Madala liiklussagedusega teedele katendi projekteerimise juhendi loomine lähtuvalt tee tegelikust olukorrast III osa. Metoodika täiendamine ja testimine teeobjektidel

Lõpparuanne

Tallinn 2019

Madala liiklussagedusega teedele katendi projekteerimise juhendi loomine lähtuvalt tee tegelikust olukorrast III osa. Metoodika täiendamine ja testimine teeobjektidel

Tellija:

Maanteeamet

Aadress: Teelise 4, 10916 Tallinn

Kontaktisik: Taavi Tõnts (e-mail: taavi.tonts@mnt.ee)

Teostaja:

Tallinna Tehnikakõrgkool

Aadress: Pärnu mnt 62, 10135 Tallinn

Kontaktisik: Sven Sillamäe (sven@tktk.ee)

Uuringumeeskond:

Sven Sillamäe (TTK) – lepingu vastutav täitja, aruande autor;

Margus Vaino (TTK) – kruusateede kevadine vaatlus;

Sten-Kristjan Saarik (TTK) – abi teetööde tehniliste kirjelduste ja eelarvete koostamisel;

Tauno Tulviste (TTK) – abi teetööde tehniliste kirjelduste ja eelarvete koostamisel;

Kaarel Ilustrumm (TTK) – pinnaste nihketugevuse katsed;

Ando Pärtel (TTK) – pinnaste nihketugevuse katsed;

Julija Šommet (TTK) – pinnaste nihketugevuse katsed;

Marko Ehrlich (TTK) – geopolümeeri katsetused;

West Coast Road Masters Oy – kandevõimemõõtmised FWD seadmega;

Carement Oy – maaradarimõõtmised;

Reaalprojekt AS – ehitusgeoloogilised uuringud;

ERC Konsultatsiooni OÜ – kruusateede IRI ja põikkalde mõõtmised;

Eesti Keskkonnauuringute Keskus (KLAB) – pinnaseproovide katsetamised.

© Maanteeamet, 2019

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

SISUKORD

SISSEJUHATUS 4
1 Kruusateede mõõtmised ja statistika 2018 6
1.1 Üldosa 6
1.2 Teede seisukorra ülevaade 8
1.3 FWD vajumikauss 10
1.4 Katendikihid 11
1.5 Üks näide 16
1.6 Kruusateede remondilahendused ja maksumused 22
2 Kruusateede IRI ja põikkalde automaatmõõtmised 28
2.1 IRI mõõtmised 28
2.1.1 IRI mõõtmiste kokkuvõte 32
2.2 Põikkalde mõõtmised 33
3 Mulla katsetamised 37
4 Geopolümeerist 45
4.1 Katsesegud 45
5 Ettepanekud Mullatööde standardi EN 16907 võimaliku rahvuslikuks lisa jaoks 52
6 Kohtumised Soome ja Rootsi ekspertidega 53
6.1 Soome 53
6.2 Rootsi 54
Kokkuvõte 56
Kasutatud allikad 58

SISSEJUHATUS

Esimese etapina valmis aastal 2016 teadustöö „Madala liiklussagedusega teedele katendi projekteerimise juhendi loomine lähtuvalt tee kandevõimest (tee tegelikust olukorrast)“ tulemusel juhendmaterjali kavand „Kruusateed. Seisukorra uurimine enne remont- ja rekonstrueerimistöid“. Juhendi kavand kirjeldab, mis meetodeid ja vahendeid kasutada saamaks uuritavatest teedest vajalikku infot võimaldamaks nendele projekteerida majanduslikult optimaalseima katendi, arvestades nii ehitus- kui ekspluatatsioonikulusid.

Teise etapina testiti koostatud juhendit aastal 2017 reaalsete teeobjektide peal koostades teetööde tehnilised kirjeldused ja kalkuleerides välja nii mahud kui eelarved. Lisaks võimaldas see juhendit korrigeerida leides üles kitsaskohad. Kokkuvõtteks koostati „Kruusateede remondi projekteerimise juhis“.

Testobjektide analüüsimisel aastal 2017 leiti, et metoodika rakendamisega kaasneb märgatav kvaliteedi tõus projekteerimise protsessis, langevad eeldatavad ehituskulud (kuni 20%) ning koostatavad lahendused vastavad täpsemini teede tegelikele olukordadele, mis võimaldab pikendada ehituse eluiga.

Teise etapi töödega leiti valdkondi, mis vajavad täiendavat edasiarendust ja seeläbi juhendi uuendamist (nt reaalsete pinnaseparameetrite kontroll laboris võrrelduna üldistatud arvutuslike keskmistega, tehnoloogilise kihi katsetus laboris, vee eemale juhtimiseks kruusalustest, muldest jms). Lisaks leiti, et katseobjektide (teede) valimit on vaja suurendada, et esimesed teeobjektid saaks valmis ehitatud võimalikult kiiresti säästmaks seeläbi nii ehitus- kui hilisematelt hoolduskuludelt. Aastal 2017 vaadeldud demoobjektid on plaanis valmis ehitada aastatel 2019…2021, kuid majanduslikult oluliselt otstarbekam oleks ühiskonnale, kui esimesed, uue ning oluliselt täiustatud metoodikaga, objektid ehitataks valmis juba aastal 2018 ning järgnevate aastate objektide remondiplaanid oleks samuti koostatud arvestades käsitletavat uut metoodikat. Nii saadakse kiiresti vajalikku tagasisidet ehitatavatelt objektidelt.

Kruusateede peamiseks liiklejat häirivaks teguriks peale tolmamise on ebatasasus (augud, „trepp“, roopad), mida saab hooldetööde käigus korrigeerida. Täna toimub hooldetööde vajaduse otsustamine visuaalse vaatluse põhjal. Objektiivsema hinnangu saamiseks oleks vaja ebatasasust mõõta, mida täiendava ülesandena käesolevas projektis tehakse.

Teadustöö III etapi peamiseks eesmärgiks on täiendada juhendit valdkondadega, mis kerkisid üles 2017. a töös, kuid mida ei olnud võimalik siis lahendada.

Väga tihti leidub kruusateede katendites orgaanilist ainet sisaldav kiht (muld), millega katendiarvutuses ei ole võimalik otseselt arvestada (kuna seda ei tohiks arvutusreeglite järgi üldse olemas olla). Vajalik on uurida nende omadusi ja leida viise, kas ja kuidas saaks lisada nt mulda rekonstrueerimisobjektide katendiarvutusse (keskmised E, φ ja c väärtused) ning ka savikate materjalide tegelikke tugevusparameetreid (ning võrrelda arvutuslike keskmistega).

Suurem osa kruusateede katendeid ei vasta teede projekteerimisnormide katendi mõistele ega Elastsete teekatendite projekteerimise juhendis toodud teekatendi nõuetele koosnedes suure peenosisesisaldusega niiskustundlikust materjalist, mis peaks kuuluma ainult kulumis-, kuid mitte aluskihti (täiendavalt on tihti selle all ka eelmises punktis mainitud mullakiht). Seetõttu ei saa katendi toimivust katendiarvutuslikult ka korrektselt kontrollida. Vajalik on uurida taolise materjali omadusi eri (niiskus)tingimustes (keskmised E, φ ja c väärtused), mis võimaldaks leida kõige optimaalsemaid katendilahendusi taolistele teedele.

Vajalikud andmed ja materjalid kogutakse katseobjektidelt, mille puhul koostatakse ka teetööde tehnilised kirjeldused ja näidiseelarved. Teede valim on, võrreldes 2017 aastaga, laiem, mis võimaldab kokkuvõtteks saada suuremat majanduslikku efekti kruusateede remontimisel. Ühtlasi saab teadus-ja arendustööde näidisobjekte kasutada tavapärasel viisil ning eelduslikult peavad katseobjektid paremini vastu, kui nö klassikalise vana metoodikaga projekteerides, kus kasutatakse mittepidevat alusandmete hulka. Seega on mõistlik võtta teadustöö lõpparuandeks suurem kasteobjektide valik, mis kiirendab ning suurendab tunduvalt saadavate vaatlusandmete objektiivust.

Andmaks objektiivsemat hinnangut kruusateede sõidetavusele, katsetatakse tasasuse (IRI) mõõtmist ja selle alusel vajalike kriteeriumite väljatöötamist, mille alusel otsustada, kas tee vajab hööveldamist. Lisaks tasasuse mõõtmisele katsetatakse samaaegselt ka tee põikkalde mõõtmist, mis on vajalik pinnavete efektiivseks äravooluks.

Täiendavalt tuli käesolevas aruandes käsitleda ka võimalikku EVS-EN 16907 rahvusliku lisa sisaldust (nt põlevkiviaheraine, geopolümeer vms) ja lisatöödena tutvuda geopolümeeri kui materjaliga ning käsitleda selle kasutusvõimalusi teedeehituses (näiteks tehnoloogiline kiht, stabiliseerimise sideaine jms).

1 KRUUSATEEDE MÕÕTMISED JA STATISTIKA 2018

1.1 Üldosa

Käesoleva projekti raames tehti kruusateede uuringud kokku 29-l teeobjektil kogupikkusega 114.14 km. Vaadeldud objektid on esitatud tabelis 1.1.

Tabel 1.1. Vaadeldud objektid

Tee nr	Nimi	Algus	Lõpp	km	Maakond
22263	Igevere - Vana-Kuuste	0.073	1.889	1.816	Tartu
18208	Mikitamäe-Kahkva	1.812	4.93	3.118	Põlva
24167	Heimtali - Uue-Kariste - Abja-Paluoja	15.181	18.296	3.115	Viljandi
18154	Tilsi - Naruski	6.36	7.293	0.933	Põlva
23189	Põrga-Leebiku-Pikasilla	4.25	5.332	1.082	Valga
18109	Veriora-Soohara	6.465	11.68	5.215	Põlva
23193	Piiri - Jeti	0.304	12.92	12.616	Valga
23201	Puurina-Lüllemäe-Litsmetsa	16.252	23.465	7.213	Valga
23241	Ülpre-Kure	3.48	7.544	4.064	Valga
23140	Sihva - Vidrike - Kärgula - Järvere	3.988	6.561	2.573	Valga
18120	Kanepi - Varbuse	0.387	1.744	1.357	Põlva
18186	Räpina - Rasina	4.817	6.778	1.961	Põlva
18125	Erastvere - Ridali	0.225	2.915	2.69	Põlva
22171	Kalme - Tammiste - Teedla	1.16	4.687	3.527	Tartu
25107	Visela - Kassi	1.544	3.855	2.311	Võru
22182	Järiste - Luke mõis	0	1.914	1.914	Tartu
24111	Tässi tee	0.054	3.868	3.814	Viljandi
24127	Mudiste - Kobruvere	5.346	9.431	4.085	Viljandi
24156	Viiratsi - Mustapali	0.162	5.423	5.261	Viljandi

Tabeli 1.1 jätk

Tee nr	Nimi	Algus	Lõpp	km	Maakond
24152	Päri - Alustre - Lõmsi	0.140	5.691	5.551	Viljandi
14103	Esku - Pilistvere - Arussaare	5.079	8.454	3.375	Jõgeva
14164	Lahavere - Jõeküla	0.777	5.351	4.574	Jõgeva
14186	Adavere - Puiatu	0.56	2.99	2.43	Jõgeva
19134	Varbla - Väänja	1.22	9.943	8.723	Pärnu
16179	Vatla - Nehatu	0.38	4.43	4.050	Lääne
19201	Pärnu Jaagupi - Kalli	23.68	32.11	8.43	Pärnu
12109	Palade - Tubala	3.085	4.900	1.815	Hiiu
11117	Valingu - Jõgisoo	3.661	5.058	1.397	Harju
13158	Agusalu - Permisküla	0	5.127	5.127	Ida-Viru

Objektidel tehti taustainformatsiooni kogumine, varakevadine visuaalne vaatlus, kevadised kandevõimemõõtmised ajal, mil kruuskate oli mingil määral tahenenud, kuid konstruktsioon mitte veel kuivanud, maaradariuuring koos teelõikude asukohapõhise ülespildistamisega ning ehitusgeoloogilised uuringud punktides, mis olid valitud eelnevalt kogutud informatsiooni põhjal. Eesmärgiks oli koostada objektidele teetööde tehnilised kirjeldused koos mahutabelite ja prognoositavate eelarvetega, et planeerida nendele tolmuvaba kate selliselt, et oleks arvestatud tee tegeliku seisukorraga (eelkõige niiskusrežiimi ja kandevõimetega). Uuringute tulemused koos remondilahenduste kirjelduste, mahutabelite ja prognoositavate eelarvetega on esitatud käesoleva töö lisas 1.

Kuna teede valim oli suur ning tellija plaanid ajas muutusid, esines mõningate objektidega erandeid, mistõttu ei tehtud kõikidele objektidele kõiki mõõtmisi, kuid hoolimata olukorrast tehti kõikidel teedel täispikkuses tee seisukorra ülevaatus ja kandevõimemõõtmised. Maaradari- ja ehitusgeoloogilisi uuringuid ei tehtud teedel nr 18154 Tilsi – Naruski, nr 18186 Räpina – Rasina ja nr 25107 Visela – Kassi, kuna kandevõimemõõtmise käigus avastati, et teedel on käimas remonditööd, mis muudavad tee seisukorda sedavõrd, et koostatav remonttööde kirjeldus ei vastaks enam tegelikkusele. Nimetatud teedele tehti vaid olukorra kirjeldus ja esitati kandevõimegraafikud, kuid mitte mahu- ja eelarvetabeleid. Lisaks paigaldati teele 24156 Viiratsi – Mustapali 2018. a. suvel tolmuvaba kate, mistõttu selle tee osas piidruti uuringutulemuste analüüsi ja kokkuvõtetega.

Tee nr 23201 Puurina – Lülleme – Litsmetsa on plaanilises ja geograafilises mõttes väga keerulises piirkonnas, mistõttu tuleb antud tee rekonstrueerimiseks koostada projekt. Antud teele tehti mõõdetud andmete põhjal olukorra kirjeldus ning koostati katendilahendus, kuid mitte mahutabelit ega eelarvet.

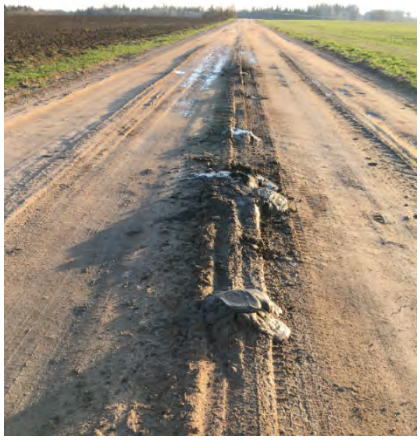
Nr 19201 Pärnu-Jaagupi – Kalli oli amortiseerunud mustkattega tee, mis vajab tugevdamist ja uuendamist seoses tulevikus suureneva raskeliikluse hulgaga. Antud teele tehti kõik uuringud, kuid kuna tegemist ei olnud kruusateega, ei arvestata seda käesoleva projekti statistikas.

Jättes kõrvale kõik nimetatud erandid, saab teha koondkokkuvõtted 23-st kruusateest, mille kogupikkuseks oli 88.03 km. Erandlike teede uuringute ja seisukorrakirjeldusi saab siiski käsitleda kui väga head näidismaterjali.

1.2 Teede seisukorra ülevaade

Võttes kokku kõikidelt objektidelt mõõdetud kandevõimed (114 km), saadi keskmiseks väärtuseks 121.5 MPa, mis on suhteliselt lähedal siirdekatendile esitatud minimaalsele väärtusele (130 MPa). Olukord ei olnud siiski nii hea kui keskmine väärtus seda näitab. Mõõdetud punkte oli kokku 2060 ja järgnevalt esitatakse koondülevaade kandevõimete vahemikest alustades kõige vähemast.

61-s mõõtepunktis (ehk 2.96% kogu mõõtepunktidest) oli kandevõime ≤ 30 MPa. Taolised kohad purunevad raskeveoki ülesõidul kohe, tee sisse jääb roobas ja/või rataste vahelt hakkab pinnast üles pressima. Maapind vajub silmnähtavalt juba sõiduautoga ülesõites ja õõtsub, kui inimene peal hüppab. Nii madala kandevõimega kohtades on varakevadel olnud ka kohti, mis ei ole sõiduautoga läbitavad. Mõningates sellistes kohtades/piirkondades leidus veel kandevõimemõõtmise ajalgi (tööd tehti aprilli viimastel päevadel ja enamasti olid teekatted tahenenud) lausa voolava konsistentsiga pinnast, mis „pressis“ tee alt välja, näiteks Mudiste – Kobruvere (foto 1.1) ja Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere (foto 1.2).



Fotod 1.1 ja 1.2. Näited tee keskelt välja punnitavast voolava konsistentsiga pinnasest teedelt Mudiste – Kobruvere (foto 1.1) ja Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere.

Vaadeldud teede valmimist kõige nõrgema kandevõimega olid järgmised teed:

- Räpina – Rasina Põlvamaal, kus 38% mõõtepunktidest olid kandevõimega alla 30 MPa;
- Esku – Pilistvere – Arussaare Jõgevamaal, kus vastav näitaja oli 18.3%;
- Päri – Alustre – Lõmsi Viljandimaal 8.9%.

Esimesel ja kolmandal teel olid probleemiks õhukesed katendikihid, kraavide puudumine ja see, et tee oli maapinnaga samal tasandil. Teisel teel olid kraavid olemas ning ka katendikihid enam-vähem piisavad, kuid peamiseks probleemiks oli ümbruskonna liigniiskus ja kruusatee ehitamisel kasutatud materjal, mis oli tugevalt niiskustundlik ja üleniiskunud. Kõikide teede täpsem olukorra kirjeldus on esitatud lisas vastavat teed käsitlevas osas.

Kui kruusatee jääb kruusateeks ehk selle peale ei planeerita tolmuvaba katet (siin on mõeldud olukorda, kus ilma muid ehitustegevusi paigaldatakse olemasolevale teele peale kas pindamine, mustsegu või midagi muud) ja suurem osa liiklusest on sõiduautod (ca 95%), võib minimaalseks rahuldavaks kevadiseks kandevõimeks lugeda 60 MPa. Alla 60 MPa kandevõime mõõdeti

kokku 240-st punktist, mis teeb 11.65% koguvalimist. Kõige suurema osakaaluga ehk kõige nõrgemad teed selles arvestuses olid:

- Räpina – Rasina Põlvamaal, kus 76% mõõtepunktidest olid kandevõimega alla 60 MPa;
- Esku – Pilistvere – Arussaare Jõgevamaal, kus vastav näitaja oli 31%;
- Päri – Alustre – Lõmsi Viljandimaal 23.2%.
- Kalme – Tammiste – Teedla Tartrumaal 23.0%;
- Heimtali – Uue-Kariste – Abja-Paluoja Viljandimaal 21.9%;
- Lahavere – Jõeküla 21.7%
- Varbla – Väänja Pärnumaal 20.6%;
- Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere 20%;
- Mudiste – Kobruvere 19.8%.

Madala kandevõime ja kruusateede halva seisukorra peamisteks probleemideks on kruusateedes sisalduva kruusa ebasobiv terakoostis, liigniiskus ja õhukesed katendikihid.

Käesoleval aastal oli tellija sooviks enamikel teedel kasutada tolmuvaba katte rajamiseks 8 cm MSE20. Kui liikluskoormus on väike ja E_{vaj} on 130 MPa, siis tugevusarvutus KAPiga on korras, kui olemasoleva kruusatee kandevõime on ca 70…75 MPa. Soomes nõutakse kruusateedele kandevõimeks minimaalselt 80 MPa, mis sobitub MSE segu paigaldamiseks vajamineva kandevõimega väga hästi. Üldises plaanis võib öelda, et vaadeldud kruusateed olid heas seisukorras, kuna:

- kandevõime vähemalt 80 MPa oli tagatud 1576-s punktis ehk 76.5% mõõdetud punktidest;
- kandevõime vähemalt 130 MPa oli tagatud 764-s punktis ehk 37% juhtudel;
- kandevõime üle 200 MPa saadi 182-s punktis ehk 8.3% juhtudel.

Kandevõimemõõtja oli Soomest, kes tunneb hästi sealseid olusid ning tema kommentaariks oli, et Eesti kruusateed on üllatavalt kõrge kandevõimega ja et Soomes on nii vähese liiklusega kruusateede kandevõimed tihti madalamad. Teisalt võib see johtuda sellest, et vaatluse all olid teed, mille aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus ületas 50 autot ja millele planeeriti peale tolmuvaba katet, mistõttu oli nendel juba enamasti tehtud kruusatee remont.

Kruusatee remonti (hiljutist) ei oldud tehtud mitmetel käsitletud objektidel, millest mõned olid sellegipoolest heas seisukorras. Sellisteks olid:

- Varbla – Väänja: hoolimata suhteliselt kõrgest hulgast madala kandevõimega punktidest, oli tee siiski heas seisukorras hoolimata sellest, et ümbruskonnas toimusid metsatööd ja eeldatavasti ka mõningast raskeliiklust. Madalat kandevõimet põhjustas kahes lõigus leidunud turvas ning ülejäänud tee osas väga liivane kattekruus ja külgkraavide puudumine ehk ebapiisav drenaaž;
- Veriora – Soohara: kraavid puudusid, tee oli olemasoleva maapinnaga tasa, kuid tee oli heas seisukorras;
- Valingu – Jõgisoo;

Põhjalikku kruusatee remonti vajavad:

- Räpina – Rasina: 2018.a suvel tehti kruusatee remont, mil kaevati kraavid ja paigaldati 12 cm paksune kruusakiht;
- Mudiste – Kobruvere;
- Päri – Alustre – Lõmsi;
- Esku – Pilistvere – Arussaare;
- Lahavere – Jõeküla;
- Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa;

Järgnevatel teedel oli tehtud remont, kuid mis ei ole osutunud kuigi efektiivseks ja mis tuleks vajaliku tulemuse saavutamiseks enne tolmuvaba katte paigaldamist ümber teha:

- Piiri – Jeti: kasutatud kruus oli liiga peenosisterikas ja liivane, mistõttu muutub kevadel „püdelaks“;
- Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere: kõrvaldatud ei ole kohti, mis „keedavad“ vett välja, mistõttu kruus on segunenud all oleva pinnasega;

Väga heas seisukorras olid järgnevad teed (võib isegi öelda, et üledimensioonitud):

- Igavere – Vana-Kuuste;
- Palade – Tubala;
- Vatla – Nehatu.

1.3 FWD vajumikauss

Keskmine SCI väärtus oli 826, mis on lähedal „väga halba“ („väga halb“ väärtus on üle 900), teisisõnu olid katted mõõtmise ajal enamasti üleniiskunud ja suurem osa kattekruusa proovidest näitas, et terastikulised koostised väljuvad optimaalsest piirist olles liiga liivased sisaldades tihti ka liialt peenosiseid (sellest järgmises peatükis).

Parem ei ole ka BDI ja BCI parameetritega. BDI keskmine oli 427 („väga halb“ piirväärtus on 450) ja BCI keskmine 61, mida võib iseloomustada kui „halb“. Keskmised väärtused on tõenäoliselt nii kõrged seetõttu, et halvas seisukorras teede puhul olid tõusid vajumikausi parameetrid ekstreemselt kõrgeteks (SCI kuni 4000, BDI kuni 4500 ja BCI kuni 600). Kõige halvemate SCI ja BDI näitajatega punktid olid tegelikult nii madala kandevõimega, et neid ei olegi praktiliselt võimalik enam FWD-seadmega mõõta. Samas, ilma mõõtmata ei saadaks tee seisukorrast adekvaatset infot, sest alati ei leita kõige nõrgemaid piirkondi ilma mõõtmisi teostamata üles ning kui leitaksegi, siis ei ole infot nende kandevõimest või tegelikust olukorrast. Ekstreemselt madalaid kandevõimeid mõõdeti ja väga kõrgeid vajumikausiparameetreid registreeriti teedel:

- 14103 Esku – Pilistvere – Arussaare;
- 14164 Lahavere – Jõeküla;
- 18186 Räpina – Rasina;
- 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere;
- 23201 Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa;
- 24152 Päri – Alustre – Lõmsi;
- 24127 Mudiste – Kobruvere.

Kohtumisel Soome Väylä (mis vastab Maanteeametile, kuid mille ülesanded on laiemad) ekspertidega mainiti, et seal kruusateedele katteid enam peale ei ehitata, pigem minnakse vastupidises suunas, et vähendada kulutusi teedele ning imestati, et Eestis liigub vastupidises suunas. Kruusateede muutmine kattega teedeks (kui seda ei tehta korralikult) tõstab tulevikus oluliselt vajadust teede remontide järgi, sest tolmuvaba kattega teid ei ole võimalik parandada nii hõlbsalt kui kruusateid. Arvestades seda, missugusest materjalist ja kuidas on Eestis valdav osa kruusateid ehitatud, on põhjanaabrite imestus arusaadav, sest nagu ka FWD vajumikausi parameetrid näitavad, ei ole teekatendites sisalduv olemasolev kruusmaterjal sobilik kandvaks kihiks (aluseks) olles liiga niiskustundlik ja vähese deformatsioonikindlusega. Teisalt oli käesoleva projekti eesmärgiks vähendada (tulevikus tehtavaid) kulutusi teede remondiks ja hoolduseks leides üles kõige probleemsemad piirkonnad ja koostades nende kõrvaldamiseks lahenduse. Taoline tegevus on üheks peamisemaks viisiks, kuidas optimeerida kruusateede viimist tolmuvaba katte alla ja kuidas tõsta teekatendite eluiga võimalikult väheste kulutustega.

1.4 Katendikihid

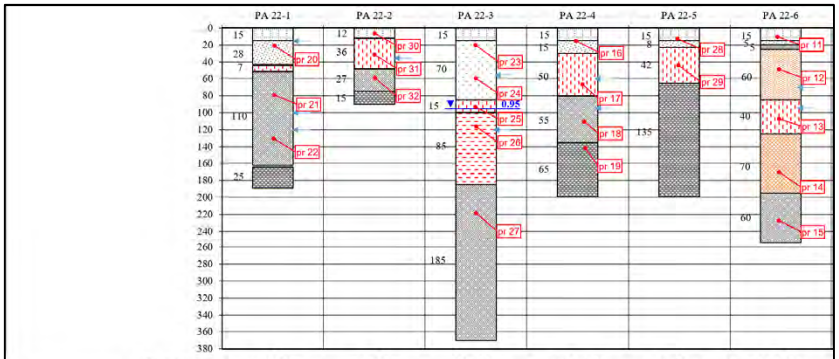
Enamasti kehtis vaadeldud teede puhul reegel, et paksem kruusakiht tähendas paremat kandevõimet, kuid mitte tingimata – oli häid ja halbu näiteid. Head näited on sellised, kus õhukese kruusakihi korral saadi oodatust kõrgem kandevõime ja halvad sellised, kus paksude kruusakihtide olemasolul olid kandevõimed sellegipoolest väga madalad ning teekate aldis roobaste tekkele.

Kõik vaadeldud kruusateed on väga tundlikud ümbritseva looduse niiskusrežiimi suhtes, kuna pea eranditult kõik katendid koosnevad niiskustundlikest ja kõrge peenosisesisaldusega materjalidest, mis ei ole tegelikkuses sobilikud aluse (kandva kihi) ehitamiseks (peenosiste sisalduse piir alusesse sobiliku kruuspinnase korral on kuni 10%). Seega ei tähenda paks kruusakiht automaatselt piisavat kandevõimet ja head tee seisukorda, mis avaldus just liigniisketes piirkondades, kus Maa-ameti mullastiku kaardi järgi levisid reeglina turbamullad ja leostunud gleimuld (Go) või kus oli drenaaž puudulik.

Näiteks võib tuua Lahavere – Jõeküla, mille ehitusgeoloogilised ristlõiked on esitatud tabelis 1.2, millest võib esile tuua PA 22-3 ja PA 22-5. Nende punktide kandevõimed olid sisuliselt identsed (70 MPa), kuid esimeses punktis on kruusakihi paksus 85 cm, aga teises vaid 23 cm. Erinevuse tingibki ümbritseva looduse niiskussisaldus. Esimene punkt asetseb turbal, mis „söödab“ vett niiskustundlikku kruusa halvendades kandevõimet. Ka teisel juhul on kruusakihi all märkimisväärselt paks orgaanikasisaldusega kiht (42 cm „muld“), kuid kuna niiskusrežiim on parem, siis on ka kandevõime suhteliselt hea.

Seega vaid ehitusgeoloogilise uuringuga infot tee tegelikust seisukorrast saada võimalik ei ole, mis näitab (õigeaegselt teostatud) kandevõimemõõtmiste olulisust.

Tabel 1.2. Lahavere – Jõeküla ehitusgeoloogilised ristlõiked



Kandevõime	79 Mpa	48 Mpa	68 Mpa	20 Mpa	70 Mpa	248 Mpa
Asukoht / Materjal/Piirnas	PA 22-1 km 1,43 pp	PA 22-2 km 1,86 vp	PA 22-3 km 2,84 pp	PA 22-4 km 3,8 vp	PA 22-5 km 4,36 pp	PA 22-6 km 5,16 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	12	15	15	15	15
Kruusliiv			70			
kruusliiv, tolmne	28			15	8	5
Väna asfalt						5
Peenliiv orgaanikaga						60
Muld, mõlline	7	36	15	50	42	40
Turvas			85			
Mõll orgaanikaga						70
Savimõllmoreen, kruusa 5-20%	110	27	185	55		60
Jämepurdmoreen	25	15		65	135	
veetase (15-16.05.2018)			0.95			

Taolistes liigniisketes piirkondades nagu Lahavere – Jõeküla (taolisi teid või teelõike oli väga mitmeid) on probleemiks alt ülespoole läbi kapillaartõusu ja kevadeti läbi sulamiskonsolideerumise kerkiv vesi. Taolistes kohtades on vajalik, et enne tolmuvaba katte paigaldamist ehitatakse kas dreeniv kiht või võetakse ette muid meetmeid vähendamaks olemasoleva kruusa niiskustundlikkust. Käesolevas projektis lahendati sellised kohad kas dreeniva kihi paigaldamisega (20…25 cm kruusa- või killustikusegu, mille peenosisesisaldused ei ületa 5%, kuigi soovituslikult peaks Roadexi programmi juhendite alusel sellisel juhul kihipaksus olema vähemalt 30 cm), kus nõrgemates kohtades lisati ka geotekstiil ja/või

geovõrk, või nähti ette olemasoleva kruusa mehaaniline stabiliseerimine jämetäitematerjali lisamisega nii, et moodustuks 30 cm paksune segatud kiht, milles väheneb peenosise protsentuaalne osakaal alla 10%.

Killustikukihi lisamine koos geovõrgu kasutamisega nähti ette näiteks Lahavere – Jõeküla teel (kuna tee oli olemasoleva maapinnaga enam-vähem tasa ja tee laius võimaldas katendikihtide suurendamist) ning mehaaniline stabiliseerimine näiteks Piiri – Jeti teel (kuna tee laius ei võimalda uute katendikihtide paigaldamist).

Kruuspinnase niiskustundlikkust on võimalik vähendada ka kasutades sideainetega stabiliseerimist. Näiteks on lubja lisamine savipinnasele (plastsele pinnasele) tuntud meetod alandamaks selle veesisaldust läbi mille tõuseb kandevõime ja väheneb külmakerkelisus. Eestis on põlevkivituhkadega seoses saadud läbi aastakümnete väga häid kogemusi ning nende kasutamist tasub kaaluda ka tänapäeval. 2019. aasta lõpus valmib Tallinna Tehnikakõrgkoolis koostöös Eesti Energiaga uuring seoses kruuspinnase stabiliseerimisega kasutades uue tüübi põlevkivituhkasid (väävliärastussüsteemi tuhk deSOx ja keevkihikatlatuhk CFB), mille eesmärgiks on töötada välja sobilikud retseptid.

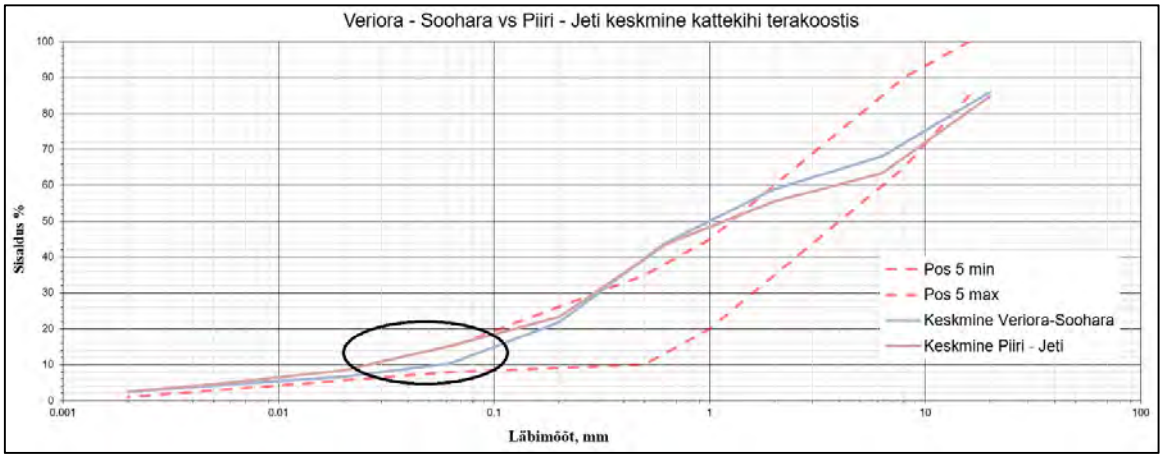
Põlevkivituhaga stabiliseerimist oli aastakümneid tagasi kasutatud teel Veriora – Soohara (täpsem ülevaade lisas olevas tee seisukorra analüüsis). Antud tee oli hoolimata sellest, et külgkraave ei esinenud ja et tee oli maapinnaga samal tasemel või isegi allpool seda, suhteliselt heas korras. Võrdlusena võib kasutada teed Piiri – Jeti, mille kõrvale olid kaevatud kraavid. Mõlemad teed on pealtnäha suhteliselt sarnastes pinnasetingimustes, kandevõimete (keskmine Veriora - Sooharal 109 MPa ja Piiri – Jetil 111 MPa) ja katendikihtide paksustega.

Väga suur erinevus tuleb nende teede puhul seisukorras. Kui Veriora – Sooharal ei täheldatud ühtegi probleemset kohta, siis Piiri – Jetil oli neid palju. Vaadates andmeid täpsemalt, nähtub esiteks erinevuseks see, et Veriora – Soohara kattekruus sisaldab vähem peenosiseid (joonis 1.1) olles seega vähem niiskustundlik ning seal oli ka vana tuhkstabiliseeritud kiht (keskmise paksusega ca 10 cm), mis ei võimalda pealmistel kihtidel pehmeneda (tuhkstabiliseeritud kiht esineb „klompidena“ ega moodusta jäika plaati). Kui võrrelda vajumiskausi keskmisi parameetreid, on tulemused järgmised:

- Piiri – Jeti: SCI 874, BDI 358, BCI 45;
- Veriora – Soohara: SCI 727, BDI 409, BCI 65.

Seega Veriora – Soohara on BDI ja BCI osas halvemas seisukorras, kuid SCI näitaja on parem ja sellest tulenevalt on parem ka tee seisukord. Selle põhjus on kattekihi terakoostises ja stabiliseeritud kihi olemasolus.

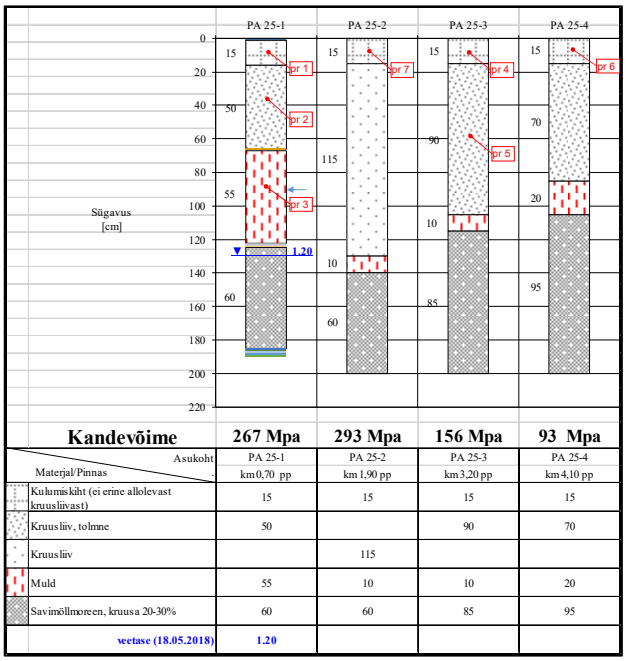
Eelnevast näitest nähtub esiteks see, kui oluline on jälgida materjalide terakoostisi ja teiseks, et põlevkivituhaga kruuskatete stabiliseerimine võib olla üheks kuluefektiivseks viisiks, kuidas parandada kruusateede seisukorda. Eesti kruusateede katendid on aja jooksul kujunenud läbi optimaalse kruusasegu kiht-kihiti paigaldamise, kuid taoline materjal ei ole paksu kihina katendisse sobilik olles liiga niiskustundlik. „Õpiku“ järgi ehitamisel (nt tuginedes Roadex´i programmis toodud soovitustele) tuleks taoline materjal eemaldada ning ehitada alus sobilikust materjalist, kuid võimaluseks on veel ka olemasoleva kruusa omaduste parandamine läbi terakoostise muutmise või läbi sideainetega stabiliseerimise.



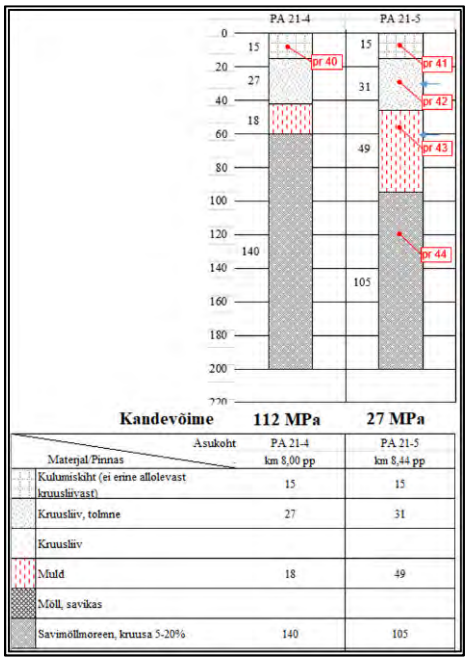
Joonis 1.1. Veriora – Soohara ja Piiri – Jeti kattekihtide terakoostiste (proovide keskmised) võrdlus.

Vaadeldud kruusateedel leidus ka kohti, mis ehitusgeoloogilises mõttes olid (pealtnäha) sisuliselt identsed, kuid võisid tegelikkuses tee seisukorda ja/või kandevõimet silmas pidades olla väga erinevad. Näiteks Vatla – Nehatu pinnasetingimused olid suurel osal teest väga sarnased, kuid mõõdetud kandevõimed erinesid ca kolmekordselt (tabel 1.3). Või Esku – Pilistvere – Arussaare, kus km 8.0 mõõdeti kandevõimeks 112 MPa ja probleeme ei esinenud, kuid km 8.44 saadi 27 MPa ning kevadel oli sõiduautoga koha läbimine keeruline, kuigi pinnaseolud on suhteliselt sarnased.

Tabel 1.3. Vatla – Nehatu ja Esku – Pilistvere - Arussaare ehitusgeoloogilised ristlõiked ning mõõdetud kandevõimed



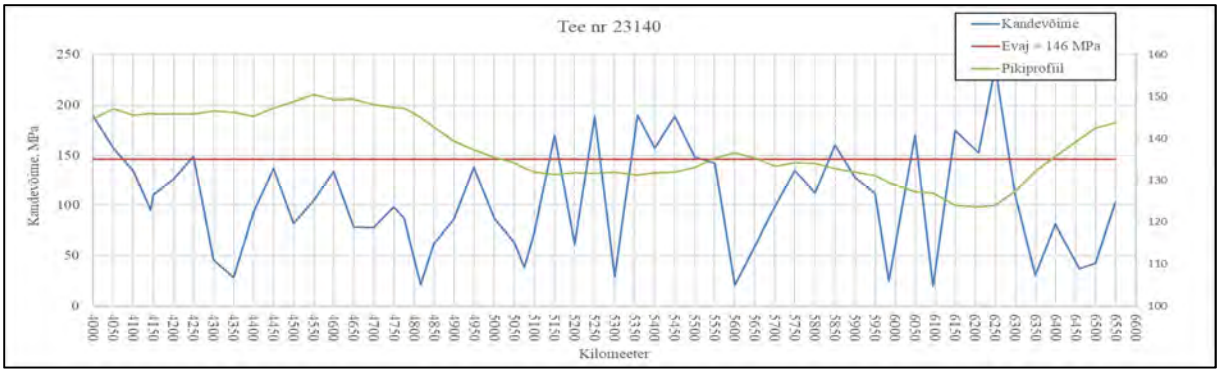
Kandevõime	267 Mpa	293 Mpa	156 Mpa	93 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 25-1 km 0,70 pp	PA 25-2 km 1,90 pp	PA 25-3 km 3,20 pp	PA 25-4 km 4,10 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	50		90	70
Kruusliiv		115		
Muld	55	10	10	20
Savimöllmoreen, kruusa 20-30%	60	60	85	95
veetase (18.05.2018)	1.20			



Kandevõime	112 MPa	27 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 21-4 km 8,00 pp	PA 21-5 km 8,44 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15
Kruusliiv, tolmne	27	31
Kruusliiv		
Muld	18	49
Möll, savikas		
Savimöllmoreen, kruusa 5-20%	140	105

Lõuna-Eestis on väga levinud probleemiks voored, kus on probleeme nii kandevõime kui läbitavusega. Taolised kohad ajavad vett välja (pinnasevee tase tõuseb voortel kõrgele) ja reeglina on seal ka katendikihid on väga õhukesed. Teemat käsitleti juba allikas [1], kuid käesolevas projektis tuli taolisi kohti oluliselt rohkem. Eriti paistis probleemidega silma tee Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere, kus pinnavormid olid vahelduvad ja iga küngas ajas vett välja, mis põhjustas kandevõime- ja läbitavusprobleeme (fotod 1.3 ja 1.4). Selle tee kandevõimegraafik on esitatud joonisel 1.2, kus kõik järsud kukkumised graafikul kujutavad künkaid, mis ajavad vett välja.

Fotod 1.3 ja 1.4. Olukord Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere teel, kus pinnavormid olid vahelduvad ja iga künka peal või jalamil oli probleemne piirkond.



Joonis 1.2. Kandevõime Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere teel, kus iga järsk kukkumine kujutab probleemset kohta (küngast, mis ajab vett välja).

Voorte näol on tegemist keeruliste kohtadega, kuna vesi tuleb alt üles. Rajades selle peale tolmuvaba katte, jääb vesi lõksu, misjärel võib kruusakiht (ja selle all olev moreen) muutuda plastse või ka voolava konsistentsiga materjaliks, mis ei oma vastupidavust liikluskoormusele ja mistõttu teekate puruneb. 2018. aasta kevadel tuli taolisi kohti üle kogu Eesti välja väga paljudel teedel. Fotodel 1.5…1.10 on kujutatud mõningaid näiteid.

Fotod 1.5 ja 1.6. Näited kohtadest, mis on kevadel pehmenenud ja kus seetõttu on liikluskoormuse tagajärjel teekate purunenud.

Fotod 1.7…1.10. Näited kohtadest, kus künkast ajab vett välja, mistõttu teekate on purunenud.

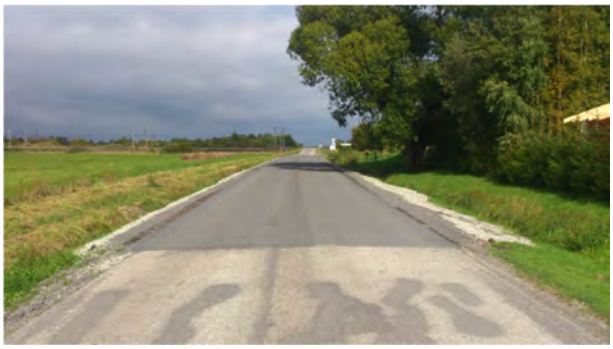
Vett välja ajavate küngaste puhul on probleeme ka sellega, et väga tihti on seal ka katendikihid õhukesed (ca 10…15 cm). Tee toimivuse ja kandevõime tagamiseks oleks vaja katendi paksust suurendada lisades vahele ka dreeniva kihi, kuid see tõstab künka veel kõrgemaks või teeb tõusu/languse järsemaks. Soomes kasutatav tüüplahendus taolistele probleemsetele kohtadele on eraldav geotekstiil ja 30 cm killustikusegu + kulumiskiht. Kihipaksust saaks vähendada geovõrgu kasutamisega, millest head kogemused on saadud Pajupea teel Rae vallas, kus oli probleeme tolmuvaba katte lagunemisega ja kuhu ehitati erinevatesse kohtadesse kolm lühikest katselõiku. Andmed katselõigu ehitamise kohta saadi Amifax OÜlt (Rauno Leppik).

Katselõik ehitati aastal 2013, mille eesmärgiks oli likvideerida külmakerkelised kohad. Vaadeldava katselõigu pikkus oli 120 cm (Pajupea tee, vahetult peale raudteeülesõitu), kus eemaldati olemasolev asfalt ja selle alt 20 cm paksune materjalikiht. Väljakaeve tehti kraavi äärest kraavi ääreni, eemaldatud konstruktsiooni all oli mullakiht, mis jäeti alles (foto 1.11). Aluspind profileeriti ja tihendati, seejärel paigaldati eraldav geotekstiil koos geovõrguga (NAUE Secugrid 40/40 Q1, foto 1.12), mille peale 20 cm killustikku, 10 cm freespuru, mis pinnati.

Fotod 1.11 ja 1.12. Pajupea tee (Harjumaa, Rae vald) katselõigu ehitamine (Rauno Leppik).

2018. a. kevadel tehti kirjeldatud katselõigule vaatlus. Kui väga paljud taoliste teede katted lagunesid ning leidus hulganisti külmakerkakahjustusi (nagu ka katselõigust välja jäänud ülejäänud Pajupea tee), siis katselõik oli väga heas seisukorras. Fotodel 1.13 ja 1.14 on katselõik

aastal 2013 peale ehitust ja 2018 kevadel. Fotodel 1.15 ja 1.16 on kujutatud Pajupea tee muid kohti, mis olid lagunenud just 2018. aasta kevadel.



Fotod 1.13 ja 1.14. Pajupea tee (Harjumaa, Rae vald) geosünteetidega lahendatud külmakerkeliste kohtade katselõigu seisukord 2013 ja 2018.

Fotod 1.15 ja 1.16. Ülejäänud Pajupea teel oli kogu pikkuses külmakerkekahjustused hoolimata külgkraavide olemasolust.

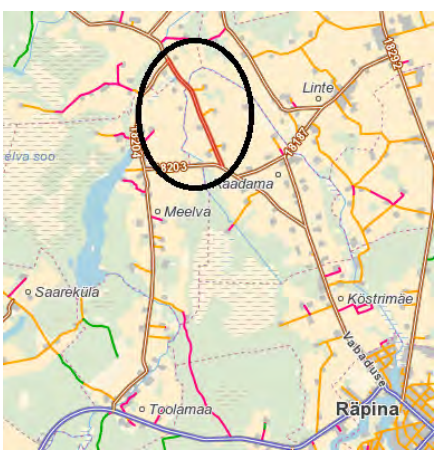
Vett välja ajavate küngaste parimaks lahendusviisiks oleks künka madaldamine koos külgdrenaaži ja koos geosünteetidega uue katendi rajamisega, mis suudab mahutada sulamisveed. See muudaks ka tee pikiprofiili sujuvamaks ja teed liiklusohutumaks. Käesolevas projektis lahendati taolised kohad siiski enamasti peale rajatavate uute kihtidega, mis oli soodsam, kui väljakaeve, kuid samaaegselt jälgiti, et sellega ei halveneks tee liiklusohutus nähes vajadusel siiski ette ka künka madaldamise.

1.5 Üks näide

Üheks eraldi esiletõstmist väärivaks näiteks koos selle põhjal koostatud aruteluga võib tuua tee nr 18186 Räpina – Rasina km 4.817…6.778, mis oli vaadeldud valimist kõige nõrgema kandevõimega tee, kuid millele tehti aastal 2018 kruusatee remont.

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1.3. Kuna kandevõimemõõtmise käigus avastati, et tee on remondis (foto 1.17), ei tehtud sellele muid uuringuid (maaradar ja geotehnilised uuringud), kuna tavapärasel juhul oleks nende alusel pidanud planeerima enne tolmuvaba katte paigaldust kruusatee remonti, mis oli vaadeldaval teel juba tegemisel. Riigihangete registris oli üleval ka teelõigu km 4.817…18.035 kruusateede remondi tehniline kirjeldus, mille alusel pidi remondilahendus olema järgnev:

1. teemaa-ala puhastada võsast, puude raie, kraavide kaevamine;
2. katte ehitus purustatud kruusast H = 12 cm; kahes kihis – 6 cm (pos. nr 6) ja 6 cm (pos. nr 5).



Joonis 1.3 ja foto 1.17. T-18186 4.817…6.778 (1.961 km) asukoht ning värskelt kaevatud kraaviga remondis olev kruusatee.

Kevadel tehtud vaatluse ja kandevõimemõõtmise ajal täheldati järgmist:

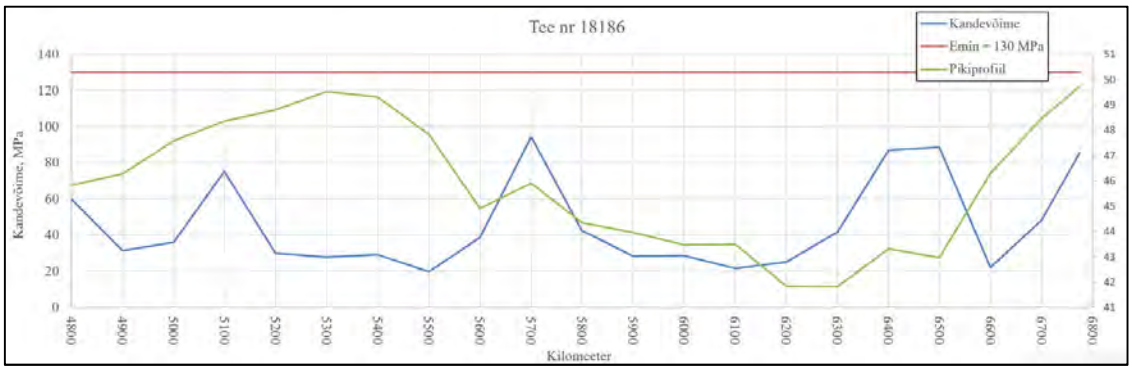
- kruusalõigule eelneb pinnatud osa, mis on täielikult deformeerunud. Km 4.8 pindamise pealt mõõdeti kandevõimeks 64 MPa (vajaliku 130 MPa asemel), sellele järgnevast punktist kruuskattelt vaid 33 MPa;
- kogu tee on ühtlaselt halb – väga palju on näha võrkpragu, mis viitab õhukesele kruuskattele loodusliku aluspinna peale. Tee on maapinnaga samal tasemel või madalamal, kraave praktiliselt ei ole;
- km 5.50 künka poolepeal ajab vett välja (kandevõime 21 MPa). Näiteks km 5.7 kandevõime on mõõdetud künka pealt, kus tee on veidi kõrgemal, mistõttu vesi sügavamal, tee kuivem ja kandevõime parem (94 MPa);
- km 6.5 on tee keskel pehme. Kattekruus on väga liivane, visuaalselt liigitlekski liivaks;

Kevadise vaatluse ajal nähtud olukord on kujutatud fotodel 1.18…1.20.

Fotod 1.18 ja 1.19. Kruusatee oli ühtlaselt halvas seisukorras, peamisteks probleemideks roopad, augud ja madal kandevõime, mis väljendus võrkpragudena.

Foto 1.20. Teelõigu alguses olnud pinnatud osa oli halvas seisukorras, mõõdetud kandevõime vastas visuaalsele pildile (kandevõimeks 130 MPa asemel 68 MPa). See näitab otseselt, mis tolmuvaba kattega saab, kui kruusatee ei ole piisavalt ette valmistatud.

Kandevõimemõõtmise koondgraafik on esitatud joonisel 1.4, millest näeb, et kandevõime alusel võiks olemasolevat teed liigitleda kui aluspinnast. Tee kuivades olukord muutub, kuid kevadeti on madal kandevõime seotud eelkõige kõrge veesisaldusega niiskustundlikes pinnastes. Vajumikausiparameetrid on erakordselt kõrged (joonised 1.6…1.8), mis näitab samuti ebapiisavat drenaaži, kruusakihi paksust ja kruusa omadusi.



Joonis 1.4. Mõõdetud kandevõimed on väga madalad liigitudes kohati enam mitte teeks, vaid looduslikuks tihenenud aluspinnaseks.

Kruusatee remondi lahendus nägi ette kraavide kaevamist ja 12 cm optimaalse kruusakihi paigaldamist. Võttes aluseks tee keskmise kandevõime, milleks on 46 MPa, saadakse tabelis 1.4 kujutatud katendiarvutus, mis ei ole piisavaks andes arvutatud kandevõimeks vaid 66 MPa (arvestades kandevõimemõõtmise tulemusi ja visuaalset vaatlust, võib olemasoleva tee võrdsustada kerge saviliivaga, mille sisehõõrdenurk on 35 kraadi ja elastsusmoodul 48 MPa).

Tee seisukorra alusel koostatud korrektsem remondilahendus oleks tabelis 1.5 kujutatu, mille alusel tuleks kulumiskihi alla paigaldada ka kandev kruusakiht. See tagab koormuse parema jaotuse aluspinnasele ja katend ei ole enam nii niiskustundlik. Läbi selle suureneks kandevõime ning tee oleks täielikus valmiduses paari aasta pärast planeeritava tolmuvaba katte ehitamiseks.

Kui teisalt arvestada veel juurde ka Kruusateede remondi projekteerimise juhise 2017. a versioonis peatükis 3 kirjas olevaga, et kuivendusolukorra parandamisel suureneb teekatendi kandevõime konservatiivselt võttes 20 MPa või enamgi, siis selle alusel saavutataks tabeli 1.4 arvutustulemuse 66 MPa asemel vähemalt 86 MPa või enamgi, mis oleks kandevõime mõttes juba piisav tolmuvaba katte rajamiseks kasutades pinnatud mustsegu.

Tabel 1.4. Eeldatud remondijärgne olukord (arvestamata kraavidega)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	A - kerge saviliiv		**48.4**					35.0	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja			Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			-25.0%	66.26	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0					66.26		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0552	0.0230	-139.6%			0.708
	Katendi kogupaksus	12.0					Parandustegur Δ		0.000

Tabel 1.5. Katendilahendus koos kruusakihiga

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0	180					45.0	0.030	9.5
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**48.4**					35.0	0.012	1.5

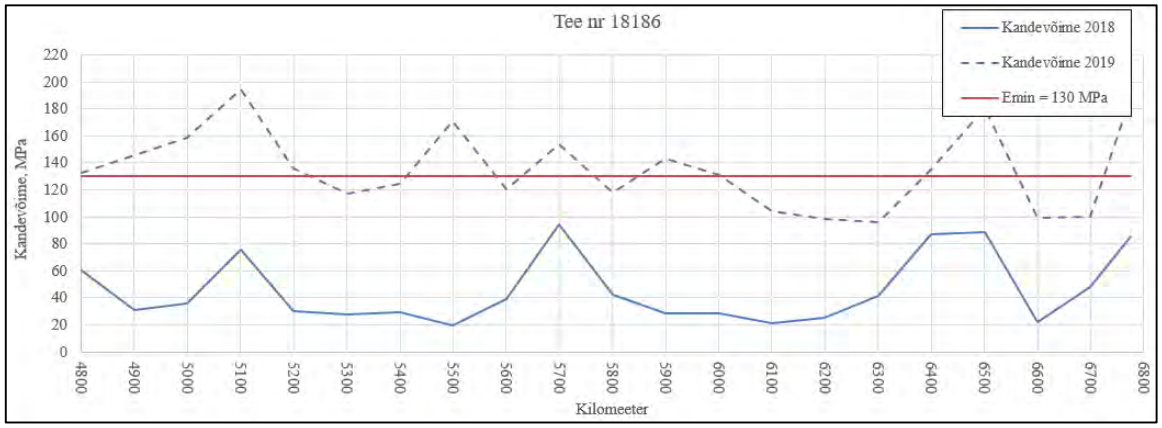
ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja			Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			13.9%	100.66	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0					100.66		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0459	0.1024	55.2%	83.01		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0229	0.0230	0.5%			0.708
	Katendi kogupaksus	37.0					Parandustegur Δ		0.000

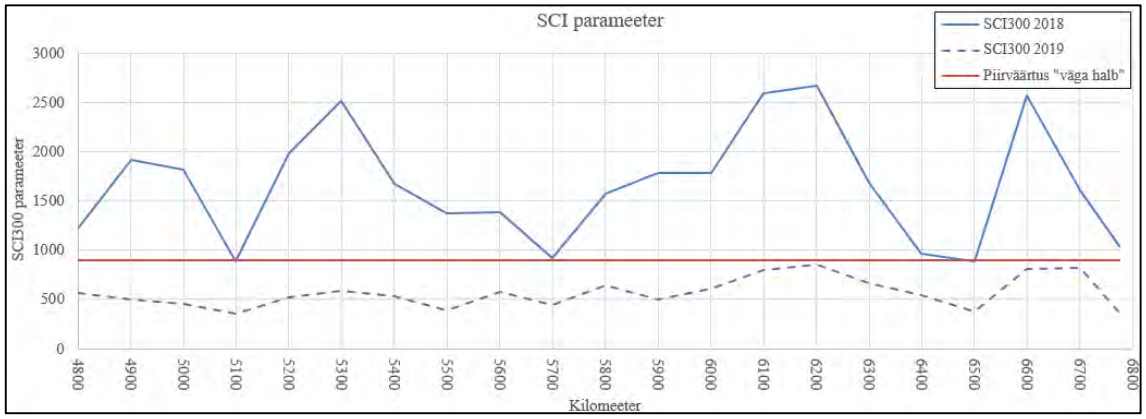
Kandevõimemõõtmised 2019

Aastal 2019 tehti Räpina – Rasina teel samadest mõõtepunktidest uuesti kandevõimemõõtmised. Aastal 2018 tehti mõõtmised kuupäeval 28.04.2018 (ca kell 21) ja aastal 2019 kuupäeval 27.04.2019 (ca kell 21). Aasta 2018 mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur ca 8 ºC ning kevad oli olnud üldiselt suhteliselt külm, kuigi rohi oli juba roheline ja puud pungas. Ümbritsev keskkond oli silmnähtavalt liigniiske ja madalates kraavides seisis vesi.

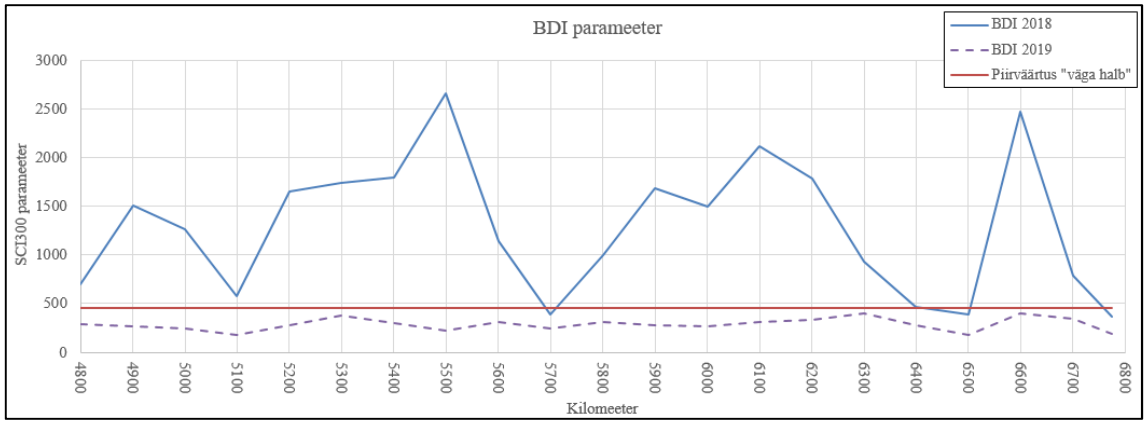
Aasta 2019 mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur ca 14 ºC. Kevad oli oluliselt kuivem ning päikesepaistelisem, ümbritsev loodus oli silmnähtavalt kuivem ja näha oli rohkem rohelust. Võrdlevad kandevõimemõõtmise andmed on esitatud joonistel 1.5…1.8, millest nähtub, et kõik kandevõimega seonduvad parameetrid on oluliselt paranenud. Vaadates BCI parameetrit, siis kraavi kaevamine, teekatte uuendamine ja profileerimine on parandanud niiskusolusid ka kuni 1.2 m sügavusel, kuigi kindlasti mõjutab siinkohal tulemusi ka teistsugune kevad, kuid selle täpne mõju suurus on teadmata.



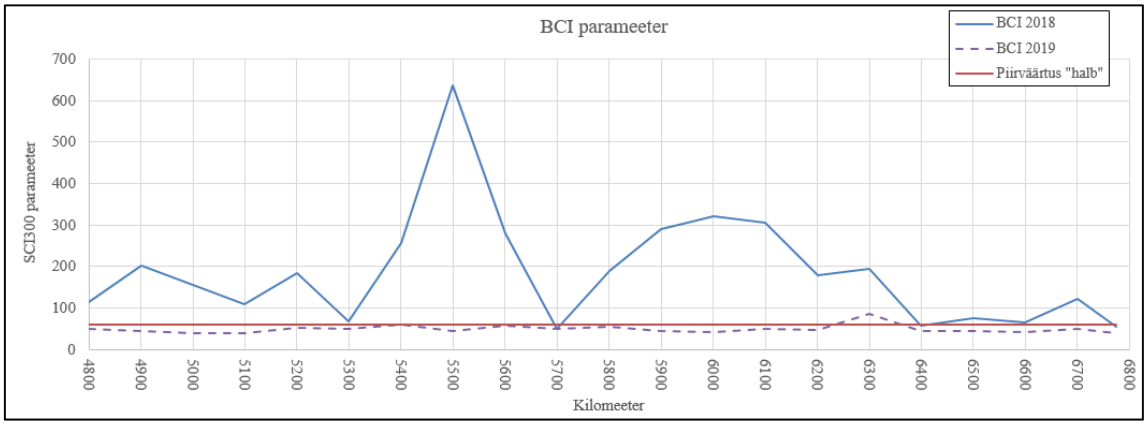
Joonis 1.5. Kandevõime 2018 vs 2019.



Joonis 1.6. SCI300 parameeter 2018 vs 2019.



Joonis 1.7. BDI parameeter 2018 vs 2019.

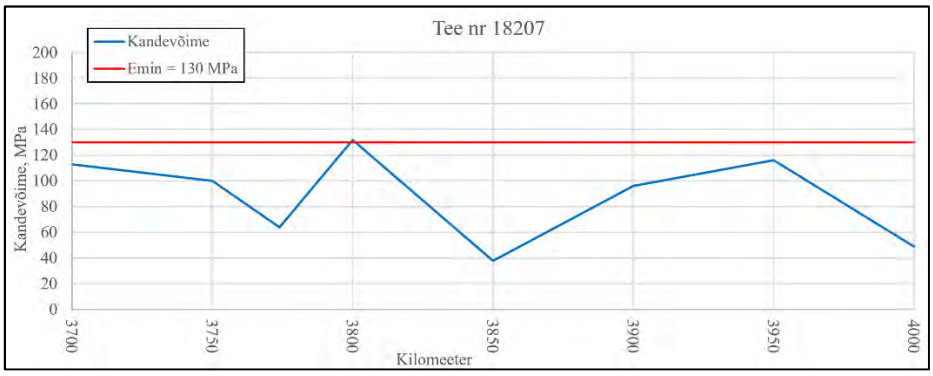


Joonis 1.8. BCI parameeter 2018 vs 2019.

Sarnast võrdlevat mõõtmist õnnestus teha ka teel nr 14186 Adavere – Puiatu km 0.56…2.99, kui kandevõimed mõõdeti augustis 2016 ja aprillis 2018. Vahepealse aja jooksul oli tee äärde kaevatud kraavid ja uuendatud teekatet. Võrdluse põhjal leiti, et optimaalse kruusasegu elastsusmoodul on pidanud olema 180 MPa (mida käsitletakse täpsemalt Adavere – Puiatu kirjelduses lisas 1).

Räpina – Rasina keskmine kandevõime oli 2018. a 46 MPa, kuid 2019. a 136 MPa. Arvestades kruusakihi elastsusmooduliks 180 MPa, pidanuks keskmine kandevõime olema tabeli 1 alusel ca 66 MPa. Kraavide kaevamine (täpsemalt paranenud niiskusolud) on seega suurendanud tee kandevõimet 70 MPa võrra ehk ca 100%. Kruusateede projekteerimise juhise 2017. a versiooni kohaselt suureneb kuivendusolukorra parandamisel teekatendi kandevõime konservatiivselt võttes vähemalt 20 MPa, kuid antud juhul on see olnud oluliselt enam (tõenäoliselt on mõistlikum väljendada drenaažist tulenevat kandevõime paranemist läbi protsentide).

Koos tee nr 18208 Mikitamäe – Kahvka km 1.812…4.930 kandevõimemõõtmistega aastal 2018 mõõdeti mõned punktid ka remonditud teelt Niitsiku – Kahkva km 3.7…4.0, kus oli kaevatud kraavid ja eeldatavalt paigaldatud ka 12 cm optimaalset kruusasegu. Mõõtmistulemused on joonisel 1.10, millelt saab järeldada, et alati kulumiskihi uuendamisest ja kraavide kaevamisest kandevõime tõstmisel ei piisa, sellisteks kohtadeks on näiteks künkad (nagu joonise 1.10 punkt 3.85), mis ajavad vett välja, aga seda saab laiendada ka liigniisketesse keskkondadesse, kus tee paikneb näiteks turba või leostunud gleimulla levikualal, kus kraavide kaevamisega ei õnnestu piirkonda kuivendada.



Joonis 1.10. Niitsiku – Kahkva maantee lõpust mõõdetud kandevõime näitab, et vaid kraavi kaevamise ja kulumiskihi uuendamisega ei ole alati võimalik nõrga kandevõimega punkte täielikult parandada.

Remondimeetme valik ja remondi õnnestumine põhineb sellel, et tehakse kindlaks, miks teel esinevad probleemid ning leitakse lahendused vastavalt nendele. Kruusatee remont peab algama kraavide kaevamisest/puhastamisest ja truupide uuendamisest/puhastamisest. Kõige ökonoomsem tulemus saadakse nii, et esimesel suvel kaevatakse kraavid ja profileeritakse tee, kuid kruusakihte veel ei uuendata. Järgmise aasta kevadel tehakse visuaalne vaatlus ja mõõdetakse kandevõime ning tehakse vajadusel (kuigi mitte tingimata alati) ka muud mõõtmised (maaradar, ehitusgeoloogia), peale mida koostatakse katendi remondilahendus. Räpina – Rasina tee on hea näide sellest, kuidas ümbritseva keskkonna veerežiim mõjutab tee kandevõimet ja kui tugevalt see muutub, kui vete liikumisi parandada.

Kindlasti mõjutab Räpina – Rasina olukorda ka 2019. a kuiv kevad (võrreldes 2018. a kevadega) ja kui vaadeldav tee oleks remonditud näiteks aastal 2017, oleks 2018 saadud madalamad kandevõimed kui 2019 mõõdetud, kuid kokkuvõtteks oleks see siiski tähendanud oluliselt väiksemate vajaminevate tööde tegemist kui mis leiti tabelite 1.4 ja 1.5 võrdluses.

Nagu Niitsiku – Kahvka mõõtmistest või tee nr 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere näitest nähtub, siis alati ei piisa kraavide kaevamisest ning arvestada tuleb ka teiste teguritega, mistõttu on uuringutegevused enne remondiplaanide otsustamist olulise tähtsusega.

1.6 Kruusateede remondilahendused ja maksumused

Kuigi igale teele läheneti individualselt, tulid välja mõningad mustrid, mis kordusid. Üheks tüüplahenduseks võib pidada seda, et katendiarvutusprogrammis KAP sisalduvad kruusa- või killustikusegud ning väga mitmel korral sai olemasoleva teekatendi arvutusparameetritena kasutada neid, täpsemalt pinnaseid F ja G. Tavapärasel viisil võetakse ehitusgeoloogilisest aruandest ristlõige ning leitakse seeläbi katendi arvutuslik kandevõime, aga nagu eelnevatest peatükkides (ja ka uuringust [1]) selgus, ei ole see reeglina täpne. Ristlõigetel olev kruus võib olla tegelikkuses väga erineva elastsusmooduliga sõltuvalt niiskustingimustest. Nii käesolevas kui eelmisel aastal läbi viidud projektis [1] leiti, et tagasiarvutamisel võib märja kruusa elastsusmooduliks arvestada ca 65 MPa ja niiske materjali puhul ca 90 MPa, kuigi iga objekti tuleks siiski käsitleda individuaalselt.

Killustikusegudest ehk pinnastest F ja G halvema või ka parema kandevõime korral üritati leida mõõdetule kõige lähedasemat olukorda läbi teiste katendiarvutusprogrammis sisalduvate pinnaste, näiteks kasutades tolmliiva või kerge saviliiva parameetreid erinevates niiskustingimustes.

Üheks väga oluliseks nüansiks katendi planeerimisel on kindlaks tegemine, millest tingituna teekatendi kandevõime on madal ja kuidas liigub vesi. On väga suur erinevus, kas probleemid on tingitud sellest, et pinnavete liikumised on ebaefektiivsed (nt tee ääres on servavall, ei ole kraavi jne) või tõuseb vesi altpoolt üles ja väljub läbi teekatte.

Üpriski levinuks madala kandevõime põhjuseks on see, kui mõõtepunkt satub sisekurvi. Näiteks Ülpre – Kure oli üldiselt väga heas seisukorras ja piisavate kandevõimetega, kuid km 5.55 saadi muude ümbritsevate punktidega võrreldes oluliselt madalam kandevõime (eelnevad ja järgnevad punktid olid üle 100 MPa, kuid vaadeldav ca 60 MPa). Selgus, et mõõtepunkt oli sattunud sisekurvi (foto 1.21), kuhu valgub pinnavesi ja mille äravool oli servavalli tõttu takistatud. Samuti on sisekurvides reeglina katendikihid õhukesed, kuna läbi hööveldamise ja sellega, et teed on aja jooksul „sõidetud laiemaks“.

Teiseks levinud põhjuseks on mõõtmisajal liigniiske kattekruus ja/või selle ebasobiv koostis. Sellele viitab väga kõrge SCI paramaater, kui samal ajal on BDI ja BCI väärtused madalamad. Taoliste probleemide avastamiseks oleks soovituslik, kui projekteerija on kandevõimemõõtmistel kaasas või teeb mõõtja mõõtmisaegselt mõõteprotokolli vastava märkuse. Kui madala kandevõime probleem on vaid üleniiskunud kattekruus (ehk pinnavete äravool pole efektiivne), ei ole teekatendit tingimata vajalik tugevdada, kuna tolmuvaba katte paigaldamisega takistatakse pinnavete ligipääs tagades seega tulevikus kandevõime säilimine. Jälgida tuleb seda, et teekattelt oleks võimalik pinnavete takistuseta äravool. Soovituslik on siiski kontrollida ka kruusa terastikulist koostist ning näha ette kas selle parandamine või kulumiskihi uuendamine.

Kulumiskihti tuleb kindlasti uuendada või olemasoleva pinnase terastikulist koostist parandada, kui hööveldamise või muu protsessi tagajärjel on näha, et teekate on silmnähtavalt liivane. See ei ole haruldane nähtus, kui tee on „sõidetud laiemaks“, mistõttu on kruusakihid jäänud liiga õhukeseks. Näiteks taoline probleem oli täheldatav teel Ülpre – Kure, kus nähti ette kulumiskihi uuendamine või Varbla – Väänja (foto 1.22), kus nähti ette kruusakihi homogeniseerimine ja uue kulumiskihi paigaldamine.

Foto 1.21 ja 1.22. Üksikud madala kandevõimega punktid on tihti sisekurvides. Probleeme tekitavad ka „liivataskud“.

Kui probleem kandevõimega tuleneb ainult pinnavete toimest ja kui kattekruusa terastikuline koostis vastab optimaalsele kruusasegule, võib taolisele teele paigaldada peale tolmuvaba katte juhul, kui parandatakse teed ümbritsevat drenaaži (puhastatakse olemasolevad või kaevatakse uued kraavid).

Kui probleem tuleneb alt üles tungivast veest, mida esineb eelpool mainitud juhtumitel (künkad ajavad vett välja või on tee liigniiskes keskkonnas näiteks turbamuldade või leostunud gleimulla või muu liigniiskes keskkonnas leviva mulla levikualal juhul, kui teekatend koosneb niiskustundlikest materjalidest), siis võib tolmuvaba kate laguneda täielikult juba ühe valel ajal ülesõitva raskeveose toimel. Seega tuleb sellistes kohtades rajada:

- kas dreeniv kiht, mis suudab hajutada ülespoole tungiva vee;
- või muuta olemasolevad materjalid selliseks, et need ei oleks enam nii niiskustundlikud.

Dreeniva kihi rajamisel peaks selle kogukapsus olema soovituslikult vähemalt 30 cm ning see tuleks eraldada all olevast materjalist geosünteediga. Käesolevas projektis kasutati taolistes kohtades enamasti siiski (killustiku või kruusa) kihipaksusi 20…25 cm koos eraldava (geotekstiil) ja/või tugevdava (geovõrk) geosünteediga, kuna liikluskoormused olid madalad ja katendiarvutuslikult tagas see vajaliku tulemuse. Selle lahenduse tingimuseks on, et kasutada tuleb kruusa- või killustikusegusid, mille peenosisesisaldus ei ületaks 5% (nt sidumata segu positsioonid 1…4). Geotekstiiliga piirduti enamasti küngastel või siis, kui tee keskelt ajas materjali välja (nt Mudiste – Kobruvere) ja geovõrku kasutati seal, kus pikem lõik oli hoolimata suhteliselt paksudest kruusakihtidest ülimadala kandevõimega (nt Varbla – Väänja ja Lahavere – Jõeküla).

Materjalide omaduste parandamisel on võimalus teha seda läbi mehaanilise (terakoostise muutmine segades kruusa hulka killustikku, mida on käsitletud aruandes [1]) või sideainetega (tsement, põlevkivituhk, bituumen) stabiliseerimise. Mehaanilise stabiliseerimisega on oluline tagada, et segu protsentuaalne peenosisesisaldus jääks alla 10%, kuid soovituslikult alla 7% (mida käsitletakse näiteks kruuspinnasel külmakerkelise pinnase piirina) ja et tekkiv läbisegatud kiht oleks piisava paksusega, soovituslikult minimaalselt 30 cm. Sideainetega kruusateede stabiliseerimisega on lähiajast vähe kogemusi (v.a Osamat projekt koos aastal 2018 läbi viidud järelmonitooringuga [2]), kuid 70- ja 80-ndate kogemused (või ka käesoleva projekti Veriora – Soohara) on selles osas väga heaks näiteks. Kohtumisel Soome ekspertidega (Tampere Tehnikaülikool) soovitati, et sideainetega stabiliseerimist ei peaks tegema kohtades, kus on probleeme liigniiskusega, kuid kohtumisel Rootsi ekspertidega (KTH Stockholm) kinnitati, et just taolised kohad oleksid selleks sobilikud. Käesolevas projektis soovitati nii mehaanilist kui sideainega stabiliseerimist teel Piiri – Jeti, kus kruusakihtide paksused olid piisavad, kuid kus oli probleeme kasutatud kruusa kvaliteedi ja kohati liigniiskusega.

Tolmuvaba katte planeerimisel on alati oluline, et alus oleks ehitatud korralikult. Kui kruusateed saab madalast kandevõimest ja/või liigniiskusest tingitud probleemide korral hõlbsasti korrigeerida, siis sideainega seotut teekatet enam mitte.

Käesolevas projektis oli tellija sooviks, et vaadeldud kruusateedele paigaldatakse peale mustsegu (8 cm MSE20). Samaaegselt oli ees piirang ühe kilomeetri ehitamiseks kulutatava raha osas (ca 89´000 EUR/km). Kui arvestada 8 cm MSE20 ruutmeetri maksumuseks 4.53 EUR/m^2, tuleb 6.5 m laiuse kattega teel kihi maksumuseks ca 30´000 EUR (arvestades, et MSE segu tuleb veidi laiem). Teekatte parema säilimise ja pikaealisuse huvides tuleks see katta kahekordse pindamisega ning kui arvestada selle maksumuseks 3.6 EUR/m^2, tuleb 1 km maksumuseks ca 53´300 EUR (koos käibemaksuga ca 64´000 EUR/km). Sellest ülejääva summaga tuleb teha ära kruusatee remont, mis hõlmab kraavide kaevamist ja/või olemasolevate puhastamist, kandevõime tõstmist, külmakerkeliste kohtade likvideerimist jne. Halvas seisukorras kruusatee puhul ei pruugi maksumus 89´000 EUR/km olla enam võimalik

Käesolevas projektis oli üheksa teed (Igevere – Vana-Kuuste, Palade – Tubala, Valingu – Jõgisoo, Ülpre – Kure, Adavere – Puiatu, Vatla – Nehatu, Agusalu – Permisküla ja Viiratsi – Mustapali, Järiste – Luke mõis), mis vajasid kas peaaegu üldse mitte või minimaalseid töid enne tolmuvaba katte paigaldamist, mille keskmiseks ühe kilomeetri maksumuseks kahekordse pindamisega kalkuleeriti koos käibemaksuga ca 86´000 EUR (ühekordse pindamisega ca 73´000 EUR), kui jätta arvestamata Palade – Tubala, millele ei planeerita mustsegu, vaid ainult eelpuistega kahekordne pindamine.

Ülejäänud teed vajasid suuremal või vähemal määral kruusatee remonti. Kõige suuremas mahus kruusatee remonti vajavad Mikitamäe – Kahkva, Piiri – Jeti, Päri – Alustre – Lõmsi, Esku – Pilistvere – Arussaare, Lahavere – Jõeküla, Sihva – Vidrike ja Mudiste – Kobruvere, mille keskmiseks ühe kilomeetri maksumuseks koos 8 cm MSE20 kihi ja kahekordse pindamisega kalkuleeriti koos käibemaksuga ca 120´000 EUR/km (ühekordse pindamisega ca 107´000 EUR/km). Nendest kõige kulukam on Esku – Pilistvere – Arussaare ühe kilomeetri maksumusega ca 140´000 EUR/km (kahekordne pindamine ja koos käibemaksuga).

Võttes kokku kõikide vaadeldud teede remondilahenduste ja tolmuvaba katte alla viimise keskmise maksumuse, saadakse koos käibemaksuga hinnaks ca 98´700 EUR/km (ühekordse pindamise korral ca 89´200 EUR/km).

Käesolevas projektis oli tellija soov kasutada teekatteks pinnatud MSE segu, kuid alati pole see otstarbekas, eriti minimaalse liikluskoormuse korral. Kui kruusatee seisukord ei ole hea, on otstarbekas panustada pigem kruusatee remondile ehk aluse korda tegemisele ja mitte „ohverdada“ selleks kuluvat raha mustkatte ehk kergkatendi ehitamiseks, kuna selle eluiga jääb lühikeseks. Piiratud ressursside korral oleks mõistlikum kaaluda siirdekatendi rajamist, panustades rohkem kruusatee kordategemisele. Siirdekatendi põhjal või selle peale on võimalik tulevikus rajada kergkatend ja kuna alus on varasemalt korda tehtud, on selle eluiga pikem. Kui paigaldada Esku – Pilistvere – Arussaare teele kahekordse pindamisega freespurukate (ehk tehes kergkatendi asemel siirdekatend), oleks selle ühe kilomeetri maksumuseks koos käibemaksuga ca 97´700 EUR. Samal põhjusel soovitati siirdekatendit ka Heimtali – Uue-Kariste ja Veriora – Soohara teedele.

Halvas seisukorras kruusateedele on majanduslikult otstarbekam ehitada tolmuvaba kate etapiviisiliselt ja nii, et kruusatee remont tehakse lähtudes tee tegelikust seisukorrast, et alus ja drenaaž oleks vajalikul tasemel. Kui teele on siiski vaja kohe paigaldada peale ka tolmuvaba kate, on mõistlikum lahendada see kasutades siirdekatendit näiteks läbi pinnatud freespuru. Taolist katendit on vajaduse korral lihtne uuendada kergkatteks segades näiteks pealmise kihi läbi lisades sinna neid komponente sellises hulgas, et kiht vastaks mustkatte nõuetele.

Täiendavalt võib välja tuua veel teede remondimaksumused ilma mustkatteta ja pindamiseta. Sinna hulka kuulub ettevalmistustööd, kruusatee tugevdamine, kruusakihtide

homogeniseerimine, kraavide kaevamine ja puhastamine, truupide asendamine ja puhastamine, mullatööd (sisekurvide täitmised) ja külmakerkeliste kohtade väljakaeve.

Kui kahekordse pindamisega tuli keskmine remondimaksumus 98´693 EUR/km (koos käibemaksuga) ja vastavalt ühekordse pindamisega 89´224 EUR/km, siis katteid arvestamata (ilma pindamisteta ja mustseguta) ehk aluse ja muu vajaliku keskmine remondimaksumus 39´457 EUR/km (koos käibemaksuga), mis moodustab ca 40% 2x pindamisega tee remondimaksumusest. Kui vaadeldavatele teedele oleks pidanud tegema vaid kruusatee remondi, tuleks keskmine kilomeetri maksumus mõnevõrra madalam, kuna katendilahenduste puhul oli arvestatud vajadusega paigaldada sideainega seotud kate.

Eelnevalt oli toodud välja väga halvas ja heas ning väga heas seisukorras olnud teed. Nende keskmised remondimaksumused jägunesid järgnevalt:

- väga halb: 1x pindamisega 107´361 EUR/km, 2x pindamisega 120´328 EUR/km, katteta 56´782 EUR/km (ca 47% 2 x pindamisega tee remondimaksumusest);
- hea või väga hea: 1x pindamisega 71´993 EUR/km, 2x pindamisega 85´401 EUR/km, katteta 19´713 EUR/km (ca 23% 2 x pindamisega tee remondimaksumusest).

Kokkuvõtlikult on vaadeldud kruusateede katendilahendused ja nende remondimaksumused esitatud tabelis 1.6.

Tabel 1.6. Kruusateede katendilahenduste ja nende maksumuste kokkuvõte

Objekt	**AKÖL (2017)**	**Seisukord**	**Katend**	**EUR/km (koos km)**		**EUR/km katteta (koos km)**
				1x pindamine	**2x pindamine**	
Igevere – Vana-Kuuste	244	Väga hea	6 cm pos. 6 + 8 cm MSE20	90´634	104´852	36´591
Mikitamäe – Kahkva	57	Halb	20 cm kruus + 8 cm MSE20	105´196	117´788	56´375
Heimtali – Uue-Kariste	92	Rahuldav	6 cm pos. 6 + 2xE 15 cm kild, 6 cm pos 6 + 2xE	-	94´710	61´557
Põrga – Leebiku	109	Hea	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20	91´863	105´065	40´116
Veriora – Soohara	49	Hea	12 cm pos 6 + 2xE 15 cm kruus + 12 cm pos 6 + 2xE	-	93´529	63´095
Piiri – Jeti	151	Rahuldav	Tsementstabi + MSE20 Mehaaniline stabi + MSE20	97´055	110´258	46´215
Tässi tee	135	Hea	10 cm MSE20 Külmakerkekohad	65´664	78´886	4´501

Tabeli 1.6 jätk

Objekt	AKÖL (2017)	Seisukord	Katend	EUR/km (koos km)		EUR/km katteta (koos km)
				1x pindamine	2x pindamine	
Päri – Alustre	59	Väga halb	GTX + 25 cm kruus + 8 cm MSE20	108´360	120´524	60´672
Esku – Pilistvere	101	Väga halb	15 cm kild + 8 cm MSE20 GGR + 20 cm kild + MSE	126´532	139´733	75´098
Lahavere – Jõeküla	74	Halb	20 cm kruus +8 cm MSE20 GGR + 20 cm kild + MSE	116´956	130´158	65´041
Varbla – Väänja	92	Rahuldav	12 cm pos 6 + 8 cm MSE20 20 cm kild + MSE	86´979	100´180	35´197
Palade – Tubala	61	Väga hea	Pindamine 2xE	-	39´156	5´061
Valingu – Jõgisoo	244	Hea	8 cm MSE20	58´435	70´621	10´534
Ülpre – Kure	64	Väga hea	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20	86´293	98´479	39´311
Sihva – Vidrike	210	Väga halb	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20 16 cm kruus + 8 cm MSE20 GTX + 24 cm kruus + MSE	105´728	119´944	49´666
Kanepi – Varbuse	161	Rahuldav	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20 25 cm kruus + 8 cm MSE20	81´920	94´105	33´921
Erastvere – Ridali	83	Rahuldav	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20 20 cm kruus + 8 cm MSE20	87´867	100´053	37´913

Tabeli 1.6 jätk

Objekt	AKÖL (2017)	Seisukord	Katend	EUR/km (koos km)		EUR/km katteta (koos km)
				1x pindamine	2x pindamine	
Kalme – Tammiste	156	Rahuldav	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20 20 cm kruus + 8 cm MSE20	87´037	100´238	36´525
Järiste – Luke	197	Hea	6 cm pos 6 + 8 cm MSE20	85´497	98´699	34´972
Mudiste – Kobruvere	84	Väga halb	6 mc pos 6 + 8 cm MSE20 GTX + 25 cm kruus + MSE	91´702	103´887	44´407
Adavere – Puiatu	84	Väga hea	8 cm MSE20	72´598	86´134	20´593
Vatla – Nehatu	106	Väga hea	8 cm MSE20	56´880	70´082	5´314
Agusalu – Permisküla	109	Väga hea	8 cm MSE20	59´946	75´478	5´888
Keskmine				**89´224**	**98´693**	**39´457**

2 KRUUSATEEDE IRI JA PÕIKKALDE AUTOMAATMÕÕTMISED

2.1 IRI mõõtmised

IRI ja tee põikkalde mõõtmised koos teekatte visuaalse seisukorra jäädvustamisega teostas ERC Konsultatsiooni OÜ kuupäeval 15.05.18 järgmistel teedel (kokku 24.472 km):

- 11117 Valingu – Jõgisoo km 3.6…5.058;
- 14164 Lahavere – Jõeküla km 0.70…5.351;
- 19134 Varbla – Väänja km 1.0…9.943;
- 24111 Tässi tee km 0.0…3.829;
- 24252 Päri – Alustre – Lõmsi km 0.1…5.691.

Mõõtmiseks kasutati seadet Irimeter-2. Mõõteprotokollina esitati suuna 1 ja suuna 2 mõõtmistulemused. Ühe suuna mõõteandmete tabel näeb välja tabelis 2.1 kujutatuna. Joonistel 2.1…2.5 on esitatud iga tee suuna 1 üldise keskmise IRI väärtused, millele on lisatud ka kattega teede „rahuldava" ja „halva" piirväärtused (kui mõõtetulemus ületab joone „rahuldav", on IRI väärtuseks „halb" ja kui „halva" joone, on IRI väärtuseks „väga halb"). IRI on kattega teede puhul iseloomustatud kui (allikast Transpordi arengukava 2014-2020):

- hea (piirid 1.5…2.59): üldiselt tasane teekate, esineb kerget pikisuunalist ebatasasust ning üksikuid põiksuunalisi ebatasasusi, mis üldiselt ei mõjuta sõidumugavust. Lubatud sõidukiirust kerge ületada;
- rahuldav (piirid 2.6…3.59): teekate suhteliselt ebatasane. Esineb üksikuid kergeid heitusid. Sõidukiirus üldiselt lähedal lubatule maksimaalsele sõidukiirusele, sõites on vaja teepinda jälgida;
- halb (piirid 3.6…4.69): teekate on ebatasane, esineb rohkesti kergeid heitusid ja üksikuid suuri heitusid. Sõidukiirus kõigub, sõidutrajektoori tuleb muuta, tuleb keskenduda sõitmisele;
- väga halb (piir ≥ 4.7): teekate on väga ebatasane, rohkesti kergeid ja suuri heitusid. Sõitmine ebamugav, sõidukiirus üldiselt allpool maksimaalselt lubatud piiri. Tuleb mööduda defektidest ja ebatasasustest. Tuleb keskenduda sõitmisele.

Tabel 2.1. IRI mõõtmise protokolli väljavõte

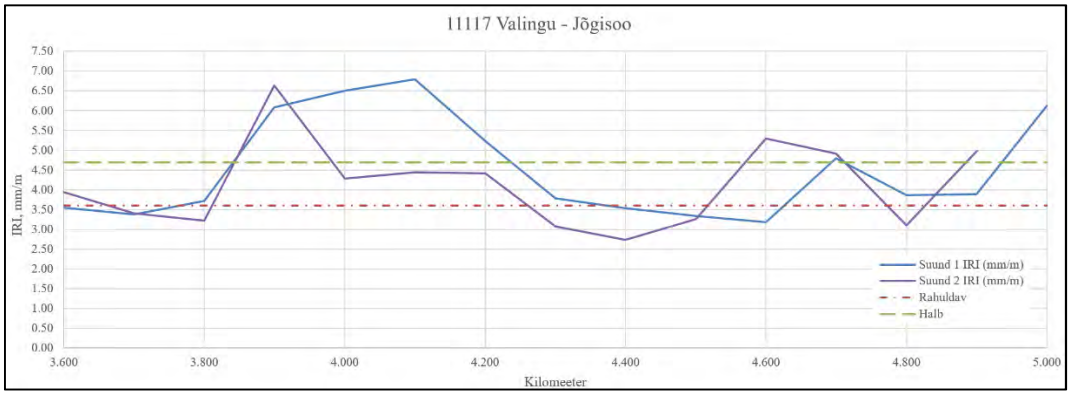
Teekatte tasasuse (IRI) mõõtmine maanteel nr 24152 Päri-Alustre-Lõmsi

Teelõik 24152_1_1_100 - 24152_1_1_5691, km 0.100 - 5.691

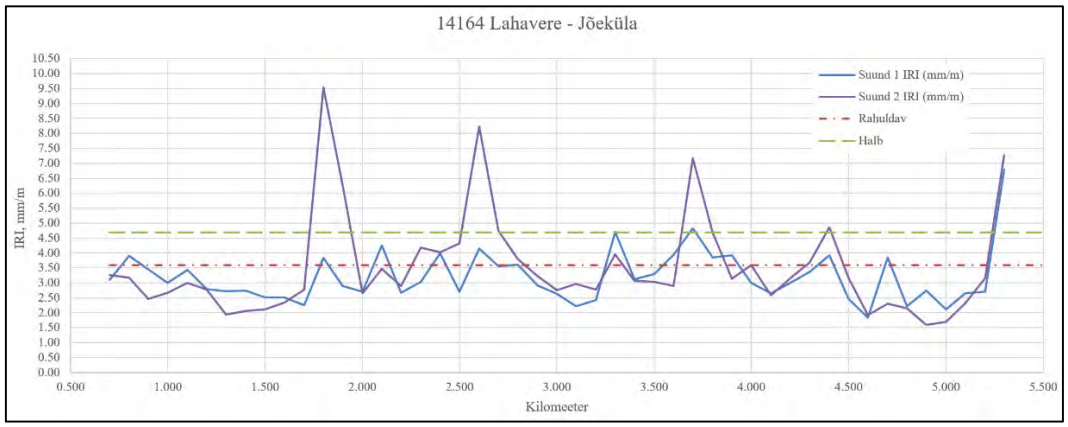
Protokoll nr: IRI/ERC/003-1/2018
Mõõtmiste tellija: Tallinna Tehnikakõrgkool
Mõõtis: ERC Konsultatsiooni OÜ
Mõõtmiseks kasutatud seade: IRIMETER-2 no 0060218
Mõõtmissamm: 100m
Mõõtmiste alguspunkt: kaugus 100 m maantee nr 92 teljelt, kruuskatte algus 140 m
Mõõtmiste lõpp-punkt: teeosa 1 lõpp kaugusