



MAANTEEAMET

Kinnitatud Maanteeameti peadirektori
05.01.2016. a käskkirjaga nr 0001

MULDKEHA ja DREENKIHI PROJEKTEERIMISE, EHITAMISE JA REMONDI JUHIS



Tallinn 2016

Sissejuhatus.....	3
1. Üldnõuded	5
2. Muldkeha ja drenkihi projekteerimine	6
2.1. Üldnõuded	6
2.2. Täiendavad nõuded projekteerimisnormile	8
2.3. Nõuded muldkeha projekteerimise protsessile	10
2.4. Talvel ehitatava muldkeha projekteerimise erisused	10
3. Muldkeha looduslike aluspinnaste tugevdamise variandid	12
3.1. Üldosa	12
3.2. Terminoloogia antud peatüki mõistes.....	12
3.3. Lühikävaade aluspinnase geotehnilise tugevdamise võimalustest ja meetodite valiku põhimõtetest	14
3.3.1. Pinnasetingimused ja ehituse piirtingimused	14
3.3.2. Stabiilsus	14
3.3.3. Vajumid	15
3.3.4. Keskkond.....	15
3.4. Aluspinnase tugevdusmeetodid	15
Järgnevalt on toodud alapunktide kaupa erinevatest meetoditest informatioivsed ülevaated lühikirjeldused, mis ei ole ei ole regulatiivsed, lähtuda tuleb p.3.1 viidatud standarditest	15
3.4.1. Vastumulle	15
3.4.2. Eelkoormus.....	16
3.4.3. Kergmulle	17
3.4.4. Massivahetus kaevamisega ja väljasurumisega.....	18
3.4.5. Stabiliseerimine	20
3.4.6. Mulle vaiadel.....	21
3.4.7. Geosünteedidega tugevdamine.....	22
3.4.8. Aluspinnase tugevdamise meetodi valiku üldistus	23
4. Muldkeha ja drenkihi ehitamine	25
5. Põlevkiviaherainest mulde projekteerimine ja ehitamine	28
5.1. Üldnõuded	28
5.2. Aherainest mulde ehitamine	29
5.3. Aherainest mulde tihendamine ja vastuvõtmine	29
6. Muldkeha ja drenkihi materjalid	30
7. Muldkeha ehitamine talvel	32
8. Muldkeha remont ja rekonstrueerimine	32
9. Muldkeha ehitus- ja remonttööde vastuvõtmine	34
10. Kasutatud informatsiooniallikad	35

Sissejuhatus

Käesolev „Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhise“ (edaspidi juhise) versioon detsember 2015 on juhise 2014.a versiooni (kinnitatud Maanteeameti peadirektori 18.03.2014. a käskkirjaga nr 0107) parandatud ja täiendatud variant, mis arvestab õigusaktides vahepeal toimunud sisulisi ja tehnilisi muudatusi seoses täitematerjalidega, tagab suurema kooskõla standarditega ning lisab drenkihi asjakohased nõuded. Juhises on kasutatud teiste Maanteeameti juhiste ja Majandus- ja taristuministri 05.08.2015.a määruse nr 106 „Tee projekteerimise normid“ (edaspidi *projekteerimismid*) lisa Maantee projekteerimismid punktiga 1.2 kooskõlas olevaid mõisteid. Sissejuhatus antud selgitused ei ole omaette rakenduslike nõuetena käsitletavad.

Juhise sisu on arutatud koostöös Eesti Asfaldiliidu ja tema üksikliikmetega, millede tulemused on sisse viidud ühistele arvamustele jõutud kohtades. Maanteeamet tänab erinevaid osapooli nende panuse eest, mille tulemusel oodatakse ühiselt riigiteede kvaliteedi ja kestvuse paranemist tulevikus.

Suuremad muudatused on seotud EL seadusandluse ja ehitusseadustiku nõuetega. *Projekteerimismid* näevad ette muldkeha ehitamisel kasutada pinnaseid. Ehitusseadustik sätestab (teede)ehitamiseks nõuded. Ehitustoodetele esitatavad nõuded tulenevad Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusest nr 305/2011 (edaspidi 305/2011) ja toote nõuetele vastavuse seadusest ning selle alusel kehtestatud õigusaktidest. Tee-ehitustoodetele kehtib Majandus- ja taristuministri määrus nr 74 22.09.2014 „Tee-ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord“ (edaspidi määrus nr 74). Kõikidel teede ehituses kasutatavatel toodetel peab olema kas toimivus – või vastavusdeklaratsioon, millega tootja kinnitab toote nõuetele vastavaid omadusi.

Vastavalt Ehitusseadustiku § 12 lõikele 4 tuleb ehitamisel kasutada selliseid tooteid, mille omadused võimaldavad ehitisel mõistliku aja vältel vastata nõuetele. Ehitise nõuetele vastavus peab olema tagatud ka juhul, kui sellesse paigaldatakse püsivalt tööstuslikult töötlemata looduslikke ehitusmaterjale, traditsioonilisel viisil valmistatud rahvuslikke ehitustooteid või taaskasutatavaid ehitustooteid.

Projekteerimismid sätestab teekonstruktsiooni projekteerimisel valikuna pinnaseid. Seda tuleb tõlgendada Ehitusseadustiku §12 lõikest 4 tulenevalt nii, et kui normides või juhistes etteantud pinnased (liiv; kruus vms) tuleb ümber arvestada standardikohaseks täitematerjaliks ja konstruktsiooni omadused määrata vastavalt sobiva täitematerjali põhiomaduste väärtuse või kategooria kaudu ning sellele vastavalt peab toimuma ka ehitamine ja omanikujärelevalve.

Ehitusseadustikus määratletud tööstuslikult töötlemata looduslikku ehitusmaterjali tuleb käsitleda tellija määratud täitepinnaena, kui tal on eelnevalt hinnatud geotehnilise uuringu alusel ühtsed omadused, nii et ehitise nõuetele vastavus saaks olema tagatud. Tööstuslikult töötlemata loodusliku ehitusmaterjalina tuleb käsitleda aluspinnase objektil kinnistu teemaa piires ümberpaigutamist (näiteks mulde aluspinnaseks või vundamendi alla või muudes kohtades, kus ehituse alla jäävale loodusliku pinnase kihile võivad olla nõuded). Kui selline aluspinnas on määratud tellija materjalina, siis ka sellisel juhul võtab materjali (täitepinna) ümberpaigutaja vastutuse tagades, et aluspinnas ehk looduslik töötlemata ehitusmaterjal jääks vastama nõuetele. (st käitlemisel ei ole

kaasnenud selle „rikkumine“). Kui täitepinnas ei vasta nõuetele, tuleb see asendada nõuetekohase ehitustootega. Juhise p. 4.4 tulemusel ehitaja toodab standardile EVS-EN 13242 või EVS-EN 13285 vastavalt täitematerjali objektile ja deklareerib vastava täitematerjali standardis ettenähtud vähemalt määruses 74 nõutud põhiomadused. Kui objektile tuuakse materjal mujalt, siis on alati tegemist toimivusdeklaratsiooni omava ehitustootega, mille tootja vastutab toote põhiomaduste eest.

Juhise järgi tuleb tee projekteerimisel, ehitamisel, rekonstrueerimisel ja remondil kasutada tootestandarditele vastavaid tooteid. Erandiks on mulde aluse pinnasele sätestatud nn. aluspinnase nõuete tagamine ja tellija lepingus määratud täitepinnas. Muldkeha ja drenkihi projekteerimisel tuleb kasutada täitematerjalide tootestandardites sätestatud põhiomadusi. Paigaldamisel tuleb kontrollida, kas objektile toodud toode vastab projektis määratud tootestandardile ja kas kõik nõutavad põhiomaduste väärtused on tagatud (näiteks konstruktsiooni tuleb projekteerida standardikohastest täitematerjalidest, mitte kontrollimata omadustega pinnasest, nagu liiv või kruus). Teekonstruktsiooni alla jääva aluspinnase geotehniliseks uurimiseks ja katsetamiseks on omakorda vastavad standardid, mille järgi hinnatakse aluspinnase sobivust ja vajadusel antakse selle tugevdamise meetmed. (vt juhise p.2.1.8).

1. Üldnõuded

- 1.1** Juhist rakendatakse kõigi Maanteeameti teeprojektide projekteerimisel ja tööde teostamisel sh ka ehitushankel, mis sisaldab projekteerimist lepingus ette määratud ulatuses. Maanteeameti teenistujad on kohustatud hankeid ette valmistades lähtuma antud juhise, nähes põhjendatud vajadusel ette hangete ajal kehtivate majandus- ja kommunikatsiooniministri määruste „Tee projekteerimise normide“ (edaspidi *projekteerimisnorm*) ja „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ (edaspidi *kvaliteedinõuded*) täpsustavaid, täiendavaid või uusi nõudeid. Antud juhise tõlgendamise õigus kuulub Maanteeametile.
- 1.2** Töövõtjale on juhise nõuded kohustuslikud järgimiseks, kui need on talle lepingus sätestatud.
- 1.3** 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 pealesõitude ning sammaste mulded.
- 1.4** Antud juhises kasutatakse kooskõla tagamiseks teiste Maanteeameti kehtivate juhiste ja tee projekteerimise normide lisa punktiga 1.2 kooskõlas olevaid mõisteid – st ehitamine, rekonstrueerimine ja remont. Ehitamisel sätestatud nõuded kohalduvad ka rekonstrueerimisele ja remondile - st et kui tekstit on ehitamine, siis see kehtib ka rekonstrueerimise ja remondi suhtes, kui 8 peatükis ei ole seda teistmoodi sätestatud.
- 1.5** Jäätmetest toodetud ehitusmaterjalide kasutamise erisusi muldkehade projekteerimisel ja ehitamisel käsitletakse eraldi peatükkides:
- 1.5.1** Põlevkiahierainest muldkeha projekteerimisel või ehitamisel tuleb lähtuda juhendi peatükis 5 ja 6 esitatud nõuetest.
- 1.5.2** Paekiviliivast muldkeha projekteerimisel või ehitamisel tuleb lähtuda peatükis 6 esitatud nõuetest.
- 1.6** Juhis ei käsitlen katendi ehitamist ning nõudeid katendikihtide materjalidele v.a. drenkihile. Juhis esitab täiendavaid nõudeid muldkeha kihtide (ja juhul kui need projekteeritakse või ehitatakse täitematerjalidest) täitematerjalide drenivatele ja külmakaitsele omadustele.
- 1.7** Muldkeha ning drenkihti projekteerides ja ehitades tuleb arvestada tee korrashoiu nõuetega ning arvestada lahenduse valikult muldkeha ja drenkihi eluea jooksul tehtavate kulutustega nii, et valitud saaks lahendus, mis oleks oma eluea jooksul optimaalseimate kuludega. Projekteerimisel ja ehitamisel ei tohi kasutada tooteid, mille tootja poolt garanteeritud eluiga pärast paigaldust on väiksem kui konstruktsiooni vastava osa eluiga.
- 1.8** Muldkeha ja drenkihi elueaks tuleb arvestada vähemalt 50 aastat ja aluspinnase tugevdamise tehniliseks elueaks 100 aastat. Muldkeha ja drenkihi eluea all mõeldakse aega EVS-EN 1990 mõistes, mille jooksul see täidab talle algselt ettenähtud funktsiooni ning selle perioodi jooksul peab teda korras hoidma asjatundlikult projektis ettenähtud või omaniku sätestatud kasutus- ja hooldusjuhendi järgselt.
- 1.9** Muldkeha ja drenkihi projekteerimisel ja ehitamisel tohib ette näha ning kasutada ainult geosüntete ning geotõkkeid, mille eeldatav eluiga ületab muldkeha arvestusliku eluea. Minimaalsed nõuded (sh maksimaalsed lubatud hõlbed) eraldavatele, filtreerivatele ja tugevdava funktsiooniga geosüntetidele peavad vastama vähemalt NorGeoSpec 2012 sätestatule. NorGeoSpec 2012 on kättesaadav Interneti aadressilt <http://www.norgeospec.org/>

- 1.10** Muldkeha projekteerimisele esitatud nõudeid võib kasutada ka silla vaiade ja sammaste projekteerimise nõuetena.
- 1.11** Antud juhises toodud nõuded koos *projekteerimis* ja *kvaliteedinõuetega* tuleb pidada minimaalseteks nõueteks, millele Maanteeameti objektidel rakendatakse. Väikese liiklus- ja koormussagedusega (alla 500 sõiduki ööpäevas) teede muldkeha ja drenkihi nõuded võivad olla Maanteeameti ehitusvaldkonna juhi kooskõlastusel olla leebemad, mis peab olema Lepingus eraldi sätestatud, kuid ei tohi olla vastuolus *projekteerimis* ja *kvaliteedinõuetega*.
- 1.12** Kui lepingus on nõutud toote omaduse minimaalne või maksimaalne väärtus ja toote omadusel on lubatud/ettenähtud hälve, siis nõutud omadus peab vastama koos lubatud hälbega (*st kui nõutud minim väärtus 5, toote deklareeritud omadus 10 $\pm$ 5 siis vastab nõudele; kui 6 ja hälve $\pm$ 2, siis ei vasta*)

2. Muldkeha ja drenkihi projekteerimine

2.1. Üldnõuded

2.1.1 Antud peatükki kohaldatakse nii muldkeha rajatiste, drenkihi, 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 enne teostanud ning kui teostajad on erinevad isikud, siis nende tegevus peab olema integreeritud ühtseks tervikuks.

2.1.3 Muldkeha ja drenkihi projekteerimisel peab projekteerija lähtuma *projekteerimishormist* ja lepingus sätestatud ulatuses antud juhise nõuetest ja *kvaliteedinõuetest* ning lepingus sätestatud täiendavatest või täpsustavatest või tellija sätestatud täiendavatest unikaalsetest nõuetest. *Projekteerimishormi* 3 peatükis etteantud pinnaste (liiv; kruus vms) eeldatavad täitematerjali põhiomadused tuleb arvestada täitematerjali standardi EVS-EN 13242 või EVS-EN 13285 põhiomadustena. Muldkeha ja drenkihi konstruktsiooni omadused projektis määratakse vastavalt läbi kavandatavate täitematerjalide põhiomaduste väärtuste või kategooriate.

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 *Projekteerimishormide § 1 lg 2 järgselt „Teede projekteerimisel võib 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.“* Kasutades antud juhendis viidatud teiste riikide juhendmaterjale või norme, loetakse Maanteeameti projektides nii projekteerimishankel kui projekteerimis-ehitushankel piisavaks põhjenduseks peadirektori või tema volitatud isiku poolset projekti või etapi kinnitamist.

2.1.6 Muldkeha veerežiimi projekteerimisel tuleb lähtuda lepingus sätestatud juhul ja ulatuses Maanteeameti „Teealade kuivenduse projekteerimise juhendist, 2002“ ning „Maaparandussüsteemi projekteerimishormidest“ (põllumajandusministri 17.02.2005 a määrus nr 18) hanke ajal kehtivast versioonist. Kui lepingus ei ole eraldi täpsustatud, siis 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 projekteerimise ja ehitamise üldised kaalutlused on antud EVS-EN 1997-1 alapeatükis 12.4. Dreenkihist peab olema tagatud vee väljajuhtimine külgkraavidesse või külgdrenaazi ning nendest eelvoolu. Eelvoolu toimimine ja vooluhulga vastuvõtu võime tuleb kontrollida looduses ja arvutustega. Eelvoolu puudumisel tuleb ette näha alternatiivsed meetmed vee eemaldamiseks tee maalalalt nagu basseinid vms. Dreenkihist peab olema takistatud vee filtreerumine muldkehasse. Analoogselt peab olema välditud muldkehasse vee sattumine läbi teepeenarde, mulde nõlvadelt, külgkraavidest või aluspinnasest. Muldkeha ja dreenikihi projekteerimisel tuleb kasutada Maanteeameti 2006 aasta „Muldkeha remondi projekteerimise juhise peatükke 2.2; 2.3 (v.a joonis 3 ja sellega seonduv. Selle asemel võib kasutada InfraRYL 2006 p. 11410.2); 3.1; 3.3 arvestades käesolevas juhises toodud erisusi.

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 projekteerimismõõdud ning tootenõud.

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. Muldkeha ehitamisel on lubatud objektis asuvaid täitepinnaseid kasutada tellija lepingus määratud materjalina. Selleks peab tulenevalt EVS-EN 1997-2 p.2.1.3 eelnevalt olema teostatud geotehniline uuring pinnase kasutamiseks ehitusmaterjalina (tootena), mis annab kasutatavate materjalide kirjelduse ja vajalikud parameetrid st EVS-EN 1997-1 p.5.3.2 peab olema pinnase liik ja omadused määratud EVS-EN 1997-1 3.3.2 tulenevalt. Pinnase liigitamise, identimise ja kirjeldamise peab tegema vastavuses standarditega EN ISO 14688-1 ja EN ISO 14688-2.

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, dreenikiht ja muldkeha 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 geotehnilised uuringud vastavalt EVS-EN 1997-2 ja geodeetilised uuringud.

2.1.13 Muldkeha geotehnilisel projekteerimisel võib 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 geotekninen suunnitelu 10/2012, Geolujitetut maarakenteet – Tiegeotekniikan käsikirja 2-2012 ja Sillan geotekninen suunnitelu 11/2012 ning vastavaid aluspinnase tugevdamise tehnoloogilisi juhiseid (p.3.1.3 viidatud standarditega koos) nagu Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje, Syvästabiloinnin suunnittelu, Massanvaihdon suunnittelu, Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeiköllä, Nauhapystyöjitus, Kevennysrakenteiden suunnittelu, Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa, Meluesteet.

2.1.14 Silla geotehnilisel projekteerimisel võib kasutada Soome Liikenevirasto vastavaid juhiseid Eurokoodin soveltamisohjeet NCCI seeriast (rakendusjuhised *Eurokood* osadele) koos juhiseiga Sillan geotehnikinen suunnitelu 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 projekteerimismismile

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“, 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 sügavate kraavide rajamine on vältimatu, tuleb kaaluda alternatiivina drenaaži paigaldamist;

2.2.3 Muldekeha projekteerimisel paigaldatav eraldava, filtreeriva ja tugevdava funktsiooniga geotekstiil peab vastama projektis nõutud näitajale koos deklareeritud hälbega, (st. ei kontrollita mitte deklareeritud väärtuse vastavust projekti nõuetele, vaid nõudele peab vastama deklareeritud väärtus koos deklareeritud hälbega) 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)	±30%	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15
Maksimaalne tolerants ühikkaalu puhul		±12%	±12%	±10%	±10%	±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.

2.2.6 Geosünteedidega remondimeetmete valiku juhendmaterjalidena võib kasutada põhjamaade või Venemaa Föderatsiooni juhendmaterjale, nt „Geolujitetut maarakennet 2/2012“ Liikenevirasto käsiraamat vms.

2.2.7 *Projekteerimisnorm* p.3.2.5 sätestab, et „Muldkehas võib kasutada vähese orgaanilise sisaldusega pinnast“. Vältimaks tõlgendusi, siis selgitame, et seda tuleb käsitleda võimalusena, et muldkeha võib ehitada 2-6% orgaanilist ainet sisaldavast materjalist. Käesoleva juhiseiga täpsustatakse, et muldkeha ja drenkihiti võib ehitada ka materjalidest, kus orgaanika sisaldus on väiksem. Orgaanilise aine sisalduse väärtus määratakse üldjuhul EVS-EN 1744-1 järgi või põletamiskao katsega COM (ignition) BS 1377-3 järgi EVS-EN 1997-2 lisa N2 nõudeid järgides. Muldkeha töökihis peab orgaanilise aine sisaldus jääma alla 2 mm teramõõduga kuivas täitepinnases või täitematerjalis alla 3 %. (st 0-3%).

2.2.8 Dreenihi täitematerjalis peab orgaanilise aine sisaldus jääma alla 2 mm teramõõduga täitematerjalis alla 1 %.

2.2.9 Pinnastäide, kuivendus, pinnase parendamine ja tugevdamine peab projekteeritama lähtudes EVS-EN 1997-1 5 peatükist.

2.2.10 Projektis peavad olema määratud drenihi, mulde kihtide ja mulde aluspinnase nõutav kandevoime.

2.2.11 Mulde ja drenihi konstruktsiooni vaadeldakse ühtse tervikuna ning valitakse tehnilis-majanduslike variantide võrdlemise teel võrreldes mh võrreldes drenihi ja muid muldkehast vett ärajuhtivaid lahendusi omavahel. Kui on otstarbekam katkestada vee ligipääs muldesse või teha mulle piisava dreniivusega materjalidest, siis drenihi ei tohi ette näha. Geosünteedide kasutamisel muldkehas või drenihis peab projektis olema põhjendatud nende kasutamise efektiivsus võrreldes teiste lahendustega vastavate konstruktsioonide elutsükli kulude arvutusega.

2.2.12 Kui geotehnilise uuringu andmetel aluspinnase omadused 1 meetri sügavuseni muldkeha alumisest tasapinnast ei ole piisavalt homogeensed, tagamaks muldkeha stabiilsust, tuleb projekteerijal ette näha korrigeerivad meetmed (näiteks üksikute nõrkade pinnaste esindumiste väljakaevamine vms)

2.2.13 Kui projekteerija näeb p.2.11 tulenevalt ette drenihi täitematerjalina toote, mille vastavust ei saa hinnata EVS-901-20 järgi, siis tuleb ette näha projekteerimisnormis nõutava filtratsiooni tagamiseks kohalduvad kontrolli meetodid või standardid. EVS-EN 13242 vastava jämetäitematerjali kasutamisel drenihis peab olema tagatud jämetäitematerjali nõutava omadusena vähemalt LA35 ning lubatud maksimaalne peenosiste sisalduse kvaliteedi kategooria f₄.

2.2.14 Dreenihi võib asendada selle peal olevat jämetäitematerjalist aluse kihi paksust vajadusel suurendades (üldjuhul vähemalt 5cm) tingimusel, et aluse kihi kogupaksuse ja vee ärajuhtimise määramiseks on teostatud vastavad arvutused.

2.2.15 Juhul kui drenkiht projekteeritakse, siis drenkihi kandevõime peab olema määratud vastavalt katendiarvutusele. Jämetäitematerjali kasutamisel drenkihis peavad toote omadused olema vähemalt samad kui selle peale kavandatud aluse kihil. Drenkihi asemel jämetäitematerjalist alusekihi paksuse suurendamisel peab olema välistatud vee imendumine allpool olevasse muldkehasse vett mitteläbilaskva kihi, drenniva geokomposiidi või geotõkke paigaldamisega ja olema tagatud vee väljaviimine muldkeha külgedelt (nagu tavalisel aluse all oleval drenkihil). Jämetäitematerjali kasutamisel drenkihis peab olema tagatud jämetäitematerjali nõutava tugevusomadusena vähemalt LA35. Pärast drenkihi tihendamist võetud proovis ei tohi lubatud maksimaalne peenosiste sisalduse kvaliteedi kategooria olla suurem kui f4. Drenkihi või aluse, mis toimib drenkihina, tihendamisel ei ole soovitatav seetõttu kasutada vibrorulli ning tuleb hoolikalt jälgida, et tihendamise käigus ei toimuks täitematerjali purunemist, tihendatud kihil ei tohi lubada liiklust jms.

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 kvaliteedinõuded 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 +4 kraadi C või madalam). Projekti

tegijal peab olema vastav geotehniline pädevus või talvise muldkeha projekteerimise edukas kogemus.

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) Projektis ettenähtud juhul mullete rajamine aluspinnastele, millede tugevuspüsivus külmudes ning sulades ei muutu;
- 3) Sügavamate kui 3 m süvendite rajamine savipinnasesse, teisaldades pinnase puistangusse;
- 4) Mullete rajamine soodes kui aluspinnase väljakaevamine või stabiliseerimine ei osutu majanduslikult efektiivsemaks ja külmumissügavus tagab mehhanismidega ohutu töö. Soos mulde rajamise tööd talvel määratakse projektis. Projekti tegija peab olema eelnevalt omandanud vastava geotehnilise pädevuse;
- 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 aluspinnaste 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 või võrdväärset omadusi tõendatud 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 juhise 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 teadaolevalt 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 polümeersete 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).

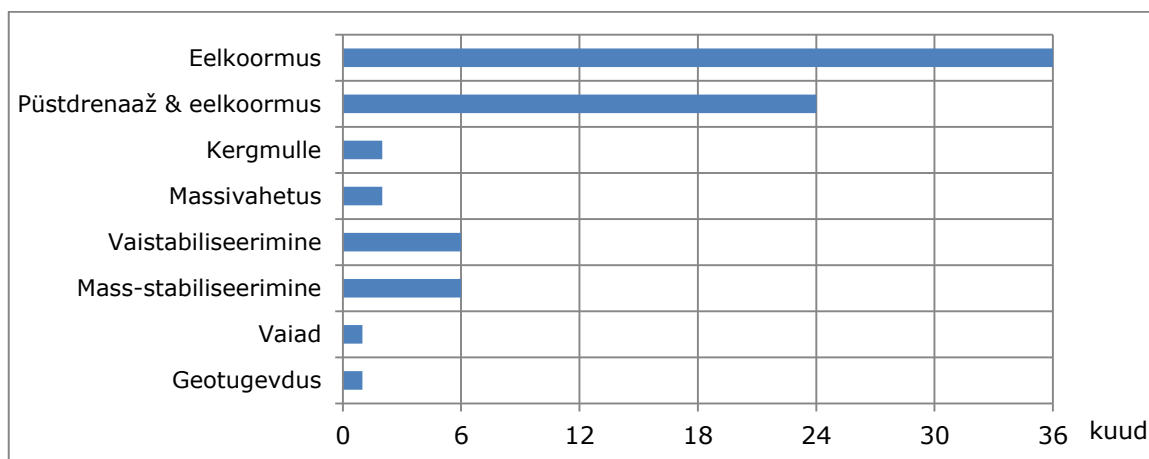
GEOSÜNTEEDID on üldnimetus toote kirjeldamiseks, mille vähemalt üks lehe-, riba- või kolmemõõtmelise tarindi kujuline koostisosa on valmistatud sünteetilisest või looduslikult polümeerist, ning mida kasutatakse kokkupuutes pinnase ja/või muude materjalidega geotehnilistel ja üldehituslikel rakendustel

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. Lühiülevaade aluspinnase geotehnilise tugevdamise võimalustest ja meetodite valiku põhimõtetest

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 geotehnilised uuringud, mis on stabiilsusarvestuste aluseks. Arvestuste vastupidavusparameetrid määratakse usaldusväärsemalt kolmeteljelist katsetega või puurimismeetodil. Vajadusel viiakse läbi ka poorirõhu mõõtmine.

Purunemiskindluse vähendamiseks saab kasutada üldiselt ehituslike kergkonstruktsioonide kasutamist, aluspinnase tugevdamist, geotekstiilide kasutamist, 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.

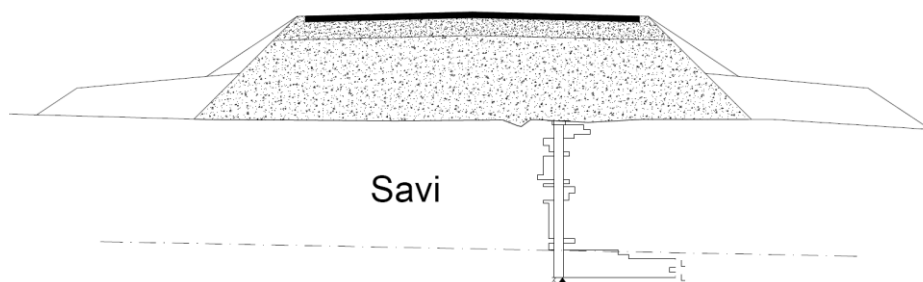
Ka võimalike saastunud pinnaste kaardistamine on esmaoluline. Juba aluse tugevdamise planeerimisel peab olema teave maa-ala võimalikust saastumisest. Saastatus mõjutab pinnaste töödeldavust ja võimalikku edasist kasutust. Sedaviisi mõjutab see ka meetodi valikut kui alale on võimalik midagi ehitada.

3.4. Aluspinnase tugevdusmeetodid

Järgenvalt on toodud alapunktide kaupa erinevatest meetoditest informatiivsed ülevaated lühikirjeldused, mis ei ole ei ole regulatiivsed, lähtuda tuleb p.3.1 viidatud standarditest.

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

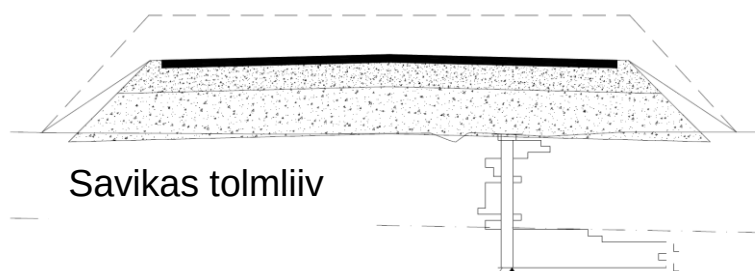
Vastumulded on üldjuhul odavam viis stabiilsuse tagamiseks, sest vastumuldes võib kasutada ka nõrga vastupidavusega eemaldatud pinnaseid. Kasvava vajumi ja ruumivajaduse tõttu kasutatakse seda meetodit üha vähem.

3.4.2. Eelkoormus

Lisamulle (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).

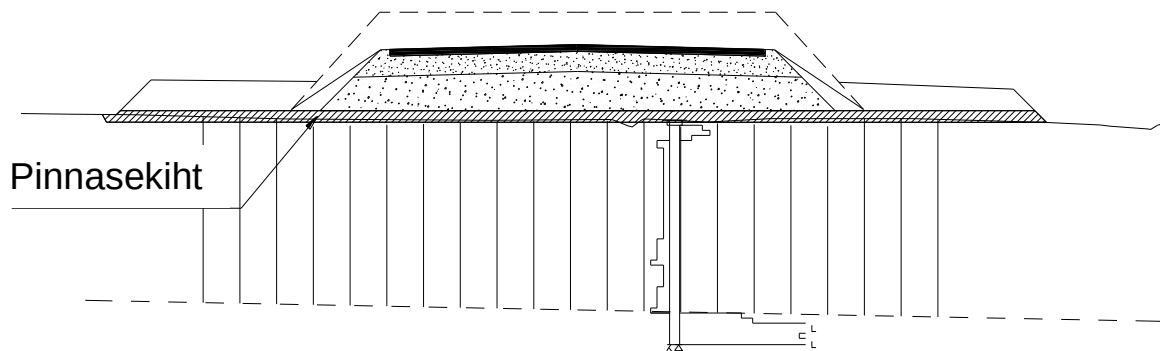
Enamjaolt realiseeritakse ülekoormusmulle ajutise muldena või kivimaterjalide ajutise vahelaona. Meetod sobib üldiselt vaid alla 6 meetri paksustele savikatele pinnastele kuna paksemate savipinnaste stabiliseerumine võtab liiga pika aja. Ülekoormuse ajaline kestvus sõltub pinnase veeläbilaskvusest ja 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

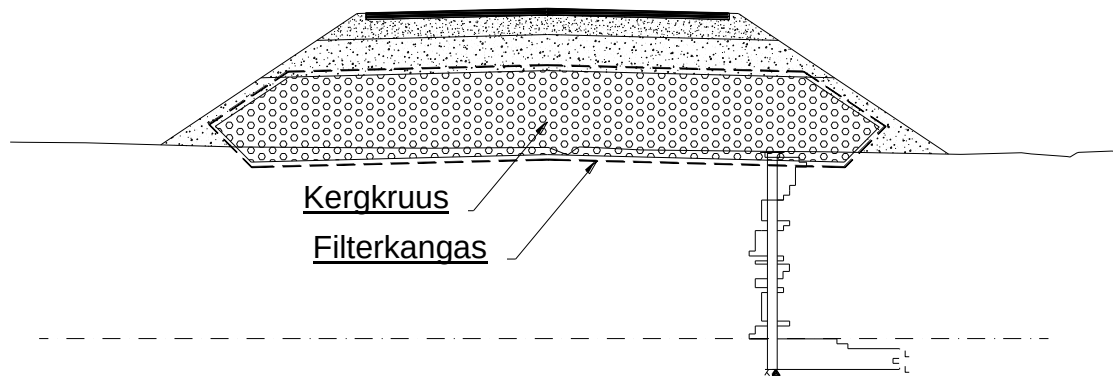
Kergmaterjalide abil vähendatakse pinnasele mõjuvat koormust (Joonis 3.6). Koormuse kahandamisega saab parandada pinnase stabiilsust ja vähendada vajumeid. Kergmaterjalid on üldiselt ka efektiivsed soojusisolaatorid, mis võimaldab konstruktsioonikihi paksuse kahandamist külmakergete vältimisel.

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 1m täidistes.

Tuhkade vastupidavusomadused on üldiselt piisavad tavaliste muldekonstruktsioonide jaoks. Stabiliseeruvate lendtuhkade ja väävl 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.

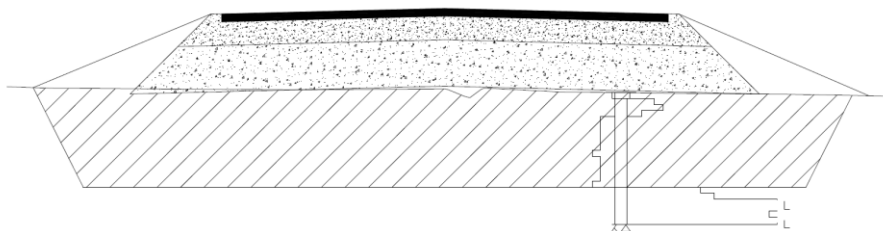
Kergmaterjale kasutades on põhilised kulud seotud materjalide valmistamisega (kergkruus, vahtplastik) ja transpordikuludega.

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.

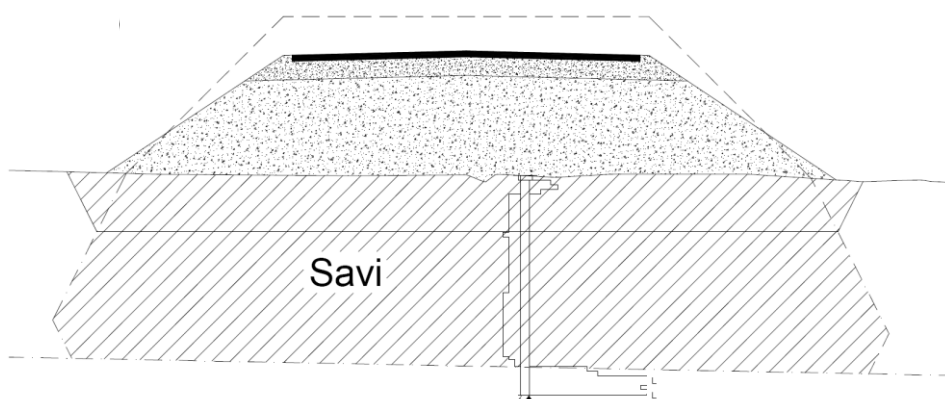
Massivahetus väljasurumisega

Massivahetusel muldega on nõrga pinnase sügavus üldiselt nii suur, et massivahetus kaevamise teel ei õnnestu. Põhjatäidise 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 püsिमõjud, pinnase liikumised ja sellega kaasnevad võimalikud kahjustused naabruses olevatele ehitistele-rajatistele. Selles osas on muldega massivahetus oluliselt riskialtimate meetod ja sobib harva tiheasustuspäirkonda.

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 (põhjätäitmine)

3.4.5. Stabiliseerimine

Vaistabiliseerimine

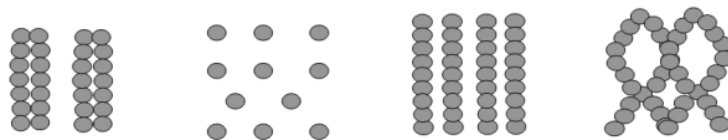
Stabiliseerimise eesmärgiks on luua rajatavale ehitusele kandev alus, et vajumid ja püsivus jääks lubatud piiresse.

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

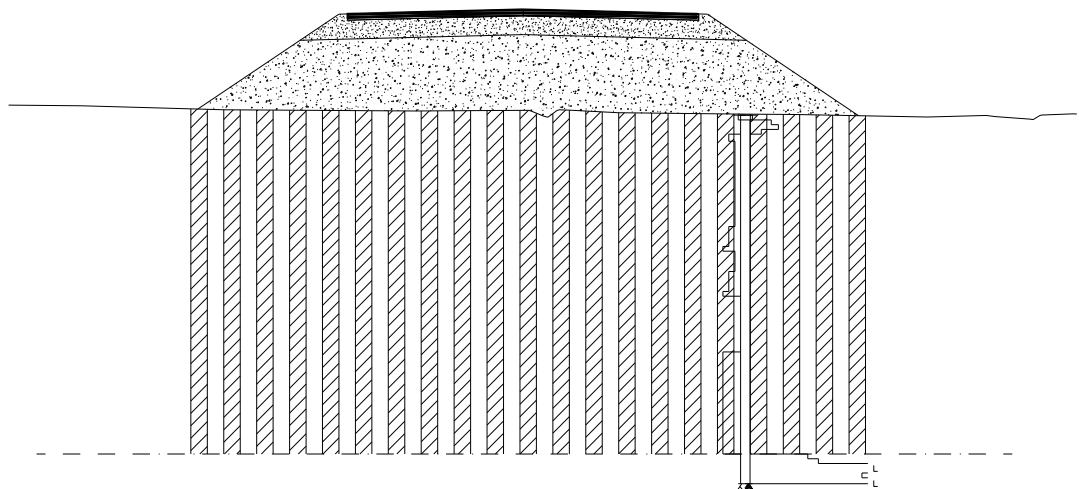
Sideainena kasutatakse Soomes põhiliselt lupja ja tsementi, mida võib kasutada nii eraldi kui ka koos. Lisaks nendele võidakse koos kasutada erinevaid tööstuslikke jääke.

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

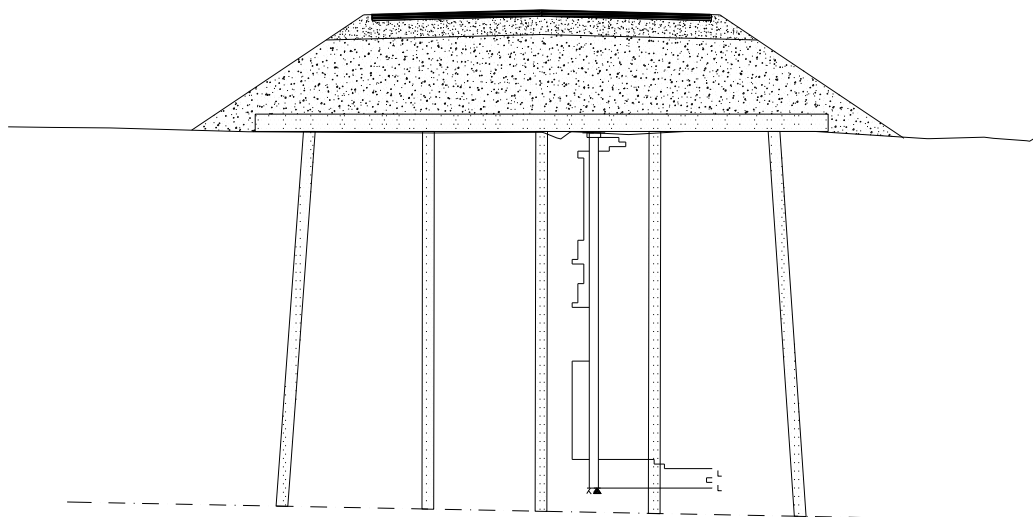
Mulle vaiadel on kulukas meetod teemulde formeerimiseks ja seda kasutatakse, kui ehitisel ei tohi esineda vajumeid või piisava kõrgusega mulde rajamiseks (Joonis 3.11). Valdavad vaimulde objektid on olnud:

- 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.

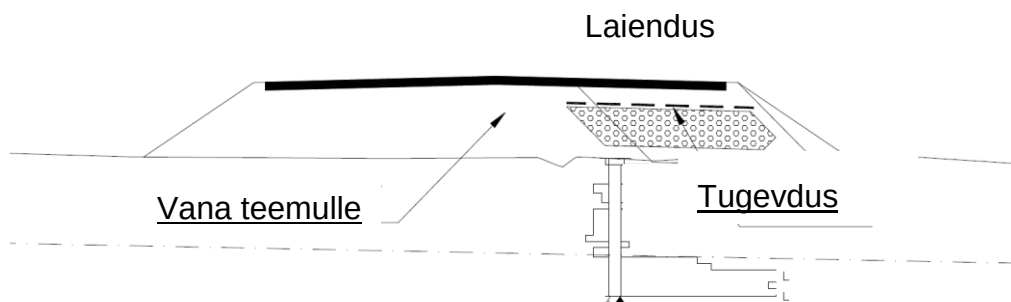


Joonis 3.11 Mulle vaialusega plaatvundamendil

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.

