asendamist		
5	Kas on kasutatud vertikaalseid dreene, geosünteeite, aluspinnase stabiliseerimist või vaiasid muldkeha all		
6	Kas projekteerija pädevus vastab ülesandele (vt vastuste võti otsustamiseks) Tase 6 : 2 „Ei“ või 2 „Jah“ ja 3 „Jah“ Tase 7 : 3 „Jah“ ja 4 „Jah“ Tase 8 : 3 „Jah“ ja 4 „Jah“ ja 5 „Jah“		
	1 „Ei“ – projekt koostatud piisava informatsioonita ülesande lahendamiseks		

4.10 VIITED

Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr.101, 03.08.2015)

Normid

1. EVS-EN 1997-1:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.“
2. EVS-EN 1997-7:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuuringud ja katsetamine.“
3. EVS-EN 16907-1:2018. „Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldeeskirja.“
4. EVS-EN 16907-2:2018. „Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.“

5. EVS-EN 16907-3:2018. „Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.“
6. EVS-EN 16907-5:2018. „Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.“

Eesti juhised ja juhendid

1. Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori kärrkiri nr.0001, 05.01.2016)

Soome juhised ja juhendid

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2/2012. Liikenneviraston ohjeita.
4. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunniteluohje. Tiehallinto 2008.
5. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
6. Syvastabiloinnin suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
7. Massavaihton suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
8. Kevennysrakenteinen suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
9. Nauhapystyöjitus. Tielaitos 1994.
10. Sivutuoteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.

IPT Projektijuhtimine OÜ 2021 aastal koostatud juhised

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhend“, 2021.
2. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.

5 TEE KANDEVÕIME

5.1 TEE KANDEVÕIME PROJEKTEERIMISE PÕHIMÕTTED

Tee projekteerimise peamine eesmärk on vajaliku kandevõime tagamine. Kandevõimena käsitletakse elastsusmoodulit tee pinnal.

Vajalik kandevõime arvutatakse prognoositud liikluskoormuse ja eluea pikkuse alusel. Liikluskoormuse prognoos tehakse liikluskoormuse loenduse alusel kinnitatud juhise alusel ning tavaliselt väljendatakse seda tingautode ülesõitude arvuna, kusjuures tingauto määratletakse telje koormuse ja rehvi rõhu kaudu. Kavandatud eluea pikkus kehtestatakse normdokumentides ja seda võib käsitleda ühe osana riiklikust tellimusest teedele.

Käesolevalt käsitletakse tee muldkeha kandevõimet (kandevõimet kattekihtide all).

Eurokood EVS-EN 16907-1 ja 2:2018 kohaselt on võimalik mullatööde, sh tee muldkeha, projekteerimine kahe erineva põhimõtte alusel:

- tüüplahendusena;
- erilahendusena.

Tüüplahendusena lahendamine tähendab tüüpmaterjalide kasutamist. Tüüpmaterjalid on kindlate püsiomaduste (lõimis, plastsus) alusel rühmadeks liigitatud pinnased või materjalid. Rühma tunnus määratleb materjali kasutamise pinnastäite erinevates osades, aga ka pinnase või materjali geomehaanilised omadused (tugevusparameetrid ja kokkusurutavus). Tüüplahendusena projekteeritud muldkeha ehituaegne kontroll tehakse materjali vastavuse kontrollimisena püsiomaduste alusel ja vajalike tihedusnõuete (näiteks Proctori tiheduse suhtes kui selle määramine on võimalik) saavutamise kontrollimisena.

Pinnaste ja materjalide rühmadeks liigitamise põhimõtted on toodud EVS-EN 16907-2:2018. Paljudel riikidel (Austria, Prantsusmaa, Saksamaa, Norra, Hispaania, Rootsi, Suurbritannia) on rahvuslikud, pikaajalisel kogemusel põhinevad liigitamise alused ja need on toodud EVS-EN 16907-1:2018 rahvuslikes lisades. EVS-EN 16907-2:2018 lubab riikidel kasutada dokumendis toodust erinevat, pikaajalisel kogemusel tuginevat rühmadeks. Samuti on lubatud sobivuse korral kasutada rahvuslikes lisades toodud erinevate riikide siseriiklike eeskirju.

Erilahendusena lahendamine võimaldab kasutada pinnaseid ja materjale sõltumata nende rühmast. Sel juhul toimub projekteerimine pinnase ja materjali funktsionaalsete olekuomaduste (tihedus, elastsusmoodul, tugevus) alusel. Erilahenduste kasutamine eeldab katsetöö tegemist, sest katsetöö ajal täpsustatakse muldkehas kasutatavate pinnaste ja materjalide funktsionaalsed omadused ning tihendamise metoodika. Erilahendusena projekteeritud muldkeha ehitusaegne kontroll tehakse saavutatud funktsionaalsete olekuomaduste (tee muldkehal elastsusmoodul ehk kandevõime muldkehal) kontrollina.

Erilahendustena tee muldkeha projekteerimine on keeruline kuna muutuvad geoloogilised ja hüdrogeoloogilised tingimused ning reljeef eeldavad projekteerimisel muutuvaid kihtide paksuseid. Kihi paksust ei saa aga muuta liiga sageli, eriti arvestades, et tee pinna kõrgus on tavaliselt ette antud suurus. Nii muutuvad pinnaste ja materjalide saavutatavad funktsionaalsed olekuomadused ja nende alusel kihi paksuste optimeerimine sageli vähetähtsaks.

Seetõttu kasutatakse eri riikides valdavalt tüüplahendusi. Tüüplahendused on enamasti välja töötatud kataloogidena, kus olenevalt aluspinnasest, põhjavee veetasemest, muldkehas kasutatud pinnaste rühmast ja tee kategooriast on toodud erinevate muldkeha kihtide ja katendi paksused.

Eestis kasutatav elastsete katendite projekteerimise protsess (Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017) põhineb algselt dokumendis BCH 46-83 kirjeldatud juhisel. Nimetatud dokumendid klassifitseerivad pinnased vastavalt GOST 25584 pinnaste liigitusele. **EVS-EN 16907 kohaselt liigitab GOST 25584 pinnased püsiomaduste (lõimis, plastsusomadused) alusel rühmadeks.** Rühmadele omistatakse nimetus, tähis ja teedehituses nõuete kohase tihendamisega saavutatavad olekuomadused: sisehõõrdenurk (F), nidusus (C) ja elastsusmoodul (E). Sarnast klassifitseerimist kasutatakse nii aluspinnase kui muldkeha materjalide puhul. Selline lähenemine on tüüplahendusena projekteerimine, kuid tüüplahendus ei ole vormistatud kataloogideks.

Muldkeha projekteerimine Eestis on tüüplahendusena projekteerimine – kasutatakse püsiomadustel põhinevat rühmadeks jagamist ja rühmade funktsionaalsed omadused (kandevõime, tugevus) on määratud rühma kaudu. Tüüplahendusena projekteerimisel saab Eestis lähtuda KAP arvutusalgoritmiga välja töötatud lahendusest. See lahendus ei ole veel võrreldav eri riikides välja töötatud **katalooglahendustega**. Vene Föderatsioonis on viimastel aastatel vastavad kataloogid koostatud (PNST 390-2020 ja PNST 542-2021) ja nende kasutamisele peaks eelnema lahenduste analüüs.

Katalooglahendus on tüüplahenduse alaliik, vajalikud arvutused on teostanud katalooglahenduste koostaja ning katalooglahendused haaravad kogu tee konstruktsiooni so. ka katendi lahenduse.

Kui KAP algoritmis (Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017 ja Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend. MA 2017-002.) **kasutatakse mõnda teist**, GOST 25584 põhimõtetest erinevat, pinnaste ja materjalide rühmadeks liigitamist on tegemist **erilahendusena** projekteerimisega ja kehtivad erilahenduste projekteerimise põhimõtted ja tulemuse kontrolli võtted EVS-EN 16907-st.

Geosüntetide kasutamise projekteerimine tee konstruktsiooni osana põhineb tootjate tehtud võrdluskatsetel. Sisuliselt on tegemist **tüüplahendustega**. Geosüntetide kasutamisel koostatud lahenduste juures on oluline, et lahendus kehtib vaid konkreetse tootja

geosünteedile (IPT Projektitjutimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021).

Geosünteedide kasutamine muldkehas erinevate pinnaste ja materjalide eraldamiseks, drenimiseks ja filtreerimiseks ei ole tee kandevõime projekteerimise osaks ja käesoleva peatükiga käsitlemist ei leia. Nimetatud eesmärkidel geosünteedide kasutamisel puudub positiivne mõju tee kandevõimele.

Loodusliku aluspinnase omaduste parandamise (**stabiliseerimise**) vajadus võib tekkida seoses muldkeha stabiilsuse tagamisega, muldkeha vajumise vähendamise vajadusega või aluspinnase kandevõime suurendamise vajadusega. Stabiliseerimine on alati erijuhu projekteerimine, kus vastavalt aluspinnase omadustele valitakse vajaliku omaduse tagamiseks otstarbekohane stabiliseeriv aine ja viiakse läbi katsetöö. Stabiliseeritud aluspinnasele võib muldkeha projekteerida nii tüüplahendusena kui erilahendusena. Viimasel juhul peab stabiliseerimise katsetöö sisaldama muldkeha rajamise katsetööd.

5.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

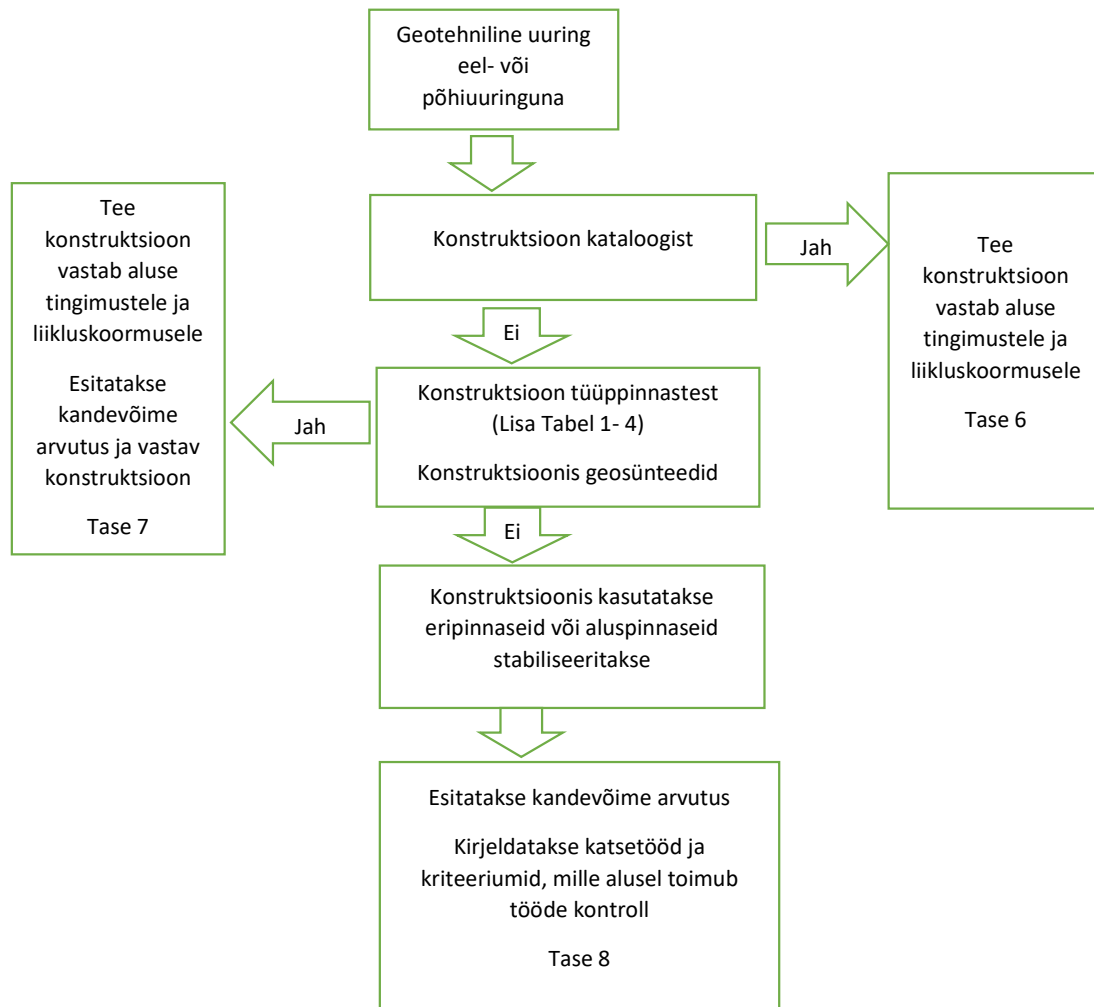
Tee kandevõime projekteerimiseks on vajalikud järgmised lähteandmed:

1. Pinnased ja nende levik tee trassi all
2. Põhjavee tase enne trassi ehitamist
3. Aluspinnaste kandevõime (Young'i moodul) või tüüpomaduste kasutamine
4. Muldkeha materjalide (tihendamise saavutatav) kandevõime (Young'i moodul) sh. koha peal saada olevate pinnaste kasutamisel muldkehas (tihendamise saavutatav) kandevõime (Young'i moodul) või tüüpmaterjalide kasutamine
5. Muldkeha pinna kõrgus (mõistlik katte kihtide paksus jne)
6. Vajalik Young'i moodul muldkeha pinnal (enne katte kihte) või tüüpmaterjalide kasutamine

Lähteandmete puudumise korral arvutust teha ei ole võimalik, lahenduse jaoks on vajalik kõikide andmete olemasolu.

5.3 VOOGRAMM

Alljärgneval vooagrammil on tood tegevused tee muldkeha kandevõime tagamisel koos vastavate tasemenõuetega projekteerijale.



5.4 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Geotehnilised pinnaseuuringud ja uuringute tulemusena koostatud pinnasemudel kirjeldab pinnaseid ja nende levikut ning iseloomustab pinnase vajalike normsuurustega.

Uuringute üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Uuringute detailsem metoodika on kirjeldatud juhistes:

- IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr. 19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhise.“, Tallinn, 2021.

Tee geomeetria on looduses trassina määratletud nii pinna kõrguse kui kõverusraadiustena – saadakse projekti joonistelt ja seletuskirjast.

Põhjavee tase arvutusmodelisse võetakse võrdseks veetaseme alandamise lahendusega määratud maksimaalse veetasemega. Kuivendamise projekt tehakse kooskõlas „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendiga“ (Leping 25.02.02 „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendi välja töötamine“).

Tüüplahenduste korral kasutatakse projekteerimisel tüüpomadusi, mis saadakse materjalide rühmade (GOST 25584 või Soome või EVS-EN 16907-2) alusel tabelväärtustena. Materjalide rühmad ja tüüpomaduste tabelid on koondatud ka käesoleva juhise LISADESSE.

Erilahenduste korral tuleb materjalide ja pinnaste omadused määrata katselõigul ja kasutatud pinnaste või materjalide omaduste määramine funktsionaalsete olekuomadustena vastavalt EVS-EN 16907-1...5.

Kokkuvõtlikult on tee kandevõime võimalik tagada kolmel erineval moel, mis nõuab vajalike lähteandmete hankimist erinevalt:

- **Kataloogilahenduse** valik vastavalt aluspinnase rühmale ja tee klassile, eri riikide on erinevad kataloogid, mis vastavad aluspinnase rühmale. Liigitus tüüpomadustega pinnaserühmadeks on aluseks ka Soome teede projekteerimisele (Tien geotehninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita), eksisteerivad vastavad tüüplahenduste kataloogid.
- GOST 25584 alusel klassifitseeritud pinnaserühmade kasutamisel vastavalt „Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52“ (Maanteeamet, 2001) arvutusalgoritmile **tüüplahendusena** arvutamine. Tüüplahendusena arvutatud lahendusi saab kasutada ka Soome pinnaserühmade tüüpomadusi kasutades (Tien geotehninen suunnittelu. 10/2012. Liikenneviraston ohjeita). Teise riikide projekteerimismõõtmelised selline võimalus puudub.
- Muudel alustel moodustatud pinnaserühmade kasutamisel vastavalt „Elastsete teekatendite projekteerimise juhend“ (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017) ja „Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend. MA 2017-002.“ arvutusalgoritmile **erilahendusena** arvutamine.

Geosüntetid kasutamisel iga üksikul juhul tootja algoritmide kasutamine (IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosüntetid kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.).

Kui algselt tegemist erilahendusega, siis geosünteedide kasutamisel erilahenduse staatus säilib. Kui algselt tegemist tüüplahendusega, siis geosünteedide kasutamisel tüüplahenduse staatus säilib.

Geosünteedide kasutamisel saavutatav efekt konstruktsiooni kihtide paksuse vähendamisel ei ole lühiajaliste katsetamistega in-situ mõõdetav.

5.5 KONTROLLI MEETOD

Tüüplahendused

Projekteerimisel ja projekti vastu võtmisel kontrollitakse tüüplahenduse vastavaust aluspinnasele ja tee liikluskoormusele.

Ehitamise ajal kontrollitakse kasutatud pinnaste ja materjalide vastavust pinnase või materjali rühmale, mida projektis kasutati. Samuti kontrollitakse paigaldatud materjali tihedust ja kihi paksuse vastavust projektile. Geosünteedide korral kontrollitakse kihtide paksust ja paigaldatud geosünteedi vastavust projektile.

Tüüplahendused

- kihi paksuse kontroll (mõõdistus),
- materjalide kontroll (lõimis)
- tiheduse kontroll vastavalt standardi soovitusel sageduse osas

Kehtib nii tüüp- kui kataloogilahendustele.

Erilahendus

Projekteerimine tehakse katsetöödel saadud andmetele tuginedes. . Katselõigul testitakse materjale ja saavutatud kandevõimet, vajadusel muudetakse projektlahendust või vahetatakse välja materjalid

Ehitamise ajal kontrollitakse saavutatud kandevõimet. Kontrollitakse kuni saavutatakse vajalik kandevõime.

Erilahendused

- kihi paksuse kontroll (mõõdistus)
- saavutatud kandevõime kontroll plaatkoormus või dünaamilise katsega
- vajadusel korrigeeritakse lahendust kihtide paksuse muutmise või kihtide materjalide välja vahetamisega
- kontrolli teostatakse kuni lahendus saavutab vajaliku kandevõime

Geosünteedide kasutamine

Geosünteedide mõju tee kandevõimele ehitusplatsil kontrollida ei saa, mõju ei avaldu kandevõime otsese suurenemisena (elastsusmoodul ei muutu). Geosünteedide mõju avaldub tüüplahendusena aastate jooksul. Seetõttu kontrollitakse ka geosünteedide kasutamisel materjalide vastavust ja kihtide paksust.

Stabiliseerimine – kontrollitakse saavutatud tulemust katseväljakul (vt ka ptk 4).

5.6 LAHENDUSED TEE KANDEVÕIME TAGAMISEKS

Tüüplahendused – põhinevad püsiomaduste alusel klassifitseeritud materjalide ja pinnaste tüüpomadustel. Jagunevad tüüpkatendiks ja kataloogikatendiks.

Tüüpkatend – etteantud standardsete omadustega (laboris pinnased liigitatakse, kuid ei määrata otseselt nende arvutusparameetreid, pinnaste ja materjalide parameetrid tulenevad juhendist liigituse alusel, liigitus üldjuhul standardiseeritud) konstruktsioonikihtide järjestus, kus projekteerija valib tüüpkatendi variandi standardelementidest ning dimensioneerib selle ehk määrab kihipaksused, tulenevalt liikluskooormusest ja aluspinnastest. Sel viisil saab tüüpkatenditeks lugeda ka Eestis seni juhise MA 2001-52 ja tarkvara KAP abil konstrueeritavad katendid. Soome maanteelahend kuulub samuti tüüpkatendite hulka sest eeldab konstruktsiooni läbiarvutamist, kuigi igale koormusklassile on esitatud konkreetset miinimumnõuded katendi ja aluse kandevõime ning asfaltkatte paksuse suhtes.

