

MULDKEHA PROJEKTEERIMISE, EHITAMISE JA REMONDI JUHIS

2014-3



Maanteeamet

Tallinn 2014

SISUKORD

1.	ÜLDNÕUDED.....	3
2.	MULDKEHA PROJEKTEERIMINE.....	4
2.1.	Üldnõuded	4
2.2.	Täiendavad nõuded projekteerimisnormile	5
2.3.	Nõuded muldkeha projekteerimise protsessile	6
2.4.	Talvel ehitatava muldkeha projekteerimise erisused	7
3.	MULDKEHA LOODUSLIKE ALUSPINNASE TUGEVDAMISE VARIANDID	8
3.1.	Üldosa.....	8
3.2.	Terminoloogia antud peatüki mõistes.....	9
3.3.	Valiku faktorid.....	10
3.3.1.	Pinnasetingimused ja ehituse piirtingimused	10
3.3.2.	Stabiilsus	10
3.3.3.	Vajumid.....	11
3.3.4.	Keskkond.....	11
3.4.	Aluspinnase tugevdusmeetodid	11
3.4.1.	Vastumulle	11
3.4.2.	Eelkoormus.....	12
3.4.3.	Kergmulle.....	13
3.4.4.	Massivahetus kaevamisega ja väljasurumisega.....	14
3.4.5.	Stabiliseerimine	15
3.4.6.	Mulle vaiadel.....	17
3.4.7.	Geosüntetidega tugevdamine.....	18
3.4.8.	Aluspinnase tugevdamismeetodi valiku üldistus	19
4.	MULDKEHA EHITAMINE	21
5.	PÕLEVKIVIAHERAINEST MULDE PROJEKTEERIMINE JA EHITAMINE	22
5.1.	Üldnõuded	22
5.2.	Aherainest mulde ehitamine	23
5.3.	Aherainest mulde tihendamine ja vastuvõtmine	23
6.	TÄITEMATERJALIDE KASUTAMINE	24
7.	MULDKEHA EHITAMINE TALVEL	25
8.	MULDKEHA REMONT JA REKONSTRUEERIMINE.....	25
9.	MULDKEHA EHITUS- JA REMONTTÖÖDE VASTUVÕTMINE.....	26
10.	KASUTATUD INFORMATSIOONIALLIKAD.....	27

1. ÜLDNÕUDED

- 1.1 Juhist rakendatakse kõigi Maanteeameti teeprojektide projekteerimisel ja tööde teostamisel sh ka ehitushankel mis sisaldab projekteerimist hanklepingus ette määratud ulatuses.
- 1.2 Maanteeameti töötajad on kohustatud hankeid ette valmistades lähtuma antud juhise, nähes põhjendatud vajadusel ette hangete ajal kehtivate majandus- ja kommunikatsiooniministri määruste „Tee projekteerimise normide“ (edaspidi *projekteerimismäärused*) ja „Tee ja teetööde kvaliteedinõuded“ (edaspidi *kvaliteedinõuded*) täpsustavaid, täiendavaid või uusi nõudeid.
- 1.3 Tööde teostajale või projekteerijale on juhise nõuded kohustuslikud järgimiseks kui need on talle lepingus sätestatud.
- 1.4 Antud juhise mõttes käsitletakse muldkeha projekteerimise või ehitamise või remondina nii muldkeha, muldkeha aluspinnase kui tee niiskurežiimi kavandamist või teostamist. Muldkeha osadeks on mulle või süvend ning veeviimarid ja muud rajatised nii teemaal kui sellest väljaspool sh silla, viadukti ning estakaadi jms pealesõitute ning sammaste mulded.
- 1.5 Ehitamisel sätestatud nõuded kohalduvad ka remondile - st et kui tekstis on ehitamine, siis see kehtib ka remondi suhtes, kui remondi peatükis ei ole seda teistmoodi sätestatud.
- 1.6 Jäätmetest toodetud ehitusmaterjalide kasutamise erisusi muldkehade projekteerimisel ja ehitamisel käsitletakse eraldi peatükkides:
 - 1.6.1 Põlevkiahierainest muldkeha projekteerimisel või ehitamisel tuleb lähtuda käesoleva juhendi peatükis 5 esitatud nõuetest.
 - 1.6.2 Paekiviilvast muldkeha projekteerimisel või ehitamisel tuleb lähtuda peatükis 6 esitatud nõuetest.
- 1.7 Käesolev juhend ei käsitle katendi ehitamist ning nõudeid katendikihtide materjalidele, kuid esitab täiendavaid nõudeid muldkeha kihtide (ja juhul kui need projekteeritakse või ehitatakse täitematerjalidest) täitematerjalide drenivatele ja külmakaitsele omadustele.
- 1.8 Muldkeha projekteerides ja ehitades tuleb arvestada teehoolde nõuetega ning arvestada lahenduse valikult muldkeha elu jooksul tehtavate kulutustega nii, et valitud saaks lahendus, mis oleks oma eluea jooksul optimaalseimate kuludega.
- 1.9 Muldkeha elueaks tuleb arvestada vähemalt 50 aastat ja aluspinnase tugevdamise tehniliseks elueaks 100 aastat. Muldkeha eluea all mõeldakse aega, mille jooksul see täideb talle algselt ettenähtud funktsiooni ning selle perioodi jooksul peab teda hooldama asjatundlikult projektis ettenähtud kasutus ja hooldusjuhendi järgselt.
- 1.10 Muldkeha projekteerimisel ja ehitamisel tohib ette näha ning kasutada ainult geosüntete, mille eeldatav eluiga ületab muldkeha arvestusliku eluea. Minimaalsed nõuded geosüntetele peavad vastama vähemalt NorGeoSpec 2012 sätestatule. NorGeoSpec 2012 on kättesaadav Interneti aadressilt http://norgeospec.org/acms/data/uploads/dateien/sintef_guideline_27-09.pdf.

1.11 Muldkeha projekteerimisele esitatud nõudeid võib tellija suunistel kasutada ka silla vaiade ja sammaste projekteerimise nõuetena.

2. MULDKEGA PROJEKTEERIMINE

2.1. Üldnõuded

2.1.1 Antud peatükki kohaldatakse nii muldkeha rajatiste, muldkeha aluspinnase kui tee niiskurežiimi kavandamisel.

2.1.2 Kõik p.2.1.1 nimetatud tegevusi peavad teostama vastavas valdkonnas pädevad isikud, kes on vastava raskusastmega tegevusi ennem teostanud ning nende tegevus peab olema integreeritud ühtseks tervikuks.

2.1.3 Muldkeha projekteerimisel peab projekteerija lähtuma *projekteerimisnormist* ja lepingus sätestatud juhul antud juhise nõuetest ja *kvaliteedinõuetest* ning lepingus sätestatud täiendavatest või täpsustavatest või Tellija sätestatud täiendavatest unikaalsetest nõuetest..

2.1.4 Muldkeha rajatiste veerežiimi projekteerija ja geotehniline projekteerija peavad olema kaasatud nii uue tee planeerimise etappidel kui ka tee ehitus ja remondi projekteerimise erinevatel etappidel.

2.1.5 *Projekteerimisnormide* punkt 2¹ järgselt võib teede projekteerimisel kasutada Eestile lähedastes kliimavöötmes asuvate Euroopa riikide projekteerimise norme ning muid juhendmaterjale, kui sellega luuakse tingimused ohutuks liiklemiseks. Teiste riikide normide ja juhendmaterjalide kasutamiseks peab tee omanik projekti seletuskirjas põhjendama nende kasutamise vajadust ja sobivust ning saama nõusoleku Maanteeametilt. Kasutades antud juhendis viidatud teiste riikide juhendmaterjale või norme, loetakse Maanteeameti projektides Maanteeameti nõusolekuks nii projekteerimishankel kui projekteerimis-ehitushankel peadirektori või tema volitatud isiku poolset projekti või etapi kinnitamist.

2.1.6 Muldkeha veerežiimi projekteerimisel tuleb lähtuda hanklepingus sätestud juhul ja ulatuses Maanteeameti „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendist,2002“ ning „Maaparandussüsteemi projekteerimisnormidest“ (põllumajandusministri 17.02.2005 a määrus nr 18) hanke ajal kehtivast versioonist. Kui lepingus ei ole eraldi täpsustatud, siis Teeseaduse mõttes teemaal kavandatava tegevuse kavandamisel ja teostamisel tuleb lähtuda teedealade kuivendamise juhendist ning väljaspool teemaa-ala sh ümbritseva ala ning eelvoolude projekteerimisel põllumajandusministri määrusest.

2.1.7 Muldkeha ehituse ja remondi projekteerimisel tuleb lähtuda hanklepingus sätestud juhul ja ulatuses Maanteeameti 2006 aasta „Muldkeha remondi projekteerimise juhise“.

2.1.8 Muldkeha geotehnilisel projekteerimisel tuleb lähtuda:

1. EVS-EN 1997 -1 ning EVS-EN 1997 -2 koos rahvusliku lisaga (Edaspidi *Eurokood 7*).
2. Mullete projekteerimisel EN-EVS 1997-1 12. peatükk.
3. Euroopa standardid seeriast „Execution of special geotechnical Works“ mis näevad ette ühtsed meetodid aluspinnaste omaduste parendamiseks erinevate geotehniliste meetmete abil. (neid meetodeid on tutvustatud juhise p.3.3).

4. Hankekohased projekteerimisnõuded ning tootenõuded.

2.1.9 Nii muldkeha tüüp- kui individuaallahenduste puhul tuleb määrata aluspinnase geotehnilised omadused *Eurokood 7* osade 1 ja 2 ning rahvusliku lisa nõuete kohaselt.

2.1.10 Arvestada tuleb, et standardit EVS-EN 1997 tuleb kasutada koos standarditega seeriast EVS-EN 1990 kuni EVS-EN 1999.

2.1.11 Muldkeha ja muldkeha remondi projekti järgi ehitatud või remonditud muldkeha peab püsima aluspinnasel lubatud minimaalsete tabel 3.1 toodud vajumite piires ning vastu pidama kogu tema arvestusliku eluea jooksul, säilitades projektis ettenähtud hoolde teostamisel optimaalse niiskuserežiimi.

2.1.12 Muldkeha projekteerimiseks tuleb üldjuhul ette näha geoloogilised ja geodeetilised uuringud.

2.1.13 Muldkeha geotehnilisel projekteerimisel võib, kui tellija on seda hanketingimustes ette näinud, Eesti eripäradega arvestamisel kasutada Soome Liikenevirasto vastavaid juhiseid Eurokoodin soveltamisohjeet NCCI7 (rakendusjuhis *Eurokood 7* osale 1) ja NCCI 1 (rakendusjuhis Eurokood 1) koos juhistega Tien geotehnikuline suunnetelu 10/2012, Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotehnikaan käsikirja 2-2012 ja Sillan geotehnikuline suunnetelu 11/2012 ning vastavaid aluspinnase tugevdamise tehnoloogilis juhiseid (p.3.1.3 viidatud standarditega koos) nagu Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje, Syvästabiloinnin suunnittelu, Massanvaihdon suunnittelu, Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeiköllä, Nauhapystyjoitus, Kevennysrakenteiden suunnittelu, Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa, Meluesteet.

2.1.14 Silla geotehnilisel projekteerimisel võib, kui tellija on seda hanketingimustes ette näinud, kasutada Soome Liikenevirasto vastavaid juhiseid Eurokoodin soveltamisohjeet NCCI seeriast (rakendusjuhised *Eurokood* osadele) koos juhisega Sillan geotehnikuline suunnetelu 11/2012 arvestades *Eurokoodi* Eesti rahvuslikke lisasid ning Eesti pinnaste jm nõute eripärasid. Tellija võib nimetatud juhistest (v.a. *Eurokood*) erinevaid nõudeid esitada hankedokumentides.

2.2. Täiendavad nõuded projekteerimisnormile

2.2.1 Kuvettide ja truupide projekteerimisel tuleb hinnata veehulka, mis hakkab kraave läbima, vajadusel tuleb teha vooluhulga arvutused. Arvutused tuleb teostada „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendi väljatöötamine“, Maanteeamet, Tallinn 2002a, järgselt.

2.2.2 Kuvettide ja truupide projekteerimisel tuleb teostada variantide tehnilis-majanduslik võrdlus mis peab arvestama ka seda, et:

- 1) Sügavad kraavid on oluliselt liiklusohhtlikumad, maakasutus on suurem, nõlvade kindlustamine raskem ning hooldamine kulukam;
- 2) Kraavide projekteerimisel tuleb leida optimaalseim lahendus veehulga läbilaskvuse ja kraavide sügavuse vahel. Üle 2m sügavuste kraavide korral (katte pinnast) võib Tellija nõuda täiendavate lahendusvariantide läbitöötamist, leidmaks optimaalseimat lahendust;
- 3) Juhul kui sügavad kraavide rajamine on vältimatu, tuleb kaaluda alternatiivina drenaaži paigaldamist;

2.2.3 Muldekeha projekteerimisel paigaldatav geotekstiil peab vastama NorGeoSpec 2012 nõuetele ning filtreerimise ja separeerimise funktsiooni puhul täitma kvaliteedispetsifikatsiooni (QPS) lisa A tabeli nr 1. vähemalt 2. spetsifikatsiooniprofiili nõuded.

Tabel 1

NGS 2012 QPS lisa A

Näitaja	Maksimaalne tolerants	95%-lisele usaldatavuse vahemikule vastavad nõutavad väärtused ³				
		Spetsifikatsiooniprofiilid (klassid)				
		1	2	3	4	5
Minimaalne tõmbetugevus (kN/m), $F_{a, 95}$	-10%	6	10	15	20	26
Minimaalne venivus maksimumkoormusel (%), $\epsilon_{a, 95}$	-20%	15	20	25	30	35
Maksimaalne diameeter raskustestis (mm)	+25%	42	36	27	21	12
Minimaalne energia indeks (kN/m), $R_{a, 95}$		1,2	2,1	3,2	4,5	6,5
Minimaalne voolukiiruse indeks ³ (10^{-3} m/s)	-30%	3	3	3	3	3
Maksimaalne pooriavasuurus, O_{90} (mm)	$\pm 30\%$	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15
Maksimaalne tolerants ühikkaalu puhul		$\pm 12\%$	$\pm 12\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
Maksimaalne tugevus staatilises torketestis		-10%				

2.2.4 Madala liiklussagedusega (alla 3000 autot/ööpäevas) teedel võib kasutada muldkeha filtratsiooni ja separeerivate geosüsteetide valikukriteeriumina NorGeoSpec 2012 QPS Lisa B tabelit 2, kui tellija ei ole hanketingimustes ette näinud rangemaid nõudeid.

2.2.5 Muldkeha remondi projekteerimisel peab projekteerija vähimate remondikulude väljaselgitamisel kaaluma, kas muldkehast põhjustatud deformatsioone on tehnilis-majanduslikult otstarbekam parandada mullet remontides või saab probleeme lahendada ülevalpool - katendit remontides või geosüntete kasutades.

2.2.6 Geosüntetidega remondimeetmete valiku juhendmaterjalidena võib kasutada põhjamaade või Venemaa Föderatsiooni juhendmaterjale, nt „Metoodilised soovitused geovõrkude ja lamedate geovõrede kasutamiseks täiustatud teekatendite asfaltbetoonkihtide armeerimiseks maanteed kapitaalremondil ja parandustöödel“, Moskva 2009a., „Geolujitetut maarakennet 2/2012“ Liikkenevirasto käsiraamat vms.

2.3. Nõuded muldkeha projekteerimise protsessile

2.3.1 Muldkeha teetehniline, geotehniline ja niiskusrežiimi projekteerimine peavad toimuma integreeritult ning vastavate erialade pädevad kogemustega spetsialistid peavad olema kaasatud tee planeerimise etapist alates.

2.3.2 Tee geotehniline ja niiskusrežiimi projekteerimine peab tuginema eelnevalt läbiviidud geotehnilistele uuringutele kui ei ole tegemist lihtsa muldkeha projekteerimisega, kus kasutatakse tüüplahendusi, aluspinnas on püsiv ning puuduvad stabiilsuse või lihete või vajumistega seonduvad riskid.

2.3.3 Aluspinnase geotehnilised uuringud kavandatakse, neid tõlgendatakse ning aruannete tegemisel lähtutakse standardist EVS-EN 1997-2 ning aluspinnase geotehniline uurimine ja katsetamine peab teostatama vastavuse standardiga EVS-EN 14688 Geotehniline uurimine ja katsetamine ning kõik geotehnilised mõõtmised ja vaatlused tuleb dokumenteerida *Eurokood 7* osa 1 toodud raportile esitatavate nõuetele vastavalt

2.3.4 Aluspinnase geotehniliste uuringute tulemusena tuleb koostada aluspinnase tugevdamise projekt, mis võib olla muldkeha või kogu tee projekti osa.

2.3.5 Tellijal on mõistlik määrata erinevatel muldkeha projekteerimisega seotud tee planeerimis- või projekteerimise etappidele erinevad kvaliteedi ja nõuded ning määratleda erinevate etappide ülesanded mille detailsus suureneb planeeringutest tööjooniste tasemeni, kuid vähemalt planeerimise etapis, mis määrab uue tee asukoha (eelprojekt), peab saama piisavalt andmeid võrdlemaks geotehniliste tööde teostamise hindu erinevatel variantidel.

2.3.6 Tellija poolt esitatud kvaliteedinõudeid täitvad erinevad geotehnilised lahendused peavad võrdlemiseks olema piisavalt detailsed ja variandid ei tohi olla erineva riskiastmega nii, et oleks võimalik hinnata aluspinnase tugevdamise erinevate variantide tehnilisi ja majanduslikke riske.

2.3.7 Ajutiste muldkehade projekteerimisel arvestatakse nende kavandatavat arvestuslikku kasutusega.

2.4. Talvel ehitatava muldkeha projekteerimise erisused

2.4.1 Projektis tuleb ette näha, mis muldkeha ehitustöid ja missugustel tingimustel tohib teostada talvel (perioodil kus õhutemperatuur maapinna tasemel on alla 0 kraadi C).

2.4.2 Projektis võib talvisel perioodil ette näha ja teha järgmisi muldkeha töid:

- 1) Süvendite rajamine kuiva liivpinnasesse ja eelnevalt kobestatud kruusa, rähka, kaljusse;
- 2) Punkt 2.3.2.1 mainitud pinnastest mullete rajamine aluspinnastele, millede tugevuspüsivus külmudes ning sulades ei muutu;
- 3) Sügavamate kui 3 m süvendite rajamine savipinnasesse, teisaldades pinnase puistangusse või muldesse?;
- 4) Mullete rajamine soodes;
- 5) Tunnelite ja sügavate (üle 3 m) kraavide rajamine;
- 6) Regulaarrajatise (näit. paisud, kalatrepid jne) mulde nõlvade ja jõesängide kindlustamine kivipuistega, betooniga, plaatidega jne.

2.4.3 Talveks ei tohi kavandada:

- 1) kuni 3 m süvendite kaevamist mittekaljusesse pinnasesse;
- 2) mullete rajamist külgsüvendi, kaevandist,
- 3) madalate kraavide ja voolusängide rajamist.

3. MULDKEHA LOODUSLIKE ALUSPINNASE TUGEVDAMISE VARIANDID

3.1. Üldosa

3.1.1 Antud peatükis on toodud nõuded aluspinnase tugevdamiseks ning antud ülevaade Euroopa standardite seeriast „Execution of special geotechnical Works“ toodud variantide kasutamisevõimalusest ja teiste muldkeha aluspinnaste tugevdamise meetodite lihtsustatud kirjeldused. Kirjeldused ja viited on toodud andmaks tellijale informatsiooni erinevatest variantidest.

3.1.2 Geosüntetidega tugevdamisel tuleb kasutada NorGeoSpec 2012 kvaliteedisertifikaati omavaid tooteid.

3.1.3 Aluspinnase tugevdamisele peavad eelnema geotehnilised uuringud ning aluspinnase tugevdamise peab projekteerima pädev geotehnik lähtudes *Eurokood 7* ja sellele tuginevatest järgnevatest standarditest (sõltuvalt meetodi valikust) ning *projekteerimisnormidest* ning antud juhiseist hankepinguga täitjale sätestatud nõuetest.