Tugevdamisel geosünteedidega saab tõsta aluspinnase ja muldkeha 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
Geosüntet	Parandab stabiilsust (Ühtlustab vajumid)	Madalad mulded	Savi, tolmsed liivad, muda, turvas	Suhteliselt odav ehitada	Vajumid võivad olla suured

4. Muldkeha ja dreni kihi ehitamine

4.1 Muldkeha ja dreni kihi ehitamisel tuleb järgida *kvaliteedinõudeid* ning projektis ja lepingus sätestatud täiendavaid nõudeid. Kui projektis olevad nõuded on madalamad kui projekteerimisnorm või kvaliteedinõuded või antud juhised (*nõuded*) ette näeb, peab ehitama *nõuete* järgi.

4.2 Muldkeha ja seonduvad rajatised ning dreni kiht tuleb ehitada vastavuses hanke ajal kehtinud „Teetööde tehnilistele kirjeldustega“.

4.3 Ehitamine peab lähtuma projektist. Muldkehas kasutatava täitepinnase või täitematerjali omadused peavad olema vähemalt samaväärsed projektis nõutud omadustega ning tagama katendiarvutuse järgse elastsusmooduli, sisehõõrdenurga ja niiduse ning filtratsiooni jms nõutavad näitajad.

4.4 Projektis ettenähtud nõuetele vastamiseks võib tellija nõusolekul muldkeha ja dreni kihi ehitamiseks objektilt saadavatest pinnastest (s.t. tellijale kuuluv materjal) toota (vääristada sõelumise, pesemise, purustamise, segamine geomeetriliste omaduste parendamiseks vms) projektis ettenähtud EVS-EN 13242 või EVS-EN 13285 vastavat täitematerjali antud kasutuskohas nõutavate põhiomaduste väärtustega. Selle tulemusel võtab töövõtja antud tegevuse tulemusel endale vastutuse täitematerjali nõutavate põhiomaduste eest ning väljastab vastava toimivusdeklaratsiooni.

4.5 Muldkeha ja dreni kihi materjalide tihendamisel tuleb juhinduda „Muldkeha tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised“ 2006-41 (kinnitatud Maanteeameti peadirektori 29.12.2006 käskkirjaga nr 264) nõuetest. Tihendatud mulde pinnalt peab vesi ära voolama projekteeritud suunas.

4.6 Geosüntetid ja geotekstiilide kasutamisel tohib kasutada ainult ettenähtud kasutuskohas ja funktsiooni tagavat tootestandardile vastavat toodet ettenähtud omadusi kontrollides. Eraldavaid, filtreerivaid ja tugevdavatest geosüntetidest võib kasutada ainult NorGeoSpec 2012 kvaliteedisertifikaati omavaid või samaväärseid tooteid (st. samad omadused samades tingimustes sama funktsiooni jaoks tõendatud) ning ehitaja peab lubama NorGeoSpec 2012 kvaliteedisertifikaadi väljaandja volitatud isikuid (või samaväärse toote tootjaid) ehitusobjektile tegemaks NorGeoSpec 2012 ettenähtud kvaliteedikatseid ning tagama dokumentide olemasolu, mis tõestavad geosüntetidest ostmist. Nende kaudu saab vajadusel kindlaks teha nende müüja, vahendaja ja tootja seosed.

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

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

4.9 Täitematerjali põhiomaduste vastavust kontrollitakse täitematerjali standardikohase saatelehega („*delivery ticket*“), millel peab olema fikseeritud kõik standardis saatelehele nõutavad näitajad nagu täitematerjali sihtpunkt (objekt kuhu toode veetakse), väljastamise kuupäev, saatelehe seerianumber, standardi number ning lisaks karjäär/tootmiskoht ja tootja. Saateleht peab olema seotud toimivusdeklaratsiooniga (soovitavalt saatelehel), et oleks tagatud EL Ehitustoodete määruse

nr 305/2011 artikli 11 lõike 4 nõue et oleks tootja antud tüübi-, partii- või seerianumbri abil iga üksikut ehitustoodet võimalik identifitseerida ja jälgida.

4.10 Kõik objektile sh objekti vahelattu saabuvad täitematerjali sh täitepinnase koormad peavad omama nõuetekohast saatelehte, mille kontrollimise kohustus on omanikujärelevalve Inseneril. Täitepinnase kasutamine objektil toimub Tellija määratud materjalina, mille omaduste eest vastutab Tellija lähtudes antud objektil eelnenud pädeva isiku poolt teostud EVS-EN 1997-2 p.2.1.3 mõttes geotehnilise uuringu aruandele. Kui tööde käigus selgub, et geotehnilise uuringu tulemus on ekslik, ja täitepinnas ei ole sobiv, siis on Ehitaja valik, kas ta muudab Tellija loal mittesobiva töötlemata täitepinnase standardikohaseks täitematerjaliks, võttes endale EL Ehitustoodete määruse nr 305/2011 mõttes tootja vastutuse ja andes välja toimivusdeklaratsiooni vähemalt Ehitustoodete määruse nr 74 sätestatud põhiomaduste ulatuses või tellib vastavalt tootjalt nõudeid täitva täitematerjali. Kui objektil on nõutavad täiendavad põhiomadused lisaks määruses nr 74 toodule, siis ka need omadused peavad olema deklareeritud.

4.11 Enne muldkeha ehitamist tuleb aluspinnas tasandada v.a. erijuhud ja veenduda, et see vastab projektis arvestatud aluspinnase omadustele sh peab olema tagatud vete äravool aluspinna pealt. Hindamise teostab Insener pärast seda kui on eemaldatud kasvumulda st orgaanikat ja huumust sisaldav aluspinnase kiht. Aluspinna tugevus pärast tihendamist peab vastama katendiarvutuses eeldatud aluspinnase tugevusele. Aluspinnasest tuleb eemaldada suured üle 15 cm kivimite tükid ja nõrgema aluspinnase esindumised projektis ettenähtud sügavuseni. Muldkehas ei tohi olla suuremaid kivimitükke mille läbimõõt ületab 2/3 korraga tihendatava kihi paksusest v.a. muldkeha töötkoonis 1/2 korraga tihendatava kihi paksusest. Aluspinnase kandevõimet võib hinnata aluspinnase tüübi järgi näiteks InfraRYL Osa 1 tabel 18110:T1 järgi arvestades aluspinnase veesisaldust

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

4.13. Paigaldatud muldkeha ja drenkihi filtratsioonimoodulit võib määrata ehitades ühtsete omadustega toimivusdeklaratsiooniga täitematerjali katselõigu, millel määratakse filtratsioon. Sõelkõvera välja tagamisel on 90 % tõenäosus, et vastava sõelkõveraga toode on nõutava filtratsiooniga. Katselõik tuleb teha objektil vähemalt 100m pikkune, kohas, kus on ette nähtud kontrollida lisaks filtratsioonile ja terastikulisele koostisele ka kandevõimet. Sel juhul ei pea tootel olema eelnevalt määratud filtratsioonimoodulit. Valmishitatud ja tihendatud katselõigust Tellija (Insener) võtab kogu katselõigu ulatuses juhuslikest kohtadest tee teljel 3 ja kummagi suuna sõidaradade kohalt 2 proovi, ja katsetab need laboris vastavalt standardile EVS 901-20. Juhul, kui kõikide proovide tulemus on kõrgem kui drenkihile nõutav filtratsioon, siis võib katsetatud toimivusdeklaratsiooniga tootest drenkihti ehitada ja paigaldatud kihile ei ole vaja teostada täiendavaid EVS-901-20 katseid vaid kontroll toimub toote toimivusdeklaratsiooni ja sõelkõvera alusel. Iga uue toote (uue toimivusdeklaratsiooniga toote) petrograafiaga (minearoloogilis koostisega) erienavast allikast (karjäär vms) pärinevale drenkihi täitematerjalile tuleb rajada uus katselõik.

4.14 Mulde alumisse osasse rajatava drenkihikis kasutatava materjali maksimaalne lubatud kapillaartõus määratakse EVS-EN 1097-10 järgi. Paigaldatud materjalist võetud proovi maksimaalne lubatud kapillaartõus on 0,7m. Kapillaartõus näitab materjali külmakerkeliisust ja sellega ei hinnata drenkihi materjali filtratsiooni. Lubatud suurim terasuurus on 31,5mm kui drenkihi paksus on alla 0,5 m.

4.15 Rajatav drenkiht tuleb Inseneri poolt vastu võtta kaetud tööde aktiga. Drenkihi paigaldamist ja katendi järgmise ülemise kihi materjali paigaldamisega tohib alustada alles peale seda, kui

Insener ja Töövõtja on teostanud valminud alumise kihi kallete mõõtmised. Kokkuleppel Inseneriga võib ehitada tihendatud vahekihi fraktsioneeritud killustikust mõõtmiskohas, mille paksus ei ületa 5 cm, eesmärgiga tiheduse kontrolliks teostada mõõtmisi LOADMAN-või INSPECTOR-tüüpi seadmega.

4.16 Sõltuvalt konkreetsest täitematerjalist tootest on soovitatav esmalt katsetada erinevate sõelkõveratega materjalide filtratsiooni laboris. Kui ehitaja on esitanud katselõigul nõutava filtratsiooni tulemust taganud konkreetse sõelkõvera välja, kus on näidatud ka 0,02 mm osiste sisaldus, siis Tellija piirdub katselõigu põhjal heakskiidetud materjalist muldkeha või drenikihi filtratsiooni kontrollimisel vastava katselõigul heakskiidetud sõelkõvera välja (kus näidatud alla 0,02 mm osiste sisalduse protsent) kontrollimisega. Sõelkõvera välja kontrolli teostatakse *kvaliteedinõuetes* filtratsiooni kontrollimiseks ettenähtud sagedusega ja kohtadest.

4.17 Üksik kontrollproovi väljumine sõelkõvera väljast, kuid samas EVS 901-20 järgne filtratsioonikatse järgi on katse tulemus vastab nõutule, loetakse filtratsioon tagatuks. Vaidluste korral on aluseks filtratsiooni määramine vastavalt standardi EVS 901-20 katse määramise meetodikale.

4.18 Paigaldatud ja tihendatud täitepinnase ja täitematerjali kandevõime peab vastama katendiarvutustes toodud näitajatele. Kuna kandevõime määramine LOADMAN-või INSPECTOR-tüüpi seadmega ei ole mõeldud näitamaks katendiarvutustes toodud kandevõime väärtusi, siis tuleb vajadusel hinnata kandevõime vastavust katendiarvutusele plaatkoormus katsega DIN 18134. .

4.19 Muldkeha ja drenikihi tihedust kontrollitakse LOADMAN-või INSPECTOR-tüüpi seadmega elastsusmoodulite suhte mõõtmise teel. Katendiarvutustes kasutatud elastsusmoodulite määramiseks ei sobi LOADMAN-või INSPECTOR-tüüpi seade ja sellega ei mõõdetata ei aluspinnase, mulde ega drenikihi pinnal vastavat elastsusmoodulit. Katendiarvutuses ettenähtud vastava kihi kandevõimet saab kontrollida plaatkoormuskatsega DIN 18134 ja see ei tohi olla väiksem katendiarvutuse projektis ettenähtud vastava kihi kandevõime nõutavast väärtusest.

5. Põlevkiviaherainest mulde projekteerimine ja ehitamine

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 põletamiskao meetodil iga kasutatava aheraine 3000 m³ kohta ja vähemalt ühel korral enne tarnija poolt pakutava partii kasutuselevõttu. Põletamiskao määrangud tuleb teostada BS 1377-3 järgi EVS-EN 1997-2 lisa N2 nõudeid järgides.

5.1.2 Põlevkiviaherainet võib mulde ehitamisel kasutada juhul, kui põlevkiviaherainest konstruktsioonikihi tühimikud on täielikult täidetud dreniva täitepinnasega, vastavalt nõutavate täitematerjali standardi EVS-EN 13242 põhiomadustega: maksimaalne terasuurus $D \leq 16$ 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 vahetada 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 f_4 .

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

5.1.9 Põlevkivi aheraine peab omama nõuetele vastavat vastavusdeklaratsiooni ja *liiv* peab omama täitematerjali toimivusdeklaratsiooni vastavalt EVS-EN 13242, millele on määratud vähemalt määrus nr 74 nõutavad põhiomadused ning vajadusel projektis Tellija poolt nõutavad täiendavad põhiomadused. Materjali vastavuse eest vastutab töövõtja (ehitaja), selle kontrollimise eest 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 Aherainest mulde vastuvõtmine toimub tavapärastele vastuvõtunõuetele vastavalt.

6. Muldkeha ja drenkihi materjalid

6.1 Vastavalt Ehitusseadustiku §12 lõikele 4 tuleb ehitamisel kasutada selliseid tooteid, mille omadused võimaldavad ehitisel mõistliku aja vältel vastata nõuetele, sealhulgas peab ehitise nõuetele vastavus olema tagatud ehitisse tööstuslikult töötlemata loodusliku ehitusmaterjali, traditsioonilisel teel valmistatud rahvusliku ehitustoote või taaskasutatud ehitustoote püsival paigaldamisel. Ehitustoodetele esitatavad nõuded tulenevad Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusest (EL) nr 305/2011 ja toote nõuetele vastavuse seadusest ning selle alusel kehtestatud õigusaktist. Täitematerjali valiku üldnõuded tulenevad EVS-EN 1997-1 p.5.3.2 arvestades eeltoodud Ehitusseadustiku nõudeid. Muldkeha ja drenkihi projekteerimisel, remondil ja ehitamisel kasutatakse nii looduslikke kui ka toodetud (tehislike või taaskasutatavate materjalide töötlemise teel saadud) EVS-EN 13242 või EVS-EN 13285 tootestandardile vastavaid (jäme, peen ja fraktsioneerimata) täitematerjale^x. Tööstuslikult töötlemata loodusliku ehitusmaterjalina käsitletakse objektil ümberpaigutatud pinnast - EVS-EN 1997-2 p.2.1.3 mõttes geotehnilise uuringu käigus hinnatud pinnas või kalju kasutamiseks ehitusmaterjalina kohapeal objektil ilma tööstuslikult töötlemata, mille Tellija on hankedokumentides näidatud kui sobiv /vastav pinnas kasutamiseks täitepinnasena.

6.2 Muldkeha ja drenkihi ehitamisel või remondil kasutatav täitematerjal peab olema toodetud vastavalt kehtivale seadusandlusele standardite EVS-EN 13242 või EVS-EN 13285 alusel. Muldkeha ja drenkihi projekteerimisel ja ehitamisel Tellija poolt hankelepingus määratud täitepinnastest lähtutakse projektist, kui on teostatud EVS-EN 1997-2 p.2.1.3 mõttes piisavad geotehnilised uuringud..) Projekteerimisel ja ehitamisel kehtivad neile täitepinnastele sõltuvalt kasutuskohast samad nõuded kui täitematerjalidele. Kui drenkiht eeldatavalt külmub talvel, siis peavad drenkihi materjalid olema lisaks ka külmakerkekindlad.

6.3 > 70% karbonaatset settekivimit sisaldavat täitematerjali ja täitematerjalide sh tööstuslikult töötlemata looduslike ehitusmaterjalide segusid, mis sisaldavad karbonaatseid kivimeid > 70% ei ole lubatud kasutada drenkihis. Muldes eelnimetatute kasutamisel peab mulde veerežiim olema projekteeritud ja 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. $w < w_0$, kus w_0 on optimaalne veesisaldus standardsel Proctorteimil

Kasutatavatel materjalidel peavad olema täidetud järgnevad nõuded:

- 1) Muldkeha töötsooni alumises kihis, ehk sügavusel 1,0 kuni 1,5 m peab lisaks standardi EVS-EN 13242 minimaalsetele nõuetele olema 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.
- 2) Muldkeha töötsoonis sügavusel 0,75 kuni 1,5 m võib neid kasutada ainult juhul, kui tee perspektiivne liiklussagedus AKÖL20 on alla 1500 auto/ööpäevas ja täidetud on lõikes 1) toodud nõuded veeimavusele ja filtratsioonimoodulile.
- 3) Drenkihis ja muldkeha töökihis, ehk sügavuseni kuni 1 m peab 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.
- 4) Juhul, kui karbonaatset settekivimit üle 70 % sisaldav täitematerjal ei vasta eeltoodud nõuetele, võib seda kasutada segatult lõikes 3) toodud nõuetele vastavate täitematerjalidega või samadele tingimustele vastavate pinnastega vastavates samades lõigetes 1) ja 2) viidatud muldkeha kihtides tingimusel, et karbonaatsest settekivimist valmistatud mittevastava

täitematerjali mahumass segus on segu summaarsest mahumassist väiksem kui 50% ja p.1-3 toodud nõuded on täidetud.

6.4 Dreenihi ehitamisel drenivast geokomposiidist tuleb tagada sama tulemus kui täitematerjalist ehitatud drenihil ehk et vee väljaviimise kiirus muldkehast peab olema vähemalt sama kiire. Geokomposiidi paigaldamisel on kohustuslik järgida tootja juhiseid, nende rikkumisel või paigaldamise ebaõnnestumisel tuleb kogu geokomposiidi kiht välja vahetada.

6.5 Muldkeha projekteerimisel, remondil ja ehitamisel võib kasutada aherainest toodetud täitematerjali, kui tee perspektiivne liiklussagedus AKÖL20 on alla 1500 auto/ööpäevas ja kui sellel on lisaks standardi EVS-EN 13242 järgi määratud minimaalsetele omadustele täidetud ka järgmised nõuded:

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

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 sette kivimist peentäitematerjal ehk paekiviliiv*

7. Muldkeha ehitamine talvel

7.1 Teelõigud, kus muldkeha on lubatud rajada talvel (nii õhus, muldkeha aluspinnases kui materjalis kui õhutemperatuur jääb alla +4 kraadis Celsiuse järgi), määratakse projektis. Talvine muldeehitus peab toimuma katkestusteta. (Kui talvisel muldeehitusel tuleb miinuskraadidega ette vaheperiood, siis töid jätkate ei tohi.) Geotehnilised uuringud talviseks mulde ehitamiseks tuleb läbi viia enne miinuskraade või lumetulekut.

7.2 Talvel rajatavas muldes võib kasutada kalju- ja purdpinnast, kui see on projektis ette nähtud. Tagada tuleb ehitusaegne vete äravool ehitatava teelõigu piires.

7.3 Talviste mullatööde puhul tuleb arvestada minimaalselt järgnevate täiendavate nõuetega. Täpsemad nõuded määratakse projektis:

- 1) mis tahes materjalidest mulle rajatakse rõhtsate kihtidena kogu mulde laiuses ja iga kiht tihendatakse nõutava tiheduseni. Iga muldesse veetav uus kiht tuleb paigaldada enne eelmise külmumist;
- 2) mulde puistekihi paksus määratakse proovitihtendamisega (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 täitematerjal või täitepinnas ei tohi läbi külmuda enne kui need on tihendatud nõutava tiheduseni;
- 5) Külmunud pinnasekamakad ei tohi sattuda muldesse;
- 6) Kui muldkeha on ehitatud külmunud aluspinnasele või on toimunud talvel ehitatud muldkehas külmakerked, siis pärast sulamist (sh aluspinnase) peab muldkeha uuesti tihendama ja tasandama. Ebaühtlased külmakerkekohad tuleb välja vahetada.
- 7) mulle tasandatakse ja tihendatakse lõplikult pärast täitematerjali või täitepinnase täielikku sulamist;
- 8) mulde ülaossa ja truubi kohale paigaldatakse 1 m paksuselt ainult juhise p.6.3.4 vastavat materjali;
- 9) kaldasammaste taha ja sillakoonustesse paigaldatakse ainult külmumata juhise p.6.3.3 vastavat täitematerjali;
- 10) jõeluha üleujutatavasse ossa talvel rajatav mulle või regulaarrajatis (näiteks paisud, kalatrepid jne) tehakse kaljupinnasest, purdpinnasest või juhise p.6.3.4 vastavast täitematerjalist;
- 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. Muldkeha remont ja rekonstrueerimine

8.1 Antud alajaotuses tähendab mõiste *remont* nii remonti (sh taastus- ja säilutusremonti) kui rekonstrueerimist. Ehitusseadustiku mõttes on remont tee osa asendamine samaväärsega ja rekonstrueerimine tee ümberehitamine. Antud juhise järgi muldkeha ja drenkihi *remondil* on projekti tegemine kohustuslik (st muldkeha ja drenkihi laiendamist, remonti ja rekonstrueerimist ei

või teha teetööde tehnilise kirjeldusega ja selleks on vajalik ehitusluba.) Projekteerimisnormi lisa p.1.2.3.2 näeb ette, et kui tee omaniku poolt ette nähtud tee remondi tööde maht sisaldab ka katendi ja muldkeha remonti, siis tuleb rakendada *projekteerimisnormi* lisa peatükkides 3 Muldkeha ja 4 Katend sätestatud asjakohaseid nõudeid. Antud juhises toodud nõuded tulebki käsitleda asjakohaste nõuetena.

8.2 Remondil olemasoleva muldkeha kihtide väljavahetamise ja drenkihi lisamise vajalikkuse üle otsustab Tellija projekteerija ettepaneku alusel lähtudes tee järelejäänud või edaspidiselt kavandatava elutsükli kuludest (majanduslikust otstarbekusest) tulenevalt. Kui see on majanduslikult otstarbekas, siis muldkeha *remondi* projekti järgi remonditud muldkehal peab olema taastatud esialgselt ettenähtud optimaalne niiskusrežiim 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 täitematerjalid/täitepinnased ei tohi olla halvemini drenivad kui mulde täitematerjalid/täitepinnased. Halvemini drenivad täitematerjalid/täitepinnased tuleb asetada alumistesse kihtidesse, paremini drenivad ülemistesse. Erandiks on sellised mulded, mille alaosas peab olema dreniv kiht (sellele ei laiene *projekteerimisnormi* mõttes drenkihile sätestatud nõuded) mulde kaitsmiseks pinnasevete ja kapillaarvete eest.

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

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

8.7 Olemasolevate mullete laiendamisel tuleb täita järgmisi tingimusi:

- 1) Vanalt muldelt tuleb eemaldada mätas ja ehitada nõlv astmeliseks (astme laius vähemalt 1m ja kalle 10 – 20 % teest eemale). Liivaste pinnaste puhul astmeid ei tehta;
- 2) Laiendamiseks kasutatav täitematerjal/täitepinnas peab olema samaväärsete omadustega kui vana mulde pinnas; erinevuse korral võib juurdelisatav olema paremate drenivate omadustega;
- 3) Olemasolevaid drenivatest täitematerjalid/täitepinnased muldeid ei ole lubatud laiendada mittedreenivate täitematerjalide/täitepinnastega;
- 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 takistuseta äravoolu;
- 6) Mullete, süvendite, kõigi kaitseehitiste ja veeviimarite nõlvad, mis on ehitatud täitematerjalidest/täitepinnastest ja alluvad ilmastiku ning vete purustavale toimele, peavad olema kindlustatud.

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

8.9 Eelvoolude või nende piisava vooluhulga läbilaskevõime puudumisel võib muldkeha remondil jätta ära kraavide korrastamine, kui vee äravool ei saa tagatud. Kui võib eeldada või arvutused näitavad, et kraavid muutuvad seisva vee kogunemiskohaks, kust imbub täiendav niiskus muldkehasse, siis ei tohi seda kavandada, vaid kraavide korrastamine jäetakse tervikliku tee *remondi* projekti osaks kus lahendatakse ka kogu teekonstruktsiooni ja maaalade nõutav veerežiim koos toimivate eelvooludega.

9. Muldkeha ehitus- ja remonttööde vastuvõtmine

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

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

9.3 Kui muldkeha on ehitatud arvestades antud juhise nõudeid projekteerimisele ja ehitamisele koos kvaliteedinõudetega ning kooskõlas lepingus esitatud nõuetega, siis võib eeldada, et muldkeha remondi – ja ehitustööd on teostatud korrektselt.

10. Kasutatud informatsiooniallikad

1. Tee projekteerimise normid.
Majandus ja taristuministri 05.augusti 2015. a. määrus nr 106;
2. Tien perustamistavan valinta. Tiehallinto, 2003;
3. Teetööde tehniline kirjeldus. Maanteeamet;
4. Tee ehitamise kvaliteedi nõuded.
Majandus- ja taristuministri 03.08.2015 määrus nr 101;
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. Geosünteeside 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 melusteiden suunnittelu. Liikennevirasto 2010.
27. Drainage manual Virginia Department of Transport 2014 revision
28. Construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual) US Federal Highway Administration 2002
29. Drainage Design for National Road Schemes –Sustainable Drainage Options NRA Ireland 2014
30. Subsoil Drainage for Road Pavements RD/GN/043 2014
31. Drainage Systems for National Roads NRA 2015
32. Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen Tiehallinto 65/2005
33. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu Liikennevirasto 5/2013
34. InfraRYL 2006 Osa 1 Väylät ja aluet