- Eelised – tüüplahendused võimaldavad kataloogilahendustega võrreldes ökonoomsemate lahenduste kasutamist
- Puudused – lahendus eeldab materjalide kihtide paksuste määramist katendiarvutusega (KAP), eeldab kogenud projekteerijat

Kataloogikatend – tüüpkatenditest valitud valmis lahend, mis on eelnevalt läbi arvatud ja projekteerija ülesanne on valida (ainult valida, mitte arvutada) antud liikluse/koormuse olukorra ja aluspinnase juurde sobiv kataloogilahend. Kataloogikatendid võivad olla koostatud erinevatele aluspinnastele, kuid on ka võimalik, et kõigil katenditel eeldatakse vähemalt miinimumkandevõimega aluskonstruktsiooni, sellisel juhul selle miinimumkandevõime saavutamine nõrkade pinnaste korral on geotehniline töö, mitte katendi projekteerimise osa. Saksa katendid on kataloogikatendid, eeldatakse Ev_2 taset vähemalt 45 MPa kataloogilahendi all kõigis koormusklassides. InfraRYL esitatud katendid on kataloogikatendid, kus on toodud konkreetset lahendid erinevatele aluspinnastele iga koormusklassi kohta.

- Eelised – kiire ja lihtne projekteerida

- Puudused – kataloogilahendused on kõige suurema tagavaraga lahendused

Erilahendused – materjalide ja pinnaste arvutusparameetrid ei ole määratud, need määratakse laboris või in-situ ning katend arvutatakse. Maanteeameti juhise 2017-003 alusel korrigeeritud versiooni projekteeritud katendid on erilahendused.

- Eelised – võimaldavad projekteerida oludele ja kasutatud pinnastele tuginedes optimaalseima lahenduse, võimaldab kasutada pinnaseid ja materjale (sh taaskasutada tööstusjääke jne.), millele ei ole tüüpomadusi.
- Puudused – eeldab katsetöö tegemist, lahenduste kontrollimist nii katendiarvutusega (KAP), kui katsetöö käigus reaalselt saavutatud kandevõime määramist, eeldab kogu ehitamise ajal saavutatud kandevõime kontrollimist (katendi pinnalt aga ka erinevate kihtide pinnalt).

Geosünteedide kasutamine – võimaldavad kihi materjalide osas kokku hoida, on alati materjali tarnija „tüüplahendused“ (IPT Projektijutimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021). Erilahenduse juures geosünteedide kasutamisel säilib erilahenduse staatus ja kvalifikatsiooninõue.

Aluspinnase asendamine turba ja/või pehmete savide esinemise korral

- Eelised – lihtne kaevetöö ja pinnase paigaldamine tihendamisega, saab teha tavapäraseid tee-ehitamise tehnikat rakendades
- Puudused – suuremahulised kaevetööd ja suur asendatav täitematerjali vajadus, kõrge pinnasevee taseme korral ei ole kontrollitav täitematerjali vajaliku tiheduse saavutamine paigaldamisel, vajadus paigaldada nõrk pinnas kuhugi

Aluspinnase stabiliseerimine turvas ja/või pehmete savide esinemise korral.

- Eelised – vähendab kaevetööde mahtu kuna nõrka aluspinnast ei ole vaja välja kaevata, võimaldab saavutada kontrollitult vajaliku aluspinnase väikese kokkusurutavuse, aeg stabiliseerimisest tee muldkeha ehitamiseni on väiksem kui eel- ja ülekoormamise korral
- Puudused – alati erilahendus, vaja on välja töötada stabiliseerimiseks sobiv retsept ja kontrollida saavutatud tulemust katsetööga, nõuab spetsiaalset agregaat süvastabiliseerimiseks – tööde mobilisatsioon ja demobilisatsioon tavaliselt kõrge künnisega

Geosünteedide kasutamine pinnaste ja materjalide eraldamiseks, drenimiseks ja filtreerimiseks ei kuulu käsitlemisele käesolevas peatükis, kuna ei oma konstruktsiooni kandevõimele positiivset mõju.

5.7 DOKUMENTEERIMINE

Valitud lahenduse joonised, mulde materjalide spetsifikatsioon, nõuded materjalide paigaldamisele (koostis, tihedus – tüüplahendustele, kandevõime – erilahendustele).

Katsetöö korral katseväljaku tööde kirjeldus koos saavutatud kandevõime määrangutega ja nende alus välja töötatud kvaliteedi tagamise kava ehitusperioodiks.

Erilahendusena aluspinnase stabiliseerimine – retseptid ja töö metoodika ja kirjeldus (vt ka vajumise/stabiilsuse juures olev), kvaliteedi tagamise kava ehitusperioodiks.

5.8 OSKUSTEAVE

Erilahenduste projekteerimine - volitatud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 8 või diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitustus) tase 7, kellel on vähemalt 3 sarnase lahenduse kogemus viimase 5 aasta jooksul. Katsetööde ette valmistamisel ja läbi viimisel peab töögruppi olema kaastatud ka diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7.

Tüüplahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 7.

Kataloogilahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 6.

5.9 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – TEE KANDEVÕIME

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Geotehniline mudel koostatud ja E-mooduliga ning lõimise ning plastsusega (Atterbergi piirid) iseloomustatud		
2	Kasutatud kataloogilahendusi		
3	Kasutatud tüüppinnaseid ja nende tüüpomaduste abil on arvutatud kihtide paksused konstruktsioonis		
4	Ette nähtud aluspinnaste stabiliseerimine ja/või on kasutatud konstruktsioonis pinnaseid või materjale, millele ei ole normides esitatud tüüpomadusi		
5	Kas projekteerija pädevus vastab ülesandele (vt vastuste võti otsustamiseks) Tase 6 : 2 „Jah“ Tase 7 : 3 „Jah“ Tase 8 : 4 „Jah“		
	1 „Ei“ – projekt koostatud piisava informatsioonita ülesande lahendamiseks		

5.10 VIITED

Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA Maanteede projekteerimise normid

Normid

1. EVS-EN 1997-1:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.“
2. EVS-EN 1997-2:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuuringud ja katsetamine.“
3. EVS-EN 16907-1:2018. „Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldees kiri.“
4. EVS-EN 16907-2:2018. „Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.“
5. EVS-EN 16907-3:2018. „Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.“
6. EVS-EN 16907-5:2018. „Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.“

Eesti juhised ja juhendid

1. Muldkeha ja dreenikihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016)
2. Teealade kuivenduse projekteerimise juhend (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi välja töötamine“)
3. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52. Maanteeamet 2001.
4. Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.264, 29.12.2006)
5. Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr.101, 03.08.2015)
6. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017)
7. Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend. MA 2017-002

Soome juhised ja juhendid

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2/2012. Liikenneviraston ohjeita.
4. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunniteluohje. Tiehallinto 2008.
5. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
6. Syvästabiloinnin suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
7. Massavaihton suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
8. Kevennysrakenteinen suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
9. Nauhapystyöjitus. Tielaitos 1994.
10. Sivutuoteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.

IPT Projektijuhtimine OÜ poolt 2021.a. koostatud juhised:

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normisuuruste määramise juhend“, 2021.
2. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.

6 TEE KÜLMAKINDLUS

6.1 TEE KÜLMAKINDLUSE TAGAMINE

Tee külmakindluse all mõistetakse tee pinna kerkimist muldkeha külmumise tõttu vähem, kui teele esitatud nõuded. Nõuded lubatud külmakerke suurustena on tavaliselt seotud tee tähtsusega ja sõidukiirusega.

Külmakerke arvulise suuruse arvutamiseks on vaja teada arvutuslikku külmumissügavust ja pinnaste ning materjalide suhtelist külmaakerkelisust. Külmaakerkelisust väljendatakse enamasti külmakerke tagajärjel toimuva kihi paksuse suurenemisena %-des algse paksuse suhtes, 2% tähendab, et 1 m paksuse kihi külmaakerge on 2 cm.

Külmaakerke põhjuseks on vee ruumala suurenemine külmumisel umbes 9% võrra. Näiteks kui pinnases poorsusega 25% külmub poore täitev vesi, siis pinnase maht suureneb $25\% \times 9\% = 2,25\%$. Kui pinnase poorsus on 40%, siis on vastav mahumuutus 3,6%.

Seega on oluline kasutada külmumissügavuses võimalikult väikese poorsusega pinnaseid ja samaaegselt võimalusel vältida pinnasepooride täielikku täitumist veega.

Lisaks tuleb arvestada maapinna lähedases tsoonis kujunevate imamisjõududega (suction), mis külmumistsooni vett juurde imab. Selle pärast kasutakse külmumistsoonis võimalikult väikese imavusega pinnaseid ja materjale.

Arvutuslik külmumissügavus on Eesti piirides hetkel 1,25 m ja see täpsustakse vajadusel Elastsete katendite projekteerimise juhistega.

Pinnaste suhteline külmaakerkelisuse hindamiseks on standardites ja juhendites pinnased liigitatud püsiomaduste alusel rühmadeks ja olekuomaduste alusel klassideks ning neile on omistatud suhtelise külmaakerkelisuse väärtus.

Külmaakerke arvutus tehakse kui arvutuslikus külmumissügavuses esineb pinnaseid, mille suhteline külmaakerkelisus on $> 0\%$.

Külmaakerke suurus sõltub arvutusliku maksimaalse veetaseme sügavusest tee pinnast mõõdetuna, veetaset kontrollides (alandades) on võimalik külmaakerke suurust vähendada.

6.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

Tee külmakindluse projekteerimiseks on vajalikud järgmised lähteandmed:

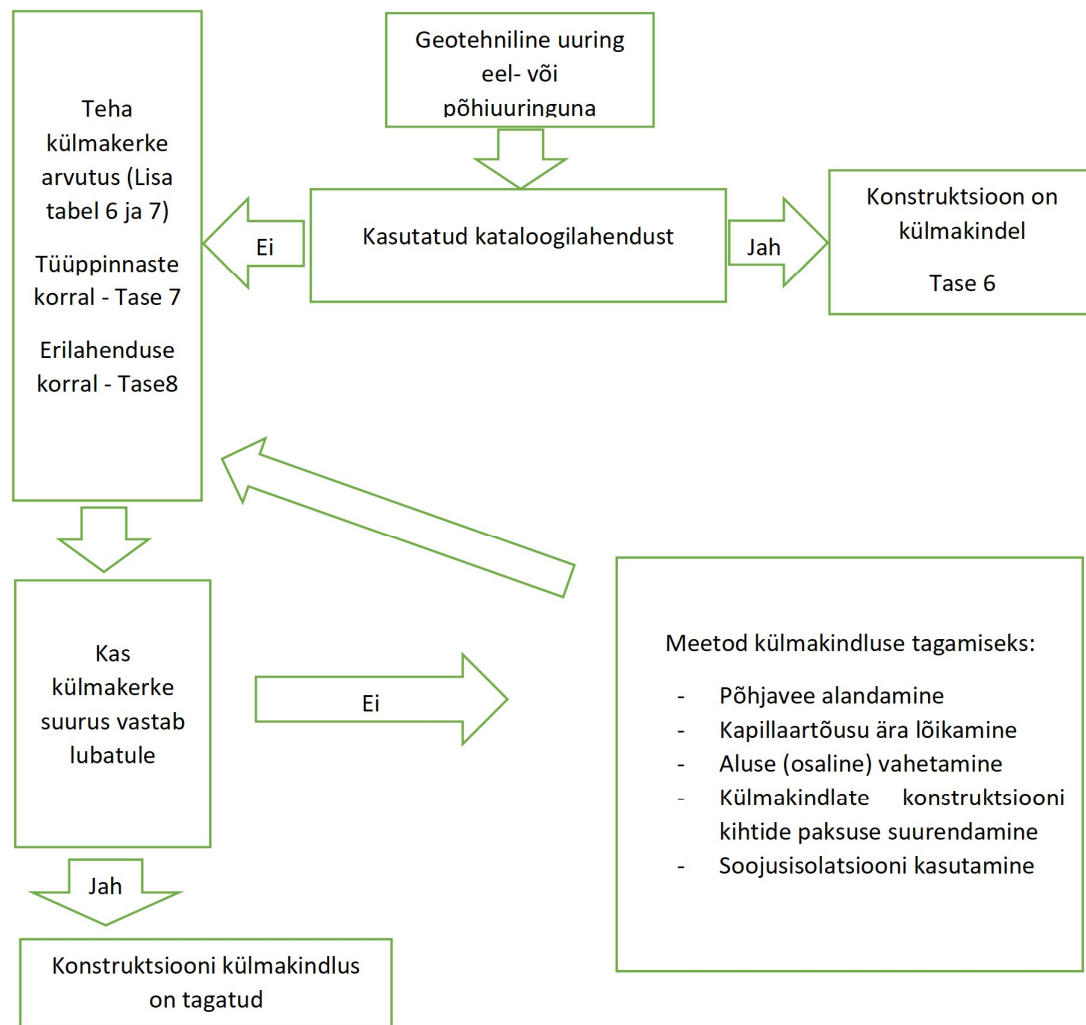
1. Pinnased ja nende levik tee trassi all ning nende hinnang külmakindluse suhtes
2. Põhjavee tase enne trassi ehitamist
3. Põhjavee taseme alandamise võimalused
4. Muldkeha pinna kõrgus (mõistlik katte kihtide paksus jne)

5. Muldkeha konstruktsioon (tee kandevõimest lähtuvana), muldkehas kasutatavate pinnaste ja materjalide spetsifikatsioonid ja tabelväärtused külmakerkelisuse hindamiseks
6. Lubatud külmakerke piirväärtused

Lähteandmete puudumise korral arvutust teha ei ole võimalik, lahenduse jaoks on vajalik kõikide andmete olemasolu.

6.3 VOOGRAMM

Alljärgneval voogrammil on tood tegevused tee muldkeha külmakindluse tagamisel koos vastavate tasemenõuetega projekteerijale.



6.4 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Geotehnilised pinnaseuuringud ja uuringute tulemusena koostatud pinnasemudel kirjeldab pinnaseid ja nende levikut ning iseloomustab pinnase vajalike külmakerke suurustega.

Uuringute üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Uuringute detailsem metoodika on kirjeldatud juhistes:

- Muldkeha remondi projekterimise juhise MA 2006-027, ptk 3.
- IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr. 19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhise.“, Tallinn, 2021.

Põhjavee taseme alandamise võimalused (eelvoolu olemasolu alandamiseks kraavidega) selgitatakse maa-ala topo-mõõdistusega.

Põhjavee tase arvutusmudelisse võetakse võrdseks veetaseme alandamise lahendusega määratud maksimaalse veetasemega. Kuivendamise projekt tehakse kooskõlas „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendiga“ (Leping 25.02.02 „Teealade kuivendamise projekteerimise juhendi välja töötamine“).

Kataloogilahendused on külmakindlad ja nende täiendav kontrollimine ei ole vajalik.

Pinnaste ja materjalide rühmade (GOST 25584 või Soome või EVS-EN 16907-2) alusel moodustatud rühmade külmakerke tabelväärtused, kasutatakse tüüp- ja erilahenduste korral on leitavad ka LISAS.

Kontrollarvutuse tegemiseks on vaja teada ka muldkeha kõrgust ja kasutatud materjale või pinnaseid nende külmakerkelisuse hindamiseks. Need andmed saab projekti joonistelt ja seletuskirjast.

Lubatud kõrvalekalded tee konfiguratsioonist ehk kontrollarvud, millest suurematekergete korral tuleb muldkeha külmakindlust tõsta võetakse alljärgnevatest juhistest:

- Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr 101 03.08.2015)
- Tien geotehninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita, tabelid 4 ja 5.
- Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA Maanteede projekteerimise normid

6.5 KONTROLLI MEETOD

Kataloogilahendusel kontrollitakse selle vastavust veetasemele ja aluspinnasele tee asukohas.

Arvutatud tüüp- ja erilahendustel kontrollitakse:

- Kontrollitakse püsiva veealanduse kraavide vee ära juhtimise kiiruse arvutust pinnasevee maksimaaltasemel ja veealanduse võimalikkust eelvoolu olemasolu näol.
- Kontrollitakse projektlahenduse külmakerkearvutust ja mulde materjalide kasutatavust
- Kontrollitakse projekteeritud külmakerke meetmete ehituskvaliteeti – kihtide paksust, paiknemist, lõimist, kaitset materjali sissekande vastu
- Erilahenduse korral kontrollitakse töid katselõigul ja nende alusel koostatud dokumentatsiooni

6.6 LAHENDUSED TEE KÜLMAKINDLUSE TAGAMISEKS

Kataloogilahendused on külmakindlad. Valida tuleb antud looduslikele tingimustele (aluspinnased, põhjavee tase ja pinnavee ära juhtimise võimalused ning läheduses või tee maa-ala leiduvad pinnased ja materjalid) sobiv kataloogilahendus.

Juhul kui tee külmakerke arvutatud väärtus tüüp- või erilahenduse korral ületab „Tee projekteerimise normid“ (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA „Maanteede projekteerimise normides“ või selle normi lisa uutes redaktsioonides lubatud piirmäärad, tuleb rakendada meetmeid külmakerke vähendamiseks. Saab kasutada järgmisi meetodeid:

- Veetaseme alandamine kraavimisega
 - o Eelised – kiireim ja efektiivsem viis külmakerke vähendamiseks
 - o Puudused – vajalik loodusliku eelvoolu olemasolu, see võib puududa
- Veetaseme viimine tee pinnast sügavamale tee pinna tõstmisena
 - o Eelised – saab kasutada kohalikke pinnaseid ja materjale muldkeha alumistes kihtides
 - o Puudused – ei saa kasutada kui kohaliku materjali bilanss on negatiivne (tee ehituse käigus kaevatakse vähem pinnast kui täitmiseks vaja), ei saa kasutada kui muldkeha kõrgus kasvaks ebamõistlikult suureks või kui muldkeha kõrgus on piiratud muude nõuete tõttu
- Kapillaartõusu ära lõikamine
 - o Eelised – kõige efektiivsem meetod veetaseme alandamiseta

- Puudused – vajalik kihi kaitsmine geotekstiiliga peenema materjali või pinnase sissekande eest, vajalik jämeda materjali olemasolu (kivimurd), saab kasutada vaid uuel teetrassil
- Materjalide ja pinnaste asendamine väiksema külmakerkega materjalide ja pinnastega
 - Eelised – saab alati tagada normidega lubatud külmakerke väärtused
 - Puudused – vajaliku spetsifikatsiooniga pinnaste või materjalide transport ehitusplatsile
- Külmakaitset pakkuvate tehismaterjalide kasutamine
 - Eelised – saab alati tagada normidega lubatud külmakerke väärtused
 - Puudused – alati erilahendus ja eeldab katsetööde tegemist

6.7 DOKUMENTEERIMINE

Valitud lahenduse joonised, mulde materjalide spetsifikatsioon, nõuded materjalide paigaldamisele.

Külmakerke suuruse arvutus.

Kraavide (sh truupide) arvutus.

Katsetöö korral katseväljaku tööde kirjeldus koos saavutatud kandevõime määrangutega ja nende alus välja töötatud kvaliteedi tagamise kava ehitusperioodiks.

6.8 OSKUSTEAVE

Kataloogilahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 6.

Tüüplahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 7.

Erilahenduste projekteerimine - volitatud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 8 või diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 7, kellel on vähemalt 3 sarnase lahenduse kogemus viimase 5 aasta jooksul. Viimasel juhul peab katsetööde ette valmistamisel ja läbi viimisel töögruppi olema kaastatud ka diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7.

6.9 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – TEE KÜLMAKINDLUS

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Geotehniline mudel koostatud ja lõimise ning plastsusega (Atterbergi piirid) iseloomustatud		
2	Kasutatud kataloogilahendusi		
3	Kasutatud tüüppinnaseid ja nende tüüpomaduste abil on arvutatud kihtide paksused konstruktsioonis, tehtud külmakerke arvutus		
4	Konstruktsioonis on kasutatud pinnaseid või materjale, millele ei ole normides esitatud tüüpomadusi, tehtud külmakerke arvutus		
5	Kas projekteerija pädevus vastab ülesandele (vt vastuste võti otsustamiseks) Tase 6 : 2 „Jah“ Tase 7 : 3 „Jah“ Tase 8 : 4 „Jah“		
	1 „Ei“ – projekt koostatud piisava informatsioonita ülesande lahendamiseks		

6.10 VIITED

Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA Maanteeade projekteerimise normid

Normid

1. EVS-EN 1997-1:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.“
2. EVS-EN 1997-2:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuuringud ja katsetamine.“
3. EVS-EN 16907-1:2018. „Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldeeskiri.“
4. EVS-EN 16907-2:2018. „Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.“
5. EVS-EN 16907-3:2018. „Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.“
6. EVS-EN 16907-5:2018. „Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.“

Eesti juhised ja juhendid

1. Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016)
2. Teealade kuivenduse projekteerimise juhend (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi välja töötamine“)

3. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52. Maanteeamet 2001.
4. Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.264, 29.12.2006)
5. Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr.101, 03.08.2015)
6. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017)
7. Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend. MA 2017-002

Soome juhised ja juhendid

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
4. Sivutuoteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.
5. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikennevirasto 5/2013.
6. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. Tiehallinto 65/2005.

IPT Projektijuhtimine OÜ poolt 2021.a. koostatud juhised:

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhend“, 2021.
2. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.

7 TEE NIISKUSREŽIIM

7.1 TEE NIISKUSREŽIIMI TAGAMINE

Tee niiskusražiimi kontrollimine on tähtis kahel erineval eesmärgil:

- Esiteks võib kevadel, pinnase ja jää sulamise ajal (harvem sügisel intensiivsete sadude ajal), tekkida olukord, kus sulanud vesi on kahe vett väga halvasti juhtiva kihi – asfalt ülal ja mulle all – vahel. Ebapiisavamahutavuse ja veejuhtivuse korral tekkib veeküllastus, asfaldil sõitvate autode koormus rakendub veerõhuna, mille tagajärjel võib asfalt puruneda.
- Teine eesmärk on tagada piisav külmakindlus ja juhul, kui muldkehas on kasutatud tolmlüva või savipinnaseid ka muldkeha vajalik tugevus ning kandevõime.

Dreenikihi vajadus on määratletud „Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISAS „Maanteede projekteerimise normid“ ja käesoleva raamistiku LISAS.

Mõlemat eesmärki saab saavutada dreenikihi rajamisega. Teist eesmärki saab saavutada ka kapillaare katkestavakihiga muldkeha alaosas, muldkeha töökihi tugevdamise ja sideainetega parandamise läbi, armeerivate kihtide kasutamise, põhjavee alandamisega drenaaži läbi, külmakaitsekihi rajamisega.

Muldkehast sula- ja sademevee välja juhtimine võib toimuda dreenikihi kaudu või selleks rajatud drenaažitorude kaudu. Väljavoolul muldest tuleb tagada meetmed erosiooni takistamiseks. Dreenikiht tuleb kaitsta pinnasega täitumise vastu.

7.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

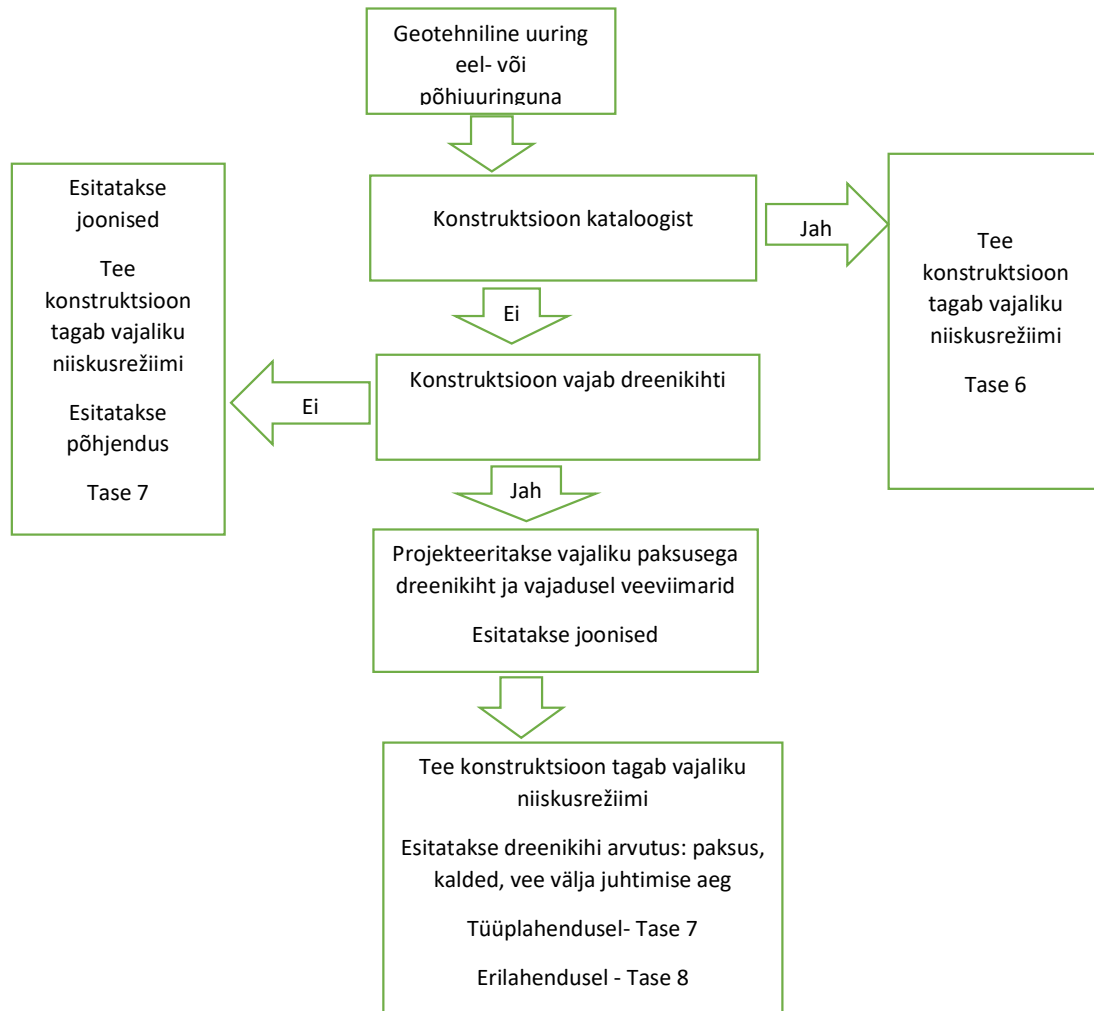
Tee niiskusražiimi kontrollarvutuste tegemiseks on vajalikud järgmised lähteandmed:

1. Pinnased ja nende levik tee trassi all ning nende hinnang külmakindluse suhtes
2. Põhjavee tase enne trassi ehitamist
3. Põhjavee taseme alandamise võimalused
4. Muldkeha pinna kõrgus (mõistlik katte kihtide paksus jne)
5. Muldkeha konstruktsioon (tee niiskusražiimist lähtuvana)

Lähteandmete puudumise korral arvutust teha ei ole võimalik, lahenduse jaoks on vajalik kõikide andmete olemasolu.

7.3 VOOGRAMM

Alljärgneval voogrammil on tood tegevused tee muldkeha niiskusrežiimi tagamisel koos vastavate tasemenõuetega projekteerijale.



7.4 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Geotehnilised pinnaseuuringud ja uuringute tulemusena koostatud pinnasemudel kirjeldab pinnaseid ja nende levikut ning iseloomustab pinnase vajalike normsuurustega.

Uuringute üldised põhimõtted ja printsiibid on toodud EVS-EN 1997-1 ja 2.

Uuringute detailsem metoodika on kirjeldatud juhistes:

- IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr. 19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhis.“, Tallinn, 2021.

Põhjavee taseme alandamise võimalused (eelvoolu olemasolu alandamiseks kraavidega) selgitatakse maa-ala topo-mõõdistusega.

Põhjavee tase arvutusmudelisse võetakse võrdseks veetaseme alandamise lahendusega määratud maksimaalse veetasemega. Kuivendamise projekt tehakse kooskõlas „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendiga“ (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi välja töötamine“).

Kataloogilahendusi kontrollida ei ole vaja.

Tüüp- ja erilahenduste drenikihi vajaduse üle otsustamiseks on vaja teada ka muldkeha kõrgust ja kasutatud materjale või pinnaseid. Need andmed saab projekti joonistelt ja seletuskirjast.

Pinnaste ja materjalide rühmade (GOST 25584 või Soome või EVS-EN 16907-2) omaduste või nimetuse ja tee projektis toodud kihipaksuste alusel otsustakse drenikihi vajadus.

7.5 KONTROLLI MEETOD

Kataloogilahendusel kontrollitakse selle vastavust veetasemele ja aluspinnasele tee asukohas.

Arvutatud tüüp- ja erilahendustel kontrollitakse:

- Kontrollitakse drenikihi vajadust.
- Arvutatakse drenikihi veejuhtivus (filtratsioonimoodul) ja paksus sõltuvalt tee laiuselt ja põikkaldest.
- Arvutatakse vajaliku torudrenaaži parameetrid.
- Kontrollitakse püsiva veealanduse kraavide vee ära juhtimise kiiruse arvutatud pinnasevee maksimaaltasemel ja veealanduse võimalikkust eelvoolu olemasolu näol.
- Kontrollitakse võimalust kapillaartõusu ära lõikamise projekteerimiseks.
- Erilahenduse korral kontrollitakse töid katselõigul ja nende alusel koostatud dokumentatsiooni

7.6 LAHENDUSED TEE VEEREŽIIMI TAGAMISEKS

Kataloogilahenduste veerežiim on tagatud.

Dreenikihi vajadusel leetakse tee laiuse ja põikkalde alusel dreenikihi vajalik veejuhtivus (filtratsioonimoodul).

Dreenikihi paksuse ja vajaliku veejuhtivuse (filtratsioonimooduli) arvutamine ja rajamine kattekihtide alla – metoodika juhendis „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“.

Alternatiivsed võimalused veerežiimi tagamiseks:

- Veetaseme alandamine kraavitamisega
 - o Eelised – kiireim ja efektiivsem viis külmakerke vähendamiseks
 - o Puudused – vajalik loodusliku eelvoolu olemasolu, see võib puududa
- Kapillaartõusu ära lõikamine
 - o Eelised – kõige efektiivsem meetod veetaseme alandamiseta
 - o Puudused – vajalik kihi kaitsmine geotekstiiliga peenema materjali või pinnase sissekande eest, vajalik jämeda materjali olemasolu (kivimurd), saab kasutada vaid uuel teetrassil
- Drenaaž torudega muldes.
 - o Eelised – töökindlus, ei sõltu muldkeha pikiprofiilist
 - o Puudused – vajalik vee ära juhtimine muldkeha kõrvalt kraavidega, loodusliku eelvoolu vajadus

7.7 DOKUMENTEERIMINE

Valitud lahenduse joonised, mulde materjalide spetsifikatsioon, nõuded materjalide paigaldamisele.

Dreenikihi veejuhtivuse ja kalde arvutus.

Dreenitorude arvutus.

Kraavide (sh truupide) arvutus.

Katsetöö korral katseväljaku tööde kirjeldus koos saavutatud kandevõime määrangutega ja nende alus välja töötatud kvaliteedi tagamise kava ehitusperioodiks.

7.8 OSKUSTEAVE

Kataloogilahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 6.

Tüüplahenduste projekteerimine - diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 7.

Erilahenduste projekteerimine - volitatud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 8 või diplomeeritud ehitusinsener (eriala: teedehitus) tase 7, kellel on vähemalt 3 sarnase lahenduse kogemus viimase 5 aasta jooksul. Viimasel juhul peab

katsetööde ette valmistamisel ja läbi viimisel töögruppi olema kaastatud ka diplomeeritud ehitusinsener (eriala: üldehitus, alleriala: geotehnika) tase 7.

7.9 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – TEE NIISKUSREŽIIM

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Geotehniline mudel koostatud ja lõimise ning plastsusega (Atterbergi piirid) iseloomustatud		
2	Kasutatud kataloogilahendusi		
3	Tüüplahendus drenikihiga või erilahenduse konstruktsioon ei vaja drenikihti		
4	Erilahenduse konstruktsioon vajab drenikihti, tehtud drenikihi arvutus		
5	Kas projekteerija pädevus vastab ülesandele (vt vastuste võti otsustamiseks) Tase 6 : 2 „Jah“ Tase 7 : 3 „Jah“ Tase 8 : 4 „Jah“		
	1 „Ei“ – projekt koostatud piisava informatsioonita ülesande lahendamiseks		

7.10 VIITED

Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA Maanteede projekteerimise normid

Normid

1. EVS-EN 1997-1:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad.“
2. EVS-EN 1997-2:2006. „Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 2: Pinnaseuurimused ja katsetamine.“
3. EVS-EN 16907-1:2018. „Mullatööd. Osa 1. Põhimõtted ja üldeeskirja.“
4. EVS-EN 16907-2:2018. „Mullatööd. Osa 2. Materjalide klassifitseerimine.“
5. EVS-EN 16907-3:2018. „Mullatööd. Osa 3. Ehitusprotsess.“
6. EVS-EN 16907-5:2018. „Mullatööd. Osa 5. Kvaliteedikontroll.“

Eesti juhised ja juhendid

1. Muldkeha remondi projekteerimise juhised MA 2006-027 ptk 3
2. Muldkeha ja dreni projekterimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori käskkirj nr.0001, 05.01.2016)
3. Teealade kuivenduse projekterimise juhend (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekterimise juhendi välja töötamine“)
4. Elastsete teekatendite projekterimise juhend 2001-52. Maanteeamet 2001.
5. Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr.101, 03.08.2015).

Soome juhised ja juhendid

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
4. Sivutuoteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.
5. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikennevirasto 5/2013.
6. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. Tiehallinto 65/2005.

IPT Projektijuhtimine OÜ poolt 2021.a. koostatud juhised:

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekterimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normisuuruste määramise juhend“, 2021.

8 REOSTUNUD PINNAS

8.1 REOSTUNUD PINNAS JA SANEERIMISE KOHUSTUS

Teetöödel või pinnaseuuringuid tehes võib sattuda reostunud pinnaste kolletele. Reostunud pinnaste käitlemise määravad järgmised normdokumendid:

- KM määrus nr.38 11.08.2010.a. „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“
- KKM määrusele nr 70 (14.12.2015) „Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu“

Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases on esitatud siht- ja piirarvude kaudu. Sihtarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust pinnases, millega võrdse või väiksema väärtuse korral loetakse pinnase seisund heaks. Piirarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust pinnases millest suurema väärtuse korral loetakse pinnas reostunuks. Pinnase jaoks on piirarvud sätestatud eraldi elumaa ja tööstusmaa kohta.

Teemaad käsitletakse ohtlike ainete piirmäärade mõistes tööstusmaana.

Kinnistu omanikul lasub kohustus likvideerida reostus olenemata selle tekkimise ajast ja viisist. Reostuse likvideerimine tehakse saneerimiskava alusel, mis koostatakse reostusuuringutele tuginedes.

8.2 VAJALIKUD LÄHTEANDMED

Ohtlike ainete sisaldus pinnases. Sisaldust pinnases võrreldakse piirväärtustega. Vastavalt võrdluse tulemusele otsustatakse saneerimisvajadus.

8.3 LÄHTEANDMETE HANKIMISE VIIS

Keskkonnaministeeriumi poolt on kaardistatud ja inventariseeritud NL aegsed reostuskolded ja maa-alad. Inventariseerimise tulemusena on koostatud jääkreostusalade inventariseerimise aktid ja kaardid, mida saab kasutada võimaliku reostuse esinemise hindamiseks.

Keskkonnamõjude hindamine, mille käigus tehakse vajadusel reostusuuringud, mille käigus võetakse proove, analüüsitakse ohtlike ainete sisaldust ja kontuuritakse reostunud alad ning hinnatakse reostunud pinnase maht.

Geotehniline pinnaseuuring ja selle käigus avastatud reostusilmingud (lõhna, värvus vm.). Pinnaseuuringute käigus avastatud reostusilmingud tuleb fikseerida uuringute aruandes. Nende alusel saab kavandada vajadusel spetsiaalsed reostusuuringud reostuse taseme ja reostunud pinnase mahu määramiseks.

Reostusuuring ehk ohtlike ainete sisalduse kahtluse korral proovide võtmine ja laboris analüüsimine, puurimise sagedus peab olema piisav reostunud pinnase mahu hindamiseks ja saneerimiskava koostamiseks.

8.4 KONTROLI MEETOD

Ohtlike ainete sisaldus määratakse pinnaseproovide analüüsiga laboris. Analüüsitavad ohtlikud ained määratletakse lähtuvalt võimaliku reostuse allikast.

Uuringute käigus võetakse proovid reostuskoldest ohtlike ainete sisalduse määramiseks ja reostuskolde kontuurimiseks.

Saneerimise käigus võetakse proovid saneerimise tõhususe kinnitamiseks, proovid võetakse reostuskoldest väljapoole jäävast pinnasest.

8.5 LAHENDUSED REOSTUSE LIKVIDEERIMISEKS

Ohtlike ainetega reostunud pinnaste saneerimise kava koostamine.

Ohtlike ainetega reostunud pinnaste käitlemine vastavalt saneerimiskavale.

8.6 DOKUMENTEERIMINE

Proovide labori protokollid, reostunud pinnase käitlemise dokumentatsioon (saatelehed) ja saneerimise läbi viimise aruanne.

8.7 KONTROLL-LEHT PROJEKTI VASTU VÕTMISEKS – REOSTUNUD PINNAS

Alljärgnev kontroll-leht võimaldab töö vastu võtmisel kontrollida vajalike lähteandmete olemasolu, vajalike arvutuste tegemist ja töö täitja nõutud klassifikatsiooni olemasolu.

Jrk	Küsimus	Jah	Ei
1	Inimtegevus piirkonnas ajaloo vältel viitab võimalikule reostusele		
2	Geotehniliste uuringute käigus täheldati pinnasereostust		
3	Reostusuuringu kava koostatud ja kooskõlastatud		
4	Ohtlike ainete esinemine laborikatsetega tuvastatud (üle piirväärtuse)		
5	Reostuse likvideerimise kava koostatud		
6	Reostuse likvideerimise kava ellu viidud, kontrollkatsed tehtud, saneerimisaruanne esitatud		
	Vastus „Ei“ punktidele 1 ja 2 – pinnasereostuse käsitlemine ei ole projektis vajalik Vastus „Ei“ punktidele 3-6 – pinnasereostus ei ole nõuete kohaselt likvideeritud		

9 LISAD

Tee projekteerimist reguleerivad juhendid Eestis

Tee projekteerimist reguleerivad juhendid Soomes

EVS-EN 16907-1 ja 2:2018 kohased pinnaserühmad teede projekteerimiseks vastavalt GOST 25584 klassifikatsioonile. Pinnaserühmade tüüpomadused „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“ kasutamiseks.

Külmakindlus ja niiskuspakkonnad „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“ kasutamiseks.

Pinnaseklasside külmakindlus

Lubatud külmakerke väärtused

Dreenikihi vajalikkuse hindamine

Tüüppinnased (Soome)

Külmakindlus (Soome)

LISA 1.

Tee projekteerimist reguleerivad dokumendid Eestis

1. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/1. „Pinnasemudel teede projekteerimiseks. Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhend“, 2021.
2. Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0001, 05.01.2016)
 - a. Muldkeha remondi projekteerimise juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.264, 29.12.2006)
 - b. Muldkeha projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised 2014-3. (aluse stabiliseerimine)
3. Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.264, 29.12.2006)
4. Teealade kuivenduse projekteerimise juhend (Leping 25.02.02 „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi välja töötamine“)
5. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.0088, 29.03.2017)
 - a. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52.
6. Tee projekteerimise normid (MKM määrus nr 106 05.08.2015) ja LISA Maantee projekteerimise normid
7. Tee ehitamise kvaliteedi nõuded (MKM määrus nr 101 03.08.2015) LISAD1-18
 - a. 1 Katte pealiskihi tasasus
 - b. 2 Kattekihtide tasasus
 - c. 3 Katte tihendustegur ning jäävpoorsus
 - d. 4 Sajuvee kanalisatsioonitorustiku kõrgused ja kalded
 - e. 5 Geodeetiliste tööde lubatud hälbed
 - f. 6 Liivpinnastest muldeha tihendustegur
 - g. 7 Muldkeha nõlvus
 - h. 8 Siirdekiilude kalded
 - i. 9 Killustiku omadused alustes
 - j. 10 Sidumata segude terastikuline koostis
 - k. 11 Stabiliseeritud kihtide terastikuline koostis
 - l. 12 Killustiku nõutavad omadused pindamisel
 - m. 13 Ridakillustiku terastikuline koostis pindamisel
 - n. 14 Asfaltbetoon- ja mustsegu terastikulise koostise lubatud hälbed
 - o. 15 Asfaltbetoonsegude lubatud segamistemperatuuride vahemikud

- p. 16 Truubi lubatud hälbed
 - q. 17 Silla lubatud hälbed
 - r. 18 Kattest puurkehade võtmise skeem
-
- 8. Tee-ehitusmaterjalidele ja – toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord (MKM määrus nr 74 27.09.2014)
 - 9. Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend. MA 2017-002.
 - 10. Teetööde tehnilised kirjeldused (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr.1-2/19/096, 18.02.2019)
 - 11. IPT Projektijuhtimine OÜ töö nr.19-05-1490/3. „Geosünteedide kasutamine tee konstruktsioonis. Juhend“, 2021.

LISA 2.

Tee projekteerimist reguleerivad dokumendid Soomes

1. Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu. 9/2010 Liikenneviraston ohjeita.
2. Tien geotekninen suunnittelu. 10/2012 Liikenneviraston ohjeita
3. Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2/2012. Liikenneviraston ohjeita.
4. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje. Tiehallinto 2008.
5. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset TIEH 2100057-08
6. Syvastabiloinin suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
7. Massavaihton suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
8. Kevennysrakenteinen suunnittelu. Liikennevirasto 2011.
9. Nauhapystyjoitus. Tielaitos 1994.
10. Sivutuoteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007.
11. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikennevirasto 5/2013.
12. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. Tiehallinto 65/2005.
13. InfraRYL.
14. Tien melusteiden suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
15. Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeikölla. Tielaitos 1994.
16. Eurokoodin soveltamisohje NCCI 7. Liikennevirasto 2011.
17. Eurokoodin soveltamisohje NCCI 1. Liikennevirasto 2011.
18. Tien perustamistavan valinta. Tiehallinto, 2003.
19. Tierakenteen suunnittelu. 38/2018 Liikenneviraston ohjeita.

LISA 3.1.

Liiv- ja jäme purd pinnaste rühmad püsiomaduste alusel

Pinnaserühm	Fraktsiooni sisaldus, %-des kuiva pinnase massist
Munakad (rahnud – ümardumata)	Üle 200 mm rahnude mass on > 50 %
Veerised (rähk – ümardumata)	Üle 10 mm terade mass on > 50 %
Kruus (mugi - ümardumata)	Üle 2 mm terade mass on > 50 %
Kruusliiv	Üle 2 mm terade mass on > 25%
Jämeliiv	Üle 0,5 mm terade mass on > 50 %
Keskliiv	Üle 0,25 mm terade mass on > 50 %
Peenliiv	Üle 0,1 mm terade mass on > 75 %
Tolmliiv	Üle 0,1 mm terade mass on < 75%

LISA 3.2.

Tugevusparameetrite väärtused pinnaserühmadele.

Pinnaserühm	Sisehõõrde nurk, φ°	Nidusus, c kPa
Kruus	43	10
Kruusliiv, jämeliiv	42	7
Keskliiv	40	6
Peenliiv	38	5
Jäme kerge saviliiv	40	5
Ühtlase terastikuga liiv	33	5

LISA 3.3.

Elastsusmooduli väärtused pinnaserühmadele.

Pinnaserühm	E-moodul, MPa
Kruus	150
Kruusliiv, jämeliiv	130
Keskliiv	120
Peenliiv	100
Jäme kerge saviliiv	65
Ühtlase terastikuga liiv	75

LISA 3.4.

Savipinnaste rühmad püsiomaduste alusel

Pinnaserühm		Fraktsiooni 0,05...2 mm sisaldus, %-des massist	Platsusarv (Vassiljev), %	Voolavuspiir (Rootsi koonus), %
Saviliiv	kerge jäme	Fraktsiooni 0,25...2 mm sisaldus >50	1-7	10-25
	kerge	>50%		
	tolmne	20-50		
	raske tolmne	<20		
Liivsavi	kerge	>40	7-12	25-40
	kerge tolmne	<40		
	raske	>40	12-17	40-50
	raske tolmne	<40		
Savi	liivane	>40	7-27	>70
	tolmne	<40		
	raske	määratlemata	>27	

LISA 3.5.

Pinnaste klassid olekuomaduste alusel

Pinnase klass	Pinnase rühm
A1	kerge saviliiv, kerge tolmne saviliiv
B1	tolmliiv
C1	kerge liivsavi, raske liivsavi, liivane savi, raske savi
D1	tolmne saviliiv, raske tolmne saviliiv, tolmne kerge liivsavi, tolmne raske liivsavi, tolme savi

LISA 3.6.

Savipinnaste tugevusparameetrid pinnase klassidele suhtelise veesisalduse alusel.

Klass	Sisehõrdenurk vastavalt arvutusikule niiskusele w_L kraadi									
	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
A1	37	36	36	36	35	35	34	34	33	33
B1	38	38	37	37	36	35	34	33	32	31
C1	32	27	24	21	18	15	13	11	10	9
D1	32	27	24	21	18	15	13	11	10	9
	Nidusus vastavalt arvutusikule niiskusele w_L , kPa									
	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
A1	15	14	14	13	12	11	10	9	8	7
B1	26	24	22	18	14	12	11	10	9	8
C1	45	36	30	24	19	15	11	9	6	4
D1	45	36	30	24	16	13	10	8	5	4

*) $w_L = w_N / w_L$, kus w_N on pinnase looduslik niiskus ja w_L voolavuspiir (Vassiljevi koonusega)

LISA 3.7.

Savipinnaste elastsusmoodul pinnase klassidele suhtelise veesisalduse alusel.

Klass	Elastsusmoodul (E-moodul) vastavalt arvutusikule niiskusele w_1									
	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
A1	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
B1	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
C1	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
D1	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25

*) $w_1 = w_N / w_L$, kus w_N on pinnase looduslik niiskus ja w_L voolavuspiir (Vassiljevi koonusega)

LISA 4.1 Niiskuspaikkonnad.

Paikkonna tüüp	Paikkonna tunnus	Paikkonna tüübi kirjeldus
1	Kuiv	Pinnavete äravool on tagatud; pinnasvesi on sügaval ega mõjuta kasvupinnase taimestikku. Pinnasteks on peamiselt kruusliivad, liivad ja saviliivad, kuid esineb ka savikaid pinnaseid, kuid viimaste suhteline niiskus on alla 0,73. Kui muldkeha kõrgus on normidest 1,5 korda suurem, on tegemist, sõltumata muudest asjaoludest, 1. paikkonna teelõiguga.
2	Niiske	Pinnavete äravool pole ajuti tagatud; selle üheks tunnuseks on maapinna 0,003 lähedased, kuid suuremad sellest, looduslikud kalded. Esineb lühiajalist (alla 30 päeva) seisuvett. Pinnasvesi, on külmumispiirist ainult vähesügavamal, ometigi mõjutab kasvupinnase niiskumist, mistõttu kasvavad niiskuslembelised taimed; võib isegi esineda pindmise soostumise tunnuseid. Esinevad peamiselt savikad pinnased suhtelise niiskusega alla 0,8. On mõeldav tee külgnevate alade piki- ja põikplaneerimisega ning kraavitamisega niiskustingimusi parandada ning seega saavutada 1. paikkonna olukord. Kõik 1. Paikkonna tüübi süvendid ja 0-profiilid (ka normidega ettenähtust madalamad muldkehad) kuuluvad 2. paikkonda.
3	Märg	Pinnavete äravool on raskendatud; esineb pikaajalist (üle 30 päeva) seisuvett. Maapinnalähedase pinnasvee tõttu esineb ilmseid soostumise tunnuseid. Pinnasvee tase on külmumispiirist kõrgemal. Esinevad peamiselt savikad pinnased suhtelise niiskusega üle 0,8. Paikkonna tüübi muutmine on võimalik ainult suureulatuslike 42 kuivendustöödega. Kõik 2. paikkonna tüübi süvendid ja normidega ettenähtust madalamad muldkehad kuuluvad 3. paikkonda.

LISA 5.1.

Pinnaseklassid ja nende külmakindlus

Pinnase klass	Külmaohtlikkuse aste	Pinnase suhteline külmakerkelisus, %	Pinnase rühm, täiendav lisatingimus
I	Külmakindel	<1	Jäme-, keskmine- ja kruusliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega <2%
II	Vähesel määral külmaohtlik	1-4	Jäme-, keskmine-, kruusliiv ja peenliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega kuni 15%, jäme kerge saviliiv
III	Külmaohtlik	4-7	Kerge saviliiv, kerge ja raske savi, savi
IV	Väga külmaohtlik	7-10	Tolmliiv, tolmlüvisavi, raske tolmlüvisavi
V	Erakordselt külmaohtlik	>10	Raske tolmsaviliiv, kerge tolmlüvisavi

LISA 5.2.

Suhteline külmakerke suurus kuni 1,5 m paksuse kihi läbi külmumisel kasutamiseks külmakerke arvutisel Eesti kliimavöötmes vastavalt niiskuspaikkonnale Lisas 4.1

Pinnase rühm, täiendav tingimus	Suhteline külmakerke suurus 1,5 m läbi külmumisel, %.	
	1 niiskuspiirkond	2 ja 3 niiskuspiirkond
Jäme-, keskmine- ja kruusliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega kuni 2%	1	1
Jäme-, keskmine- ja kruusliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega kuni 15% ja peenliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega kuni 2%	1	1-2
Peenliiv alla 0,05 mm osiste sisaldusega kuni 15%, jäme kerge saviliiv	1-2	2-4
Tolmliiv, tolme saviliiv, raske tolme liivsavi	2-4	7-10
Kerge saviliiv	1-2	4-7
Raske tolme saviliiv, kerge tolme saviliiv	4-7	10
Kerge ja raske liivsavi, savi	2-4	4-7

LISA 6

Lubatud külmakekke piirväärtused (määruse 106 uue töös oleva redaktsioon alusel)

Tee tüüp ja projektkiirus		Suurim lubatud arvutuslik külmakekke teekattel, mm			Sidumata kihi vähim siirdekiilu kalle tee konstruktsiooni muutmisel
		Ühtlaste omadustega aluspinnas		Ebaühtlaste omadustega aluspinnas	
Tee tüüp	Projektkiirus	Üldreegel	Hüdraulilise sideaine kasutamisel tee konstruktsioonis		
Maantee	> 120 km/h	30	30	0	1:40
	91 – 120 km/h	70	70	10	1:30
	71 – 90 km/h	100	70	10	1:20
	51 – 70 km/h	130	70	30	1:15
	31 – 50 km/h	160	100	70	1:10
Tänav	> 70 km/h	70	70	10	1:30
	51 – 70 km/h	130	70	30	1:15
	31 – 50 km/h	160	100	70	1:10
Muud teed ja kergliiklusteed	-	160	100	70	1:7

LISA 7.1.

Töökihi pinnase muldkehas ja vajalik tee pinna kõrgus maksimaalsest arvutuslikust veetasemest. Väiksema kõrguse korral on vaja projekteerida drenikiht.

Töökihi pinnase rühk	Katte pinna vähim kõrgus, m	
	Pinnasevee või pikaajalisest seisuvee tasemest	Maapinnast, kui ei ole tagatud pinnavee äravool
Peenliiv, jäme kerge saviliiv, kerge saviliiv	1,1	0,9
Tolmliiv, tolme saviliiv	1,5	1,2
Kerge liivasavi, raske liivsavi, savi	2,2	1,6
Raske tolme saviliiv, kerge tolme liivsavi, raske tolme liivsavi	2,4	1,8

LISA 7.2.

Dreenikihi projekteerimise kohustus

Dreenikiht on vajalik kui projekteeritavasse konstruktsiooni jääb alles sideainetega töödeldud kiht vanas muldes või kaljupinnas aluspinnasena jääb vähem kui 0,5 m sügavusele katte pinnast.

LISA 8.

Tüüppinnaste jagamine klassideks ja vastavad elastsusmooduli väärtused (E_{V2}) klassidele.

Aluspinnas	Täpsustus	Lühend	Klass
Kalju	kalju lõhatud kalju ¹⁾ purustatud kalju ¹⁾	Ka Lõ Mu	A
Veerised ¹⁾		Ve	A
Kruus		Kr	B
Kruusmoreen	külmakindel külmakartlik ²⁾	kk KrMN KrMN	C E (F) ⁴⁾
Liiv	külmakindel jämeliiv külmakindel keskliiv külmakindel peenliiv külmakartlik keskliiv külmakartlik peenliiv	kk jLi kk kLi kk pLi kLi pLi	C D D (E) ⁴⁾ E E (F) ⁴⁾
Liivmoreen	külmakindel külmakartlik ²⁾	kk LiMN LiMN	D (E) ⁴⁾ E (F) ⁴⁾
Möll Möllmoreen		Mö MöMN	F(G ⁴⁾ , E ⁵⁾
Savi	kuivamiskoorik (h ≥ 1 m) Sitke (c _U ≥ 25 kN/m ²) ³⁾ Pehme (c _U < 25 kN/m ²) ³⁾	kuivk Sa Sa Sa	E F(E) ⁵⁾ G
Muda Turvas		Mu Tv	G
Kandevõime	A = 300 MN/m ² B = 200 MN/m ² (150...280) C = 100 MN/m ² (70...150) D = 50 MN/m ² (35...70) E = 20 MN/m ² (15...35) F = 10 MN/m ² (5...15) G = 5 MN/m ²		

Aluse E_{V2} hinnatakse loodusliku aluspinnase liigi kaudu. Kui maapinna täitmisel on mulde alumise osa paksus vähemalt 1 m, siis kasutatakse aluse E_{V2}-na mulde alumise osa elastsusmoodulit. Kui mulde alumise osa paksus on alla 1 m, siis võib aluse E_{V2} arvutada leides selle vastavalt aluspinnase E_{V2}-le ja mulde E_{V2}-le ning paksusele. Ka muud alust moodustavad ja aluspinnasest parema E_{V2}-ga kihid mulde alumises osas võrdsustatakse mulde alumise osaga.

Märkused

¹⁾ Külmakartlik lõhatud või purustatud kalju ja veerised võrdsustatakse külmakartliku pinnasega

²⁾ E_{V2} = 35 MN/m², kui tegemist on kuiva muldega või kui peenosise sisaldus ei ületa 20% ja piirkond ei ole kuiv (vt. ka märkus ⁴⁾ allpool)

³⁾ Tiivikkatsega määratud dreenimata nihketugevus c_U

⁴⁾ Sulgudes olevat E_{V2} kasutatakse, kui maa-aines on lõpplasumises märg ehk põhjavee sügavus aluse pinnast on alla 1 m või kui piirkonda koguneb pinnavesi.

⁵⁾ Muldes kuivana

LISA 9.

Pinnase kasutuskõlblikkuse ja aluskonstruksiooni klasside ning aluskonstruksiooni elatusumooduli ja külmakerke väärtuse t määramine

Sõela läbimise % pesusõelumisel			Kasutuskõlblikkuse klass	Moodul E (MPa) Aluskonstruksiooni klass Külmakerge t (%)		Informatiivne teave	
	0,063 mm	2 mm		Kuiv	Märg	Sobivus 1)	Kirjeldus
				E = 280 A	$t = 0$	Lõhatud struktuur	Lahti lõhatud kalju või lõhatud pinnas
				E = 200 B	$t = 0$	Kandev pinnas Jaotav pinnas	Killustiku või kruusaga täidetav ala
	< 7	< 70	S1	E = 100 C	$t = 0$	Jaotav pinnas	Kr, krLvK (KrMr, krLvMr)
2)	7–15	< 70	S2	E = 70 D $t = 0$	E = 50 E $t = 3$	Muldkeha kuivana	KrMr, krLvMr
	16–30	< 70	S3	E = 50 E $t = 3$	E = 35 F $t = 6$	Muldkeha kuivana	KrMr, krLvMr
	31–50	< 70	S4	E = 35 F $t = 6$	E = 20 H $t = 12$	Muldkeha kuivana	möKrMr, mökrLvMr
	< 7	> 70	H1	E = 70 D	$t = 0$	Filter	Lv, (LvMr)
	7–15	> 70	H2	E = 50 E	$t = 3$	Filter Muldkeha kuivana	Lv, LvMr
	16–30	> 70	H3	E = 35 F $t = 6$	E = 20 H $t = 12$	Muldkeha kuivana	Lv, LvMr
	31–50	> 70	H4	E = 35 F $t = 6$	E = 20 H $t = 12$	Muldkeha kuivana	möLv, möLvMr
0,002 mm	0,063 mm	Pinnase-lõike tugevus					
< 30	≥ 50		U1	E = 20 H $t = 12$	E = 20 J $t = 16$		Mö, MöMr, 3) ühekordne Sa/Mö
≥ 30	≥ 50	≥ 40 kPa	U2		E = 35 F $t = 6$		Jäik Sa
≥ 30	≥ 50	< 40 kPa	U3		E = 10 G $t = 6$		Pehme Sa
			U4		E = 10 G $t = 6$		Lj

1) Kirjeldab võimalikku sobivust. Sobivust kattekonstruktsiooniga tuleb kontrollida täpsemate uuringutega.

Kihiliste materjalide teralisuse kvaliteedinõuded on üksikasjalikumalt esitatud „InfraRYL-is“.

2) Kuulub klassi s1, kui läbimisprotsent on 0,02 mm kohas alla 3.

3) Kihiline savi/möll (Sa/Mö) on pinnas, mille korral savi hulgas on vähemalt kohati möllikihid või sellest veelgi jämedama (vett juhtiva) pinnase kihid.