3.1.3 Geotehniliste tööd, mis järgivad järgmisi Euroopa standardite seeriast „Execution of special geotechnical Works“ sätestatud meetodeid, kasutustihedusest Eesti on järgnev lühiülevaade:

a) tihti kasutatakse järgmiseid 6 standardit:

- EVS-EN 14199:2005 Execution of special geotechnical works - Micropiles
- EVS-EN 14475:2006 Execution of special geotechnical works - Reinforced fill
- EVS-EN 1536:2010 Execution of special geotechnical work - Bored piles
- EVS-EN 1537:2013 Execution of special geotechnical work - Ground anchors
- EVS-EN 12063:2001 Execution of special geotechnical work - Sheet-pile Wallis
- EVS-EN 12699:2001 Execution of special geotechnical work - Displacement piles

b) Seni teadaolevalt ei ole veel kasutatud järgnevat, kuid see sobiks teede üle rabade ehitamisel, millal on üks võimalus kasutada turba stabiliseerimist:

- EVS-EN 14679:2005 Execution of special geotechnical works - Deep mixing

c) Üksikutel väga suurte objektidel nagu Sillamäe hoidla Muuga sadam on Eestis kasutatud järgnevaid meetodeid:

- EVS-EN 1538:2010 Execution of special geotechnical work - Diaphragm Wallis
- EVS-EN 15237:2007 Execution of special geotechnical works - Vertical drainage

d) Eestis ei ole veel kasutatud, kuid teadolevalt Lätis on kavas kasutada:

- EVS-EN 12715:2000 Execution of special geotechnical works – Grouting

3.2. Terminoloogia antud peatüki mõistes

VASTUMULLE tee muldkeha kõrvale rajatud madal mulle või vallid, mis on ettenähtud tee muldkeha stabiilsuse tagamiseks.

EELKOORMAMINE aluspinnase koormamine enne otseseid ehitustöid. Eelkoormamine ühendatakse tihti püst-drenaažiga. Eelkoormamine ei ole alati ülekoormamine.

ÜLEKOORMAMINE tegeliku muldkeha ehituskõrguse peale rajatav projektikohane täiendav muldkeha, mis kiirendab aluspinnase vajumist. Enne tegelikku ehitust eemaldatakse täiendav kiht.

PÜSTDRENAAŽ pinnasesse tehtav püstsuunaline drenaaž, mis kiirendab aluspinnase vajumist. Püstdrenaaž teostatakse polümeerse materjalidega ning koos eelkoormamisega.

KERGMULLE tavalisest kivimaterjalist kergem mulle, mis vähendab deformatsioone ja parandab muldkeha stabiilsust.

MASSIVAHETUS nõrkade ja halvastikandvate või saastunud pinnaste vahetus, milleks kasutatakse tavaliselt purdseid pinnaseid või kruusa ja killustikku.

STABILISEERIMINE pinnase töötlemine, kus nõrga kandvusega pinnasesse segatakse sideainet, mis pinnasega reageerides moodustab aluspinnasesse kandvaid sambaid (sammastabiliseerimine) või ühtse plaatja konstruktsiooni (massstabiliseerimine).

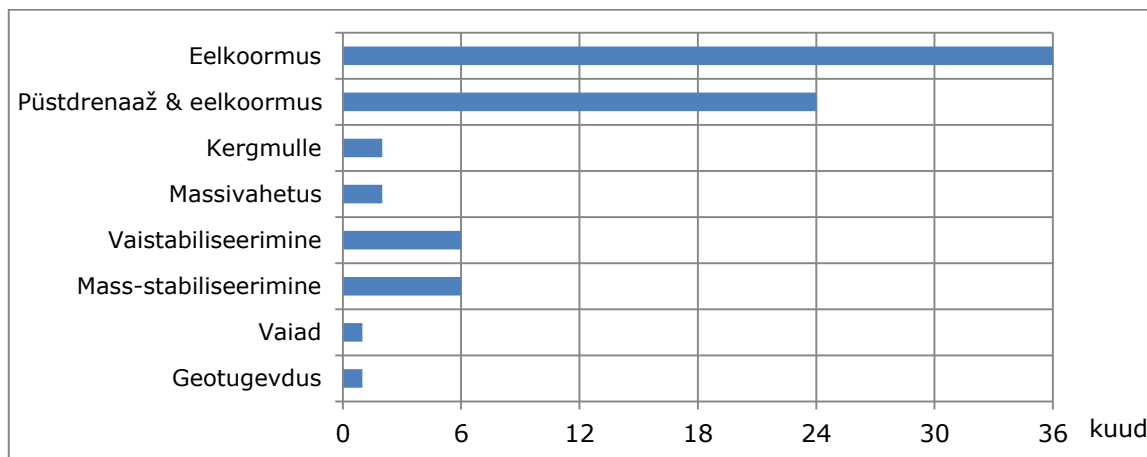
GEOSÜNTEEDID on üldnimetus toote kirjeldamiseks, mille vähemalt üks lehe-, riba- või kolmemõõtmelise tarindi kujuline koostisosa on valmistatud sünteetilisest või looduslikult polümeerist, ning mida kasutatakse kokkupuutes pinnase ja/või muude materjalidega geotehnilistel ja üldehituslikel rakendustel

VAIALUS päistega vaiad, kus koormus kantakse tee konstruktsioonilt läbi vaia pea kandvale pinnasele, või vai-plaat-konstruktsiooni, kus tee konstruktsioon rajatakse raudbetoonplaadile, mis paikneb omakorda vaiadel.

3.3. Valiku faktorid

3.3.1. Pinnasetingimused ja ehituse piirtingimused

Joonistel 3.1 ja 3.2 on esitatud lihtsustatult enamlevinud aluspinnase tugevdusmeetodite rakendatavus eri pinnasetingimustes, samuti aeg, milline on vajalik enne, kui kattekonstruktsioonide rajamist võib alustada.



Joonis 3.1 Tugevdusmeetodi nõutud tüüpaeg enne kui katte ehitust võib alustada

	turvas	löss	savi	tolmliiv	täidis
Eelkoormus					
Püstdrenaaž & eelkoormus					
Kergmulle					
Massivahetus					
Vaistabiliseerimine					
Mass-stabiliseerimine					
Vaiad					
Geotugevdus					

Joonis 3.2 Tugevdusmeetodite kasutusvaldkonnad

3.3.2. Stabiilsus

Planeerides ehitustöid alal, kus suure tõenäosusega võib esineda ehitise lagunemine, tehakse detailsed geoloogilised uuringud, mis on stabiilsusarvestuste aluseks. Arvestuste vastupidavusparameetrid määratakse usaldusväärsemalt kolmeteljelist katsetega või purumismeetodil. Vajadusel viiakse läbi ka poorirõhu mõõtmine.

Purunemiskindluse saab vähendada üldiselt ehituslike kergkonstruktsioonide kasutamise, aluspinnase tugevdamise, geotekstiilide kasutamise, tugiseinte ja vaikonstruktsioonidega. Tööaegne purunemiskindluse kahanemine (madalam kandevõime) võetakse sel juhul projekteerimises ja ehitamises arvesse.

3.3.3. Vajumid

Tabelis 3.1 on teede tähtsuse järgi seatud piirid 30 aasta jooksul toimuvatele vajumitele ja kaldemuutustele.

Tabel 3.1

Piirmäärad kehtivad asfaltkatetega (elastsed katted) teedele.

Maantee	Max vajum (mm)	Max pikikalde muutus (%)	Max põikkalde muutus (%)
Põhimaantee	300	0,4	1,5
Tugimaantee	400	0,5	1,5
Kõrvalmaantee	500	0,6	2,0

Kui muldkehas on torujuhtmeid, müratõkkeid, portaale või miskit sarnast, millele on kehtestatud konkreetset nõuded vajumite piirmääradele, siis määratakse piirväärtused vastavalt nende rajatiste konstruktiivsetest nõuetest või välistest kvaliteedi nõuetest.

3.3.4. Keskkond

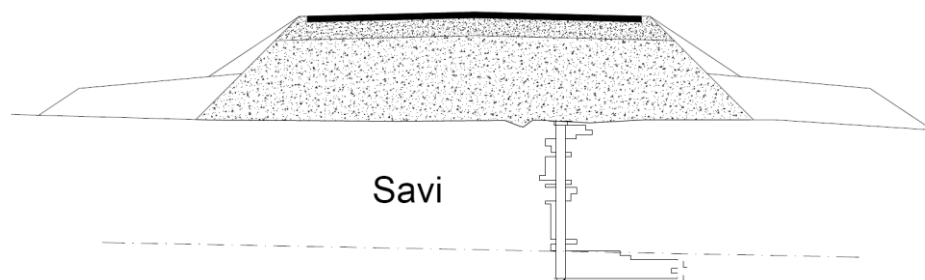
Tee-ehitusel tuleb arvestada negatiivsete muutustega looduslikes tingimustes, kaljupinnases või maapinnases, pinnavees aga ka ehituspiirkonnas või teelähedases alas asuvates ehitistes. Eelistama peab looduskeskkonda säästvaid meetodeid ja negatiivsed muutused peaks püüdma elimineerida juba projekteerimisfaasis. Negatiivsete muutuste ennetamiseks tuleb koostada kontrollisüsteem ja vajadusel ehitada seirerajatised.

Ka võimalike saastunud pinnaste kaardistamine on esmaoluline. Juba aluse tugevdamise planeerimisel peab olema teave maa-ala võimalikust saastumisest. Saastatus mõjutab pinnaste töödeldavust ja võimalikku edasist kasutust. Sedaviisi mõjutab see ka meetodi valikut kui alale on võimalik midagi ehitada.

3.4. Aluspinnase tugevdusmeetodid

3.4.1. Vastumulle

Vastumulle on lihtsaim meetod tee muldkeha stabiilsuse tagamiseks nõrkade aluspinnaste korral. Tee muldkeha kõrvale rajatava vastumuldega või erineva kõrgusega vallidega viiakse muldkeha stabiilsus vajalikule tasemele (Joonis 3.3). Vastumulle suurendab maapinnale suunatud koormust ja põhjustab seeläbi vajumi märkimisväärse kasvu. Vajumid kasvavad ka mulde külgedel ja suurem koormus võib põhjustada ka aluspinnase külgnihkeid. Vastumulded ei sobi kasutamiseks turbapinnaste ja väga pehmete savide korral. Lisaks vajavad vastumulded märkimisväärselt ruumi muldkeha kõrval ja seetõttu ei sobi kasutamiseks tiheasustusaladel.



Joonis 3.3 Vastumulle

Vastumulded on üldjuhul odavaim viis stabiilsuse tagamiseks, sest vastumuldes võib kasutada ka nõrga vastupidavusega eemaldatud pinnaseid.

Kasvava vajumi ja ruumivajaduse tõttu kasutatakse seda meetodit üha vähem.

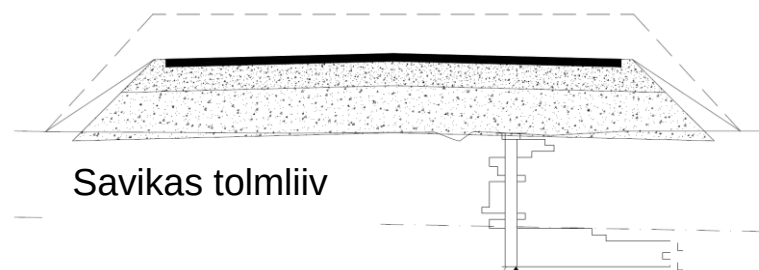
3.4.2. Eelkoormus

Lisamulle

Lisamulle (eelkoormusmulle) on pinnase stabiilsuse tagamise meetoditest lihtsaim. Stabiliseeritav pinnas koormatakse piiratud ajaks koormusega, mis on suurem kui lõplikust konstruktsioonist tulenev. Koormusega ei tohi ületada aluspinnase kandevõimet. Ülekoormus põhjustab aluspinnases stabiliseerimisvajumi, mis pika aja kuludes oleks suurem kui lõplike ehitiste põhjustatav (joonis 3.4).

Enamjaolt realiseeritakse ülekoormusmulle ajutise muldena või kivimaterjalide ajutise vahelaona. Meetod sobib üldiselt vaid alla 6 meetri paksustele savikatele pinnastele kuna paksemate savipinnaste stabiliseerumine võtab liiga pika aja. Ülekoormuse ajaline kestvus sõltub pinnase veeläbilaskvusest ja stabiliseeritava kihi paksusest ning on tavaliselt vahemikus 0,5 kuni 3 aastat.

Meetodi kulud sõltuvad oluliselt kasutada olevatest muldesse sobivatest pinnastest.

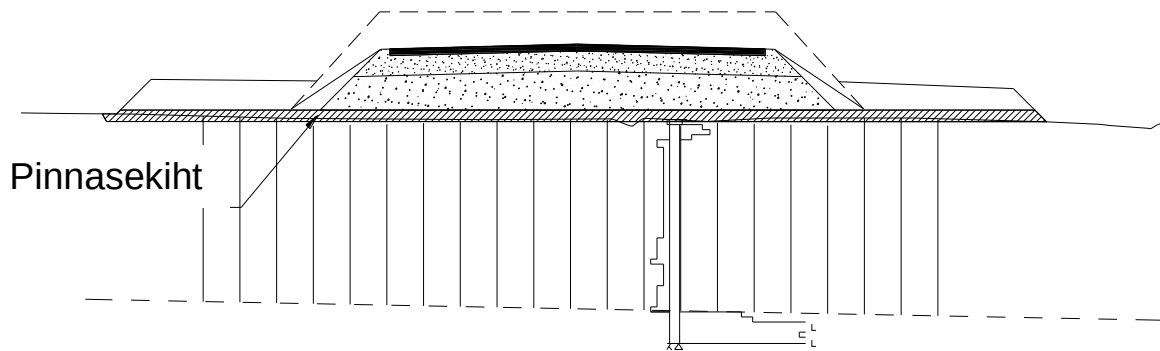


Joonis 3.4 Eelkoormus

Püstdrenaaž ja ajutine liigmulle

Püstdrenaaži all mõeldakse tugevdatava maapinna sisse moodustatavaid silindrilisi liivast dreene, lint-plastikdreene (Joonis 3.5), torudreene, killustikku või purustatud betooni. Püstdrenaaž on sobilik halvasti vett läbilaskvate pinnaste (nt paksud savikihid) eelstabiliseerimiseks, kuna meetodiga lühendatakse liigvee eemaldumise teepikkust ja aega aluspinnases.

Püstdrenaaži kõrval liigmulle (liigkoormamine) lisab oluliselt stabiliseerumiskiirust. Ülekoormuse kasutamisega võidakse lühikese ajaga saavutada lõplik vajum, mis ülekoormuse eemaldamise järel enam ei suurene. Püstdrenaažiga püütakse üldiselt 1-2 aasta jooksul jõuda 80-85%-ni lõplikust vajumist.



Joonis 3.5 Püstdrenaaž

Ülekoormuse kasutamine nõrkadel pinnastel võib põhjustada aluspinnase liikumisi mulde kõrval. See juhtub enamasti siis, kui ülekoormus on liiga suur ja pinnase kandevõime ületatakse. Püstdrenaaž alandab põhjaveetaset, kui põhjavesi on survealine ja püstdrenaaž ulatub vettjuhtivate kihtideni. Projekteerides tuleb drenide vahekaugus valida selline, et pinnasestruktuuri tarbetult mitte rikkuda.

Üldiselt võttes on eelkoormamine soodsaim tugevdusviis. Eelkoormusmulde kulusid mõjutab materjali saadavus. Kui materjal tuleb kaugelt vedada, kasvavad kulud märkimisväärselt. Võimaluse piires saab ülekoormusmuldel kasutada samu materjale, millest hiljem rajatakse põhikonstruktsioon.

3.4.3. Kergmulle

Üldist

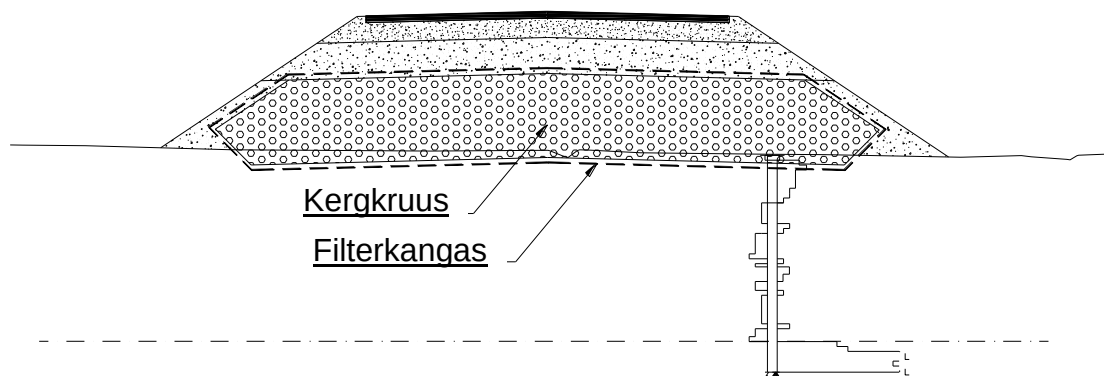
Kergmaterjalide abil vähendatakse pinnasele mõjuvat koormust (Joonis 3.6). Koormuse kahandamisega saab parandada pinnase stabiilsust ja vähendada vajumeid. Kergmaterjalid on üldiselt ka efektiivsed soojusisolaatorid, mis võimaldab konstruktsioonikihi paksuse kahandamist külmakergete vältimisel.

Kergkruus

Kergkruusaga rajatud kergmulle sobib kasutamiseks eriti alljärgnevates kohtades:

- üleminekukonstruktsioonid;
- ojade ja muude veetõkete ületused;
- olemasolevate mullete laiendamine;
- kaldsel maapinnal paiknevad liihkehtlikud mulded;
- sügavad nõrga pinnasega kihid;
- kerg- ja jalgteede põhjad.

Kergkruusa võib siduda elastsusmooduli parandamiseks, siis on tegemist kergkruusabetoniga või bitumeeritud kergkruusaga, vastavalt kasutatavale sideainele.



Joonis 3.6 Kergmulde lahendus kergkruusaga

EPS

EPS (expanded polystyrene) on vahustatud polüstüreenplastik (penoplast). Kergkonstruktsioonis kasutatakse tavaliselt plaate $0,5 \times 1,0 \times 3,0$ m ja arvestusliku erikaaluga 1 kN/m^3 . Kergkruusaga võrreldes on plastik mõnevõrra kallim. EPS-plaatide kõrval võib kasutada ka EPS-kergbetooni.

Muud kergtäidised (tuhk, purustatud autokummid)

Tööstuslike kergmaterjalide kõrval on viimastel aastatel kasutusele võetud ka muid kergmaterjale, millest enamus on tööstusjäätmed. Nende kasutusele aitab kaasa ka keskkonnakaitseline lähenemine, mille raames pööratakse palju tähelepanu jäätmete taaskasutusele.

Tuhad: Mulde täidiseks kuival maapinnal sobivad kõik tuhatüübid. Eriti annab tuha kui kergmaterjali kasutamine efekti paksudes, üle 1 m täidistes.

Tuhkade vastupidavusomadused on üldiselt piisavad tavaliste muldekonstruktsioonide jaoks. Stabiliseeruvate lendtuhkade ja väävli eemalduseks kasutatud tuhkade nihketugevus ja elastsusmoodul kasvavad aja jooksul, mis tõstab nende kasutusvõimalusi geotehniliste rajatiste juures.

Autokummid: Autokummidest valmistatud puru on kasutatud müratõkkevallides, kuid ka tee muldkeha kergmaterjalina nõrga kandevõimega pinnastes. Tüüpilise mulde materjaliga võrreldes on kummipurul väike erikaal ($300 \dots 800 \text{ kg/m}^3$). Materjal ei ima vett endasse ja selle veeläbilaskvus on parem kui kruusal.

Kergmaterjalidest tuhad ja kummid on keskkonnaaspektist huvipakkuvad materjalid, kuna nad on taaskasutus- ja uuskasutusmaterjalid, milliste osas seadusandlus on kehtestanud keskkonnanõudeid. EPS on kõige suurema primaarenergiaga täitematerjal, mille kasutamist tuleks seetõttu vältida.

Kergmaterjale kasutades on põhilised kulud seotud materjalide valmistamisega (kergkruus, vahtplastik) ja transpordikuludega.

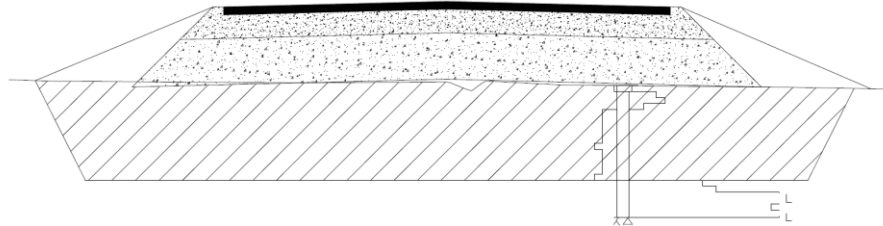
3.4.4. Massivahetus kaevamisega ja väljasurumisega

Massivahetus kaevamisega

Massivahetusel nõrga kandevõimega pinnasekihid (turvas, savi, muda) kaevatakse välja kuni piisava kandevõimega kihini või teatud sügavuseni ja asendatakse parema kandevõimega pinnasega. Meetodi kasutust piiravad valdavalt kaevise püsivusega seotud tegurid.

Kaevamissügavus on üldiselt kuni 4 meetrit, kuid spetsiaalsete masinatega on saavutatav ka 6-7m kaevamissügavus.

Meetod sobib madalatele savikatele pinnastele ja soodele, kus kõva või piisava kandevõimega pinnas on vahetult turba all (Joonis 3.7).



Joonis 3.7 Pinnasevahetus kaevises

Osalise massivahetuse korral tuleb arvestada, et selle tulemusena alumiste kihtide koormus kasvab ja muldkeha vajub.

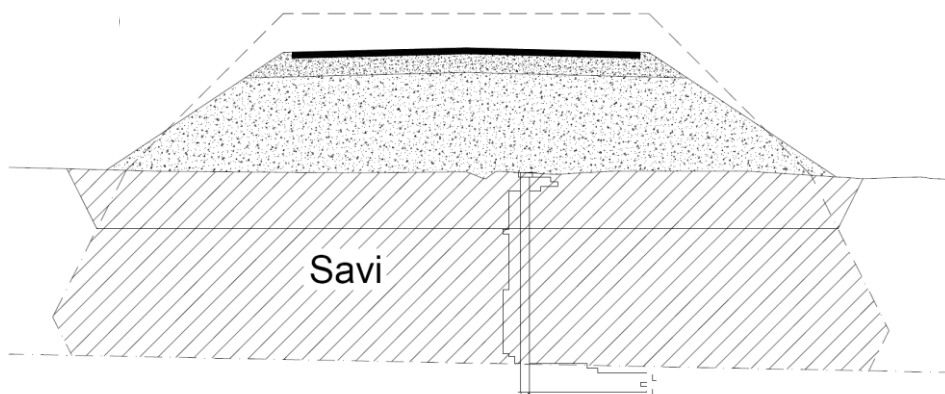
Massivahetus väljasurumisega

Massivahetusel muldega on nõrga pinnase sügavus üldiselt nii suur, et massivahetus kaevamise teel ei õnnestu. Põhjataidise sügavused on üldiselt 4-13m, kuid kuni 18 meetriseid asendusi on tehtud (Joonis 3.8).

Et pinnase eemalesurumine õnnestuks, peab aluspinnas olema voolavas olekus (piisavalt pehme savi või muda). Järgjärguline mulde kõrguse tõstmine (s.t. koormuse suurendamine) surub eest ja külje pealt nõrgad kihid välja. Aluspinnast eemaldatakse nii enne mulde vedamist kui ka selle ajal. Mulde rajamise ajal eemaldatakse vastukaaluna toimivaid masse ees ja külgedel.

Massivahetusest tulenevad keskkonnamõjud on tööaegne tolm ja vee sogastumine, pinnaseeemaldusest tulenevad ajutised ja püsijõud, pinnase liikumised ja sellega kaasnevad võimalikud kahjustused naabruses olevatele ehitistele-rajatistele. Selles osas on muldega massivahetus oluliselt riskialtimate meetod ja sobib harva tiheasustuspriirkonda.

Massivahetuse kulusid mõjutab oluliselt täitematerjalide saadavus. Kui transpordikaugus on suur, kasvavad ehituskulud kiiresti. Ka eemaldatava pinnase paigutus tõstab massivahetuse kulusid, kui eemaldatav pinnas utiliseeritakse.



Joonis 3.8 Pinnasevahetus tehtud täiteviisil (põhjataitmine)

3.4.5. Stabiliseerimine

Vaistabiliseerimine

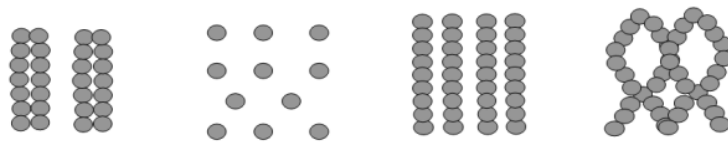
Stabiliseerimise eesmärgiks on luua rajatavale ehitusele kandev alus, et vajumid ja püsivus jääks lubatud piiresse.

Vaistabiliseerimisega segatakse nõrka pinnasekihti surutud seguri abil pinnasematerjal ja sideaine selliselt, et pinnasesse moodustuvad kõvastunud silindrilised sambad (Joonis 3.10).

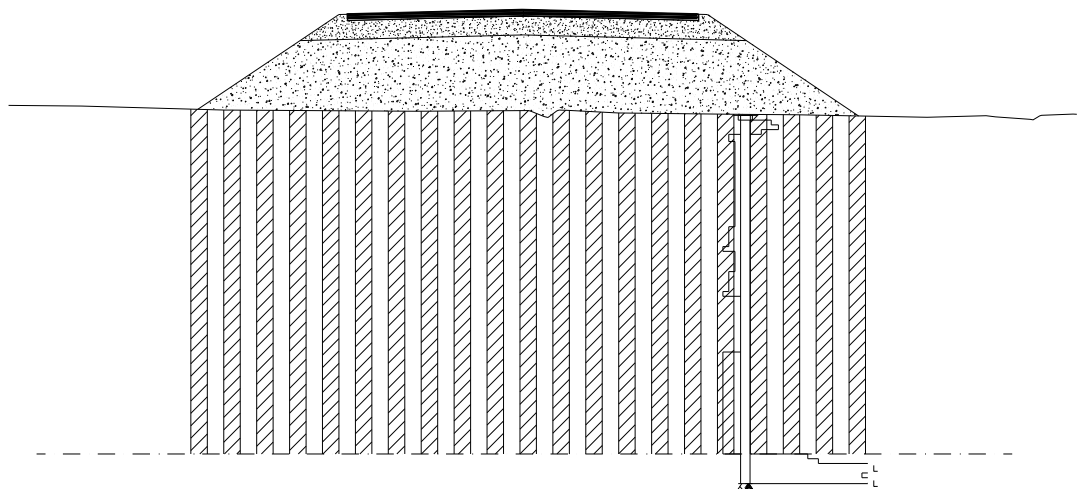
Sideainena kasutatakse Soomes põhiliselt lupja ja tsementi, mida võib kasutada nii eraldi kui ka koos. Lisaks nendele võidakse koos kasutada erinevaid tööstuslikke jääke.

Põhjamaades sisestatakse süvastabiliseerimisel sideaine pinnasesse pulbrina suruõhu abil (nn Nordic-meetod), kuid Jaapanis on katsetatud ka vedelmeetodit. Stabiliseerimistööd viiakse läbi spetsiaalsete puurmasinatega.

Sambadiameeter varieerub üldiselt $d = 400 \dots 900$ mm, enamlevinud on $d = 600$ mm. Soomes praegu kasutuses olevate seadmetega on võimalik saavutada vaia sügavus kuni 25 m. Sõltuvalt stabiliseeritavate pinnaste omadustest ja projekti eesmärkidest võib vajadusel kasutada erinevaid sambamustreid (joonis 3.9)



Joonis 3.9 Sambamustrite näited (vasakult – blokid, üksikud sambad, paneelid, võre)



Joonis 3.10 Vaistabiliseerimine

Stabiliseerimise käigus tuleb erilist tähelepanu pöörata sideaine hajumise (lenduvuse) vältimisele. Seetõttu lõpetatakse näiteks sammaste formeerimine üldiselt vähemalt 0,25m enne maapinda.

Vaistabiliseerimise maksumus sõltub objekti suurusest ja kasutatud vaiadiameetrist. Sideainekulud moodustavad ca 20-40% kogukuludest.

Mass-stabiliseerimine

Mass-stabiliseerimisel sideaine segatakse stabiliseeritava pinnasega ja selle tulemusena moodustub segust kõvastunud blokk. Üldiselt kasutatakse meetodit turba, muda või savikihtide korral. Mass-stabiliseerimise segistiseadmed kinnitatakse tavalise ekskavaatori kopa asemele.

Mass-stabiliseerimist kasutades saab oluliselt vähendada objektil vajaliku loodusliku mineraalmaterjali koguseid ja vähendada jääkpinnase koguseid. Mass-stabiliseerimine konkureerib asendusmeetodiga (pinnasevahetusega) nõrkadel pinnastel eriti siis, kui asenduspinnast on raske saada.

Kulusid mõjutab tugevalt sideaine kulunorm ja stabiliseeritava pinnasekihi paksus, samuti ka pinnase struktuur (liik). Üldiselt tasub mass-stabiliseerimist kasutada alates ca 2 m paksuse nõrga pinnase korral. Turba stabiliseerimisel on sideainekulu märkimisväärselt suurem kui saviseid pinnaseid stabiliseerides.

Stabiliseerimine on väga vähe keskkonda häiriv pinnasetugevdusmeetod. See ei põhjusta selliseid vibratsioone, nagu näiteks vaiameetod.

Mass-stabiliseerimise kulusid mõjutab oluliselt sideaine kulunorm (ruutmeetri hinnast võib moodustada kuni 60%), stabiliseeritava kihi paksus ja ka pinnase liik.

3.4.6. Mulle vaiadel

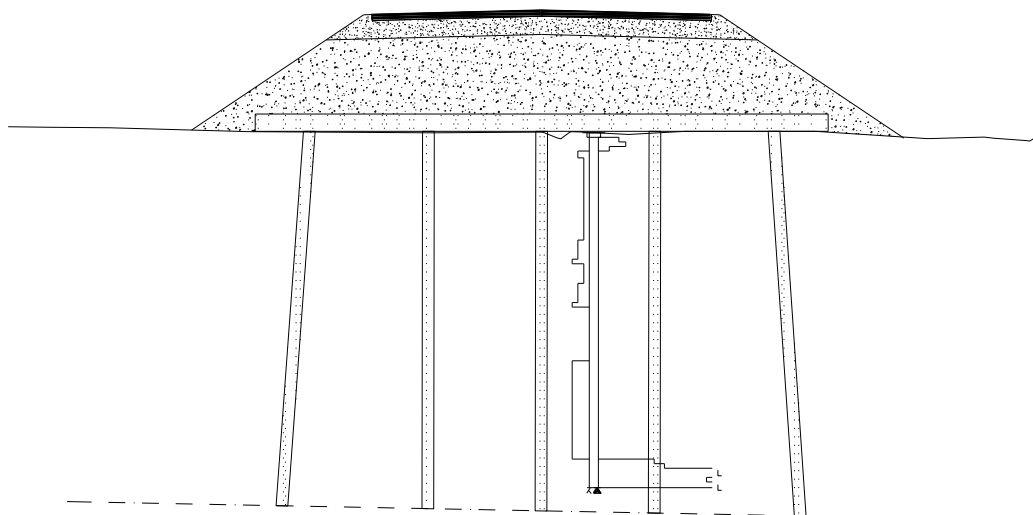
Mulle vaiadel on kulukas meetod teemulde formeerimiseks ja seda kasutatakse, kui ehitisel ei tohi esineda vajumeid või piisava kõrgusega mulde rajamiseks (Joonis 3.11). Valdavad vaimulde objektid on olnud:

- nõrkadele pinnastele rajatavate muldkehade aluse tugevdus;
- sildade pealesõitude alusetugevdus;
- vaiadele rajatud objektide kaitsemulde alused;
- vajumistundlike ehitiste pealesõidud;
- silla koonuse ja kaldasamba toetugevdus.

Tavalisemad vaiasuurused on $250 \times 250 \text{ mm}^2$ ja $300 \times 300 \text{ mm}^2$ raudbetoonist rammitavad vaiad. Peenemat vaia kasutatakse mütsimeetodil, jämedamat vaia plaataluste puhul.

Võimalik põhjaveetaseme langus võib põhjustada maa vajumist ning omakorda vaiadele ülemäärast pinget.

Vaiade rammimine põhjustab maapinna tõusu ja külgsiirdeid vaia kõrval ja vajumeid kuni vaia pikkuse laiuses tsoonis. Rammimistööd põhjustavad müra ja vibratsiooni. Seetõttu tuleb tundlikel aladel teha proovirammimisi ja kontrollida vibratsioonitaset. Vaiameetodi kuludele mõjub kasutatav vaiatüüp, nõrga pinnasekihi sügavus ehk vaiapikkus ja muldeplaadi või mütsi rajamisega seotud kulutused.

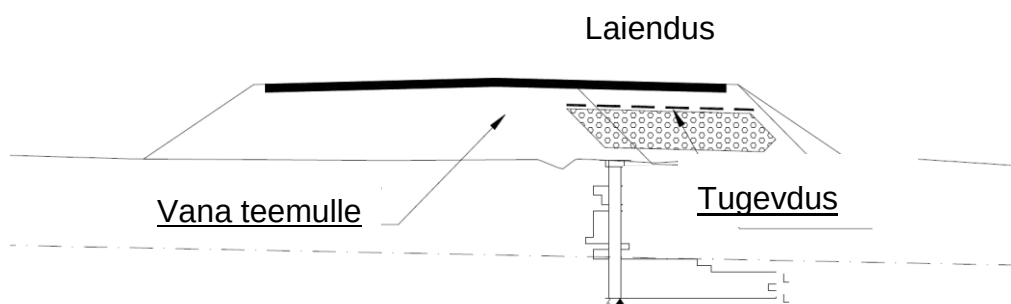


Joonis 3.11 Mulle vaialusega plaatvundamendil

3.4.7. Geosünteedidega tugevdamine

Geosünteedidega tugevdused võib jämedalt jagada kolme-, kahe- või ühedimensioonilisteks tugevdusteks. Kolmemõõtmelised on erilised valmisvormid – geokärjed, kahemõõtmelised on kangad ja võrgud. Ühedimensioonilised on tõmbelementidena töötavad ribad ja lehed.

Pinnase tugevdamisel geosünteedidega saab tõsta maa pinnase kandevõimet ja parandada ehitise vastupidavust. Tugevdi võtab vastu ehitisest tulenevad pinged ja tasandab need, hajutades koormuse laiemale alale. Joonisel 3.12 on esitatud tüüpiline geosünteedidega tugevduse rakendus, kus geosünteedid tasandavad vajumierisusi tee laienduses.



Joonis 3.12 Geovõrkude kasutamine kergmuldega

3.4.8. Aluspinnase tugevdamismeetodi valiku üldistus

Tabelis 3.2 on esitatud eeltoodud aluspinnase tugevdusmeetodite kokkuvõte ja meetodite võrdlus üldistatuna.

Tabel 3.2

Aluspinnase tugevdamismeetodite võrdlus üldistatuna

Meetod	Mõju	Kasutatavus	Alusmaterjalid	Positiivne	Negatiivne
Vastumulle	Parandab stabiilsust	Mittekõrged mulded	Savi, tolmsed liivad	Odavus	Vajab palju lisaruumi ja vähendab kasutatavat maad
Eelkoormus -lisamulle -püstdrenaaž	Vähendab vajumeid	Madalad mulded	Eelkoormus: - Savi, tolmsed liivad - madalad nõrgad pinnased < 6 m Püstdrenaaž: - Savi, tolmsed liivad, (muda)	Odavus	Püstdrenaaž ei ole kasutatav survega põhjaveealadel Ehitusaeg on pikk ¹
Kergmaterjalid	Parandab stabiilsust Vähendab vajumeid	Madalad mulded	Savi, tolmsed liivad, muda	Materjalide taaskasutamise võimalus, (vaja keskkonnaministeeriumi aktsepteerimist)	Veest kergem ja ei sobi kasutamiseks pinnasevee korral (nt turbaalad) ²
Massivahetus - Kaevamisel -Mulde rajamisel	Parandab stabiilsust Peaaegu vajumiskindel konstruktsioon	Madalad ja kõrged mulded	Savi, tolmsed liivad, muda, turvas Kaevamisel max sügavus: 6...7 m Muldega max kõrgus: 12...15 m	Meetod on kasutatav praktiliselt kõikides kohtades ³	Eemaldatava pinnase jaoks on vaja kohta Materjali vajadus on suur

¹ Turbaaladel on vajumise aeg väga pikk

² Muldkeha üksnes kergmaterjalist ei ole kasutatav turbaaladel. Osaliselt kergmaterjalist muldkeha vajub turbaaladel.

³ Trba puhul praktiline kasutada üsna õhukeste kihtide korral.

Meetod	Mõju	Kasutatavus	Alusmaterjalid	Positiivne	Negatiivne
Stabiliseerimine -Vai- stabiliseerimine	Parandab stabiilsust Peaaegu vajumiskindel konstruktsioon	Mittekõrged mulded; Mulde kõrgus < 6 m	Savi max sügavus: 15...20 (25)m	Sobib hästi ehitistega piirkonda Suhteliselt odav Säästab materjali	Vajab täpsemaid pinnase eeluuringuid Kuna stabilisatsiooni tugevus peab olema hästi kõrge ei ole kasutatav turba alal.
Stabiliseerimine -Mass- stabiliseerimine	Parandab stabiilsust Peaaegu vajumiskindel konstruktsioon	Mittekõrged mulded; Mulde kõrgus < 6 m	Savi, tolmsed liivad, muda, turvas max sügavus: 6 m	Sobib peaaegu kõigi nõrkade pinnaste korral Suhteliselt odav – mida suurem stabiliseerimine maht seda soodsam Säästab materjali	Vajab täpsemaid pinnase eeluuringuid Tuleb arvestada stabiliseerumise ajaga
Vaimeetod - mütsiga - plaadiga	Parandab stabiilsust Vajumiskindel konstruktsioon	Kõrged mulded; Mulde kõrgus > 6 m	Savi, tolmsed liivad, muda, turvas	Hea meetod ehitistele, millele ei ole lubatud vajumeid	Põhjustab mingil määral vibratsiooni ja müra Kallis meetod Raske ehitada pehmetel turba aladel, vajades ehitusplatvormi
Geosüntees	Parandab stabiilsust (Ühtlustab vajumid)	Madalad mulded	Savi, tolmsed liivad, muda, turvas	Suhteliselt odav ehitada	Vajumid võivad olla suured

4. MULDKEGA EHITAMINE

4.1 Muldkeha ehitamisel tuleb järgida *kvaliteedinõudeid* ning projektis ja lepingus sätestatud täiendavaid nõudeid.

4.2 Mulle ja süvend tuleb ehitada vastavuses hanke ajal kehtinud „Teetööde tehnilistele kirjeldustega“.

4.3 Ehitamine peab lähtuma projektist. Projektis ettenähtud muldes kasutatavat pinnast või materjali võib ehitamise käigus asendada vähemalt samaväärse tootega, st katendiarvutuse järgne elastsusmoodul, sisehõõrdenurk ja nidusus ning filtratsioon jm näitajad on vähemalt samaväärsed.

4.4 Projektis ettenähtud nõuetele vastamiseks peab vajadusel mulde ehitamiseks kasutatavaid pinnaseid vääristama sõelumise, pesemise, purustamise, segamise, stabiliseerimise jms teel. Segamine peab toimuma spetsiaalses segusõlmes, tellija kirjalikul loal võib põhjendatud erijuhul segada stabiliseerimisfreesia

4.5 Muldkeha pinnaste tihendamisel tuleb juhendada „Muldkeha tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised“ 2006-41 (kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr 264) nõuetest.

4.6 Geosünteedidega kasutamisel tuleb kasutada NorGeoSpec 2012 kvaliteedisertifikaati omavaid tooteid ning ehitaja peab lubama NorGeoSpec 2012 kvaliteedisertifikaadi väljaandja volitatud isikuid ehitusobjektile tegemaks NorGeoSpec 2012 ettenähtud kvaliteedikatseid ning tagama dokumentide olemasolu, mis tõestavad geosünteedide ostmist. Nende kaudu saab vajadusel kindlaks teha nende müüja, vahendaja ja tootja seosed.

4.7 Tööde vastavuse kontroll toimub vastavalt *kvaliteedinõuetele* ja hanke ajal kehtinud „Tee ja teetööde vastuvõtu eeskirjale“.

4.8 Teostatud tööde vastavuse ja kontrollimise eest vastutab töövõtja (ehitaja) koos omanikujärelevalvega. Mõõtmis- ja katsetulemustelemused fikseeritakse, allkirjastatakse ja lisatakse objekti täitedokumentatsiooni juurde. Tellijal on õigus teostatud tööde või materjalide vastavust jooksvalt kontrollida.

4.9 Mullete ehitamise järelevalve ja seire peab toimuma lähtuvalt EN-EVS 1997-1 p.12.7.

5. PÕLEVKIVIAHERAINEST MULDE PROJEKTEERIMINE JA EHTAMINE

5.1. Üldnõuded

5.1.1 Põlevkiviaherainet võib kasutada ainult mullete ehitamisel kui on täidetud kõik antud peatükis sätestatud nõuded. Teede mulletes kasutamisel peab põlevkiviaheraine orgaanilise aine sisaldus olema alla 10%. Orgaanilise aine sisaldus tuleb määrata laboratoorselt kuumutuskao meetodil iga kasutatava aheraine 3000 m³ kohta ja vähemalt ühel korral enne tarnija poolt pakutava partii kasutuselevõttu.

5.1.2 Põlevkiviaherainet võib mulde ehitamisel kasutada juhul, kui põlevkiviaherainest konstruktsioonikihi tühimikud on täielikult täidetud dreniva pinnasega, mille maksimaalne terasuurus on $D \leq 16$ mm (edaspidi antud peatükis kui *liiv*) ning mille filtratsioonimoodul maksimaalsel tihedusel on vähemalt 0,5 m/ööp (EVS 901-20 järgi).

5.1.3 Jalgteedel ja alla 300 a/ööp liiklussagedusega teedel (k.a. sõiduautode parklate muldkehas), millel on tolmuva kate või mis on pinnatud ja mille talihooldde seisunditasemeks on kehtestatud seisundinõuete määrase mõttes tase 1, on lubatud kasutada põlevkiviaherainet ka liivaga segamata. Sellisel juhul tuleb tagada, et aherainel ei oleks püsivat kokkupuudet veega ja et aheraine pealispind saaks kiilutud killustikuga (või aherainekillustikuga), et vältida drenikihi materjali hilisemat segunemist aherainega.

5.1.4 Aheraine tühiklikkus määrab segamiseks vajaliku *liiva* koguse mahuliselt. Katseliselt on saadud tulemuseks, et tühiklikkus on ligi 40% nii fraktsiooni 0/100 kui ka 100/300 mm puhul. Arvestades liiva ja aheraine segamise tehnoloogiast tulenevat segamistäpsust, on soovituslik vahetegur liiv/aheraine 50/50 kuni 60/40. Eesmärk on tagada kõikide tühikute täitumine liivaga. Aheraine tühiklikkus tuleb laboratoorselt määrata valitud aheraine fraktsioonile enne kasutuselevõtmist, mille alusel tuleb määrata vajaliku *liiva* kogus.

5.1.5 Aherainet pole lubatud kasutada veega kokkupuutuvates mulde kihtides. Aherainet tohib muldes kasutada *projekteerimisnormide* mõistes 1. ja 2. niiskuspäikkonnas ning seda juhul, kui projekteerija on ette näinud meetmed, et vältida aherainest konstruktsioonikihtide ja pinnasevee vaheline kokkupuudet.

5.1.6 Aheraine purunemiskindlus peab muldes kasutamisel jääma alla LA₄₀. Purunemiskindlust tuleb kontrollida iga 3000 m³ muldesse paigaldatud aheraine kohta.

5.1.7 Terakoostist tuleb kontrollida fraktsiooni 0/100 mm kasutamisel iga 3000 m³ muldesse paigaldatud aheraine kohta. Aheraine fraktsiooni 100/300 mm kasutamisel piisab tühiklikkuse kontrollimisest, kuna seal on muldele ohtu kujutavaid peenosiseid oluliselt vähem. Aheraine peenosiste sisaldus peab olema väiksem kui f₄.

5.1.8 Liiva terakoostise, peenosiste sisalduse ja filtratsioonimooduli minimaalsed nõuded tuleb määrata projektis.

5.1.9 Materjali vastavuse eest vastutab töövõtja (ehitaja) koos omanikujärelevalve esindajaga. Laboratoorsed katsetulemused lisatakse objekti täitedokumentatsiooni juurde. Tellijal on õigus teostatud tööde ja materjalide vastavust jooksvalt kontrollida.

5.2. Aherainest mulde ehitamine

5.1.1 Aheraine ja liiva segamisel peab arvestama võimalikku ebatäpsust, mis katseliselt on olnud piirides ± 5 mahu-%. Segamise võib teostada nii vahelaos kui ka otse teetrassil. Teetrassil võib toimuda segamine nagu vahelaos edasise veoga või kohapealse segu laotamisega ja planeerimisega.

5.1.2 Ehitatava mulde iga kihi paksus määratakse tulenevalt kasutatavast aheraine fraktsioonist, lähtudes "Pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhistest" (kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr. 264), juhise punktid p.2.2.4.7 ja p.2.3.4.3. on kohustuslikud.

5.1.3 Kui aheraine fraktsioon 100/300 mm sisaldab suuremaid tükke kui 300 mm, siis seda fraktsiooni ei tohi kasutada alla 40...50 cm paksuste kihtide ehitamiseks. Fraktsiooni 0/100 mm kasutamisel võib ehitada ka alla 40 cm paksuseid kihte.

5.1.4 Segamiseks tuleb vedada vahelattu või teele pinnaühiku kohta mahuproportsioone arvestavad kogused aherainet ja liiva. Segamine võib toimuda ekskavaatoriga või frontaallaaduriga mitmekordse läbitõstmise abil. Lubatud on ka vahelaost selline materjali väljavedu, et kalluri kasti laaditakse kordamööda õhukeste kihtidena aherainet ja liiva lähtudes mahuproportsioonidest.. Teel segamise korral tuleb segatud materjal paigutada selliselt, et seda saab vastavalt kihi paksusele laotada buldooseriga või greideriga. Visuaalselt peab kiht olema ühtlane ning tühimikud täielikult täidetud.

5.3. Aherainest mulde tihendamine ja vastuvõtmine

5.2.1 Tihendamisel tuleb juhinduda projekti nõuetest ning tihendamise ja „Pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhistest“ (kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr 264). Kui visuaalselt ilmneb, et tihendamise käigus on tekkinud ebaühtlaselt segunenud kohad, siis tuleb need välja kaevata ja taastäita korralikult segunenud aheraine ja liiva seguga. Planeeritud ja tihendatud kiht peab olema projektsete kalletega ja tasasusega, et oleks tagatud vete äravool mulde pinnalt.

5.2.2 Teostatud tööde vastavuse ja kontrollimise eest vastutab töövõtja (ehitaja) koos omanikujärelevalve esindajaga. Tulemused fikseeritakse, allkirjastatakse ja lisatakse objekti täitedokumentatsiooni juurde. Tellijal on õigus teostatud tööde vastavust jooksvalt kontrollida.

5.2.3 Mulde vastuvõtmine toimub tavapärastele vastuvõtunõuetele vastavalt.

6. TÄITEMATERJALIDE KASUTAMINE

6.1 Muldkeha projekteerimisel, remondil ja ehitamisel võib kasutada lisaks pinnastele nii looduslikke kui ka toodetud (tehislike või taaskasutatavate materjalide töötlemise teel saadud) EVS-EN 13242 tootestandardile vastavaid (jäme, peen ja fraktsioneerimata) täitematerjale^x.

6.2 Juhul, kui mulde ehitamisel või remondil kasutatakse täitematerjali, peab olema see toodetud ja tõendatud vastavalt kehtivale seadusandlusele ehitustoote standardi EVS-EN 13242 kohaselt.

6.3 Muldkeha projekterimisel ja ehitamisel täitematerjalidest kehtivad neile sõltuvalt kasutuskohast muldes järgnevad nõuded:

- 1) Muldkeha töötsoonist allpool, ehk sügavamal kui 1,5 m võib kasutada täitematerjale, millel on täidetud tootestandardi EVS-EN 13242 minimaalsed nõuded.
- 2) Muldkeha töötsooni alumises kihis, ehk sügavusel 1,0 kuni 1,5 m võib kasutada täitematerjale, kui lisaks standardi EVS-EN 13242 minimaalsetele nõuetele on neil täidetud järgmised tingimused:
 - a) veeimavuse kategooria standardi EVS-EN 13242 järgi on vähemalt WA_{242} ;
 - b) filtratsioonimoodul standardi EVS 901-20 järgi on peale muldesse paigaldamist ja tihendamist vähemalt 1 m/ööp.
- 3) Muldkeha töötsoonis sügavusel 0,75 kuni 1,5 m võib kasutada täitematerjale ainult juhul, kui tee perspektiivne liiklussagedus AKÖL20 on alla 1500 auto/ööpäevas ja täidetud on lõikes 2) toodud nõuded veeimavusele ja filtratsioonimoodulile.
- 4) Muldkeha töötsooni ülemises kihis, ehk sügavuseni kuni 1 m võib kasutada täitematerjale, kui lisaks standardi EVS-EN 13242 minimaalsetele nõuetele on täidetud järgmised tingimused:
 - a) veeimavuse kategooria standardi EVS-EN 13242 järgi on vähemalt WA_{241} ;
 - b) filtratsioonimoodul standardi EVS 901-20 järgi on peale muldesse paigaldamist ja tihendamist vähemalt 2 m/ööp.
- 5) Karbonaatsetest settekivimitest valmistatud täitematerjali kasutamisel peab mulde veerežiim olema projekteeritud ehitatud selliselt, et tee eluea jooksul ei tekiks muldes oleva materjali üleniiskumist. Nõutav on, et muldkeha veesisaldus jääks tee eluea jooksul allapoole optimaalset veesisaldust, st. $w < w_o$, kus w_o on optimaalne veesisaldus standardsel Proctorteimil;
- 6) Juhul, kui karbonaatsetest settekivimitest valmistatud täitematerjal ei vasta ülaltoodud nõuetele, võib seda kasutada segatult lõigetes 2) ja 4) toodud nõuetele vastavate täitematerjalidega või samadele tingimustele vastavate pinnastega vastavates samades lõigetes 2) ja 4) viidatud muldkeha kihtides tingimusel, et karbonaatsest settekivimist valmistatud mittevastava täitematerjali mahumass segus on segu summaarsest mahumassist väiksem kui 50%.

6.5 Muldkeha projekteerimisel, remondil ja ehitamisel võib kasutada aherainest toodetud täitematerjali, kui sellel on lisaks standardi EVS-EN 13242 minimaalsetele nõuetele täidetud ka p.6.3 sätestatud nõuded.

6.6 Kahtluse korral võivad tellija ja insener kontrollida, kas materjalid vastavad antud peatükis kehtestatud nõuetele.

^x *sh ka paekivi tootmisjääkidest pesemise teel toodetud karbonaatsest settekivimist peentäitematerjal ehk paekiviliiv*

7. MULDKEGA EHITAMINE TALVEL

7.1 Teelõigud, kus muldkeha on lubatud rajada talvel (miinuskraadidega), määratakse projektis.

7.2 Talvel rajatavas muldes võib piiramatult kasutada süvendist või karjäärast saadavat kalju- ja purdpinnast, jäme- ja keskliiva.

7.3 Talviste mullatööde puhul tuleb arvestada täiendavate nõuetega:

- 1) mis tahes pinnasest mulle rajatakse rõhtsate kihtidena kogu mulde laiuses ja iga kiht tihendatakse. Iga muldesse veetav uus pinnasekiht tuleb paigaldada enne eelmise külmumist;
- 2) mulde puistekihi paksus määratakse proovitihendamise (paksus oleneb mulde rajamise kiirusest õhutemperatuurist, pinnase veo kaugusest, tihendusmasinate tüübist ja võimsusest).
- 3) mulle tihendatakse raskete masinatega (tampmasinad, võrerullid jt), sõltumata puistamisviisist ja mulde kõrgusest;
- 4) muldesse paigaldatava pinnase mahust tohib külmunud pinnast olla kuni 30 %;
- 5) üle 0,2 m läbimõõduga või üle tihendatava kihi paksusest ulatuvad külmunud pinnasekamakad ei tohi sattuda muldesse;
- 6) külmunud pinnas tuleb paigutada muldesse ühtlaselt, vältides pesade teket ja külmunud kamakate kuhjumist mulde nõlva ossa;
- 7) mulle tasandatakse alles pärast pinnase täielikku sulamist;
- 8) mulde ülaossa ja truubi kohale paigaldatakse 1 m paksuselt ainult külmumata savi või drenepinnast;
- 9) kaldasammaste taha ja sillakoonustesse paigaldatakse ainult külmumata drenepinnast;
- 10) jõeluha üleujutatavasse ossa talvel rajatav mulle või regulaarrajatis (näiteks paisud, kalatrepid jne) tehakse kaljupinnasest purdpinnasest, jäme- või keskliivast;
- 11) üleujutatavale alale rajatav mulle peab suurvee ajaks olema vähemalt 0,5 m üle kõrgvee eeldatava taseme (kaasa arvatud laine kõrgus) ja projektikohane kindlustis peab olema valmis.

7.4 Talvel ehitatud muldkehale võib katendit ehitada üksnes pärast muldkeha sulamist, tihendamist ja profileerimist.

8. MULDKEGA REMONT JA REKONSTRUEERIMINE

8.1 Vastavalt Teeseadusele on muldkeha remontimise eesmärk kõrvaldada tee elementide kulumise ja kahjustuste tagajärjed. Rekonstrueerimine on Teeseaduse mõttes remondi alaliik ning seega on nende mõlema tulemuseks tee elementide st muldkeha antud juhendi mõistes esialgse seisundi taastamine. Antud alajaotuses tähendab mõiste remont nii remonti sh taastus-, ja säilutusremonti kui rekonstrueerimist.

8.2 Muldkeha remondi projekti järgi remonditud muldkehal peab olema taastatud esialgselt ettenähtud optimaalne niiskusrajoit ja ta peab püsima aluspinnasel lubatud minimaalsete tabel 3.1 toodud vajumite piires.

8.3 Muldkeha remont tuleb teostada projektijärgselt tagades vajalik muldkeha tugevus ja püsivus..

8.4 Mulde nõlvade katmiseks kasutatavad pinnased ei tohi olla halvemini drenivad kui mulde pinnased. Halvemini drenivad pinnased tuleb asetada alumistesse kihtidesse, paremini drenivad

ülemistesse. Erandiks on sellised mulded, mille alaosas peab olema dreniv kiht mulde kaitsmiseks pinnasevete ja kapillaarvete eest.

8.5 Dreeniva pinnase paigaldamisel mittedreenivale pinnasekihile peab allasuval kihil olema kalle teljest servade poole vähemalt 4%. Mittedreeniva pinnase paigaldamisel drenivale (näiteks kapillaarniiskuse eest kaitsvale kihile mulde allosas) ehitatakse kokkupuutepind horisontaalsena.

8.6 Erinevate pinnaste korrapäratu puistamine muldesse on keelatud, sest selle tõttu võib mulde keskele moodustuda veekotte ja ülemised kihid võivad lihkuda mööda kallakulisi savikihte.

8.7 Olemasolevate mullete laiendamisel tuleb täita järgmisi tingimusi:

- 1) Vanalt muldelt tuleb eemaldada mätas ja ehitada nõlv astmeliseks (astme laius vähemalt 1 m ja kalle 10 – 20 % teest eemale). Liivaste pinnaste puhul astmeid ei tehta;
- 2) Laiendamiseks kasutatav pinnas peab olema samasugune, kui vana mulde pinnas; pinnaste erinevuse korral peab juurdelisatav olema paremate drenivate omadustega;
- 3) Olemasolevaid drenivatest pinnastest muldeid ei ole lubatud laiendada mittedreenivate pinnastega;
- 4) Laiend tuleb ehitada horisontaalsete kihtidena ja need tihendada;
- 5) Lõpetamata mullete pealispind tuleb enne pikaajalist töövaheaega hoolikalt tihendada ja tasandada sellise kaldega, mis tagaks vihmavete takistuse äravoolu;
- 6) Mullete, süvendite, kõigi kaitseehitiste ja veeviimarite nõlvad, mis on ehitatud pinnastest ja alluvad ilmastiku ning vete purustavale toimele, peavad olema kindlustatud.

8.8 Kui muldkeha materjal muutub või kui on vaja tasandada külmakerke, kandevõime või vajumiste erinevusi, peab ehitama siirdekiilud. Siirdekiilude nõuded on esitatud *projekteerimisnormis*.

9. MULDKEGA EHITUS- JA REMONTTÖÖDE VASTUVÕTMINE

9.1 Muldkeha ehitus ja remonditöid tuleb kontrollida kvaliteedinõuete ning nendele täiendavalt lepinguga kehtestatud nõuete järgi ning järgides kõiki teetööde tegemist, kontrollimist, dokumenteerimist ning vastuvõtmist reguleerivaid kehtivaid õigusakte.

9.2 Vastuvõtmisel tuleb täiendavalt juhendada hanke ajal kehtinud „Riigimaanteede ehitus- ja remonttööde vastuvõtu eeskirjast“.

10. KASUTATUD INFORMATSIOONIALLIKAD

1. Tee projekteerimise normid.
Teede- ja sideministri 28. septembri 1999. a. määruse nr 55 muutmise eelnõu;
2. Tien perustamistavan valinta. Tiehallinto, 2003;
3. Teetööde tehniline kirjeldus. Maanteeamet;
4. Tee ja teetööde kvaliteedinõuded.
Majandus- ja kommunikatsiooniministri 06.02.2013 määrus nr 10;
5. Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised 2006-41.
Kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr 264;
6. Põlevkiviaheraine kasutusvõimaluste uurimine tee muldkeha ehitamisel 2012-7. Teede Tehnokeskus AS;
7. Geosünteedide kasutamise juhised 2006-26.
Kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr 264;
8. Kohalike mineraalmaterjalide optimaalse kasutamise uuring Eesti teedemajanduses 2010-15. Teede Tehnokeskus AS;
9. Pinnaste mass-stabiliseerimisvõimaluste katselõigu uurimistöö. III etapi lõpp-aruanne 2007-4. Ramboll Eesti AS 2011. a;
10. Limits of Use of Natural Soils, Specification and Controls in Earthworks. PIARC TC 12 on Earthworks, Drainage and Subgrade 2003;
11. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52, Maanteeamet;
12. NorGeoSpec 2012. Nordic system for the certification and specification of geosynthetics and geosynthetic-related products;
13. Eurokoodin soveltamisohje NCCI7. Liikennevirasto 2011;
14. Eurokoodin soveltamisohje NCCI1. Liikennevirasto 2011;
15. Tien geotekninen suunnittelu. Liikennevirasto 2012;
16. Sillan geotekninen suunnittelu. Liikennevirasto 2012;
17. Tiepenkereiden ja –leikkausten suunnittelu. Liikennevirasto 2010;
18. Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2-2012;
19. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje. Tiehallinto 2008;
20. Syvästabiloinin suunnittelu. Liikennevirasto 2010;
21. Massavaihdon suunnittelu. Liikennevirasto 2011;
22. Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeiköllä. Tielaitos 1994;
23. Nauhapystyjoitus. Tielaitos 1994;
24. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Liikennevirasto 2011;
25. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Tiehallinto 2007;
26. Tien meluesteiden suunnittelu. Liikennevirasto 2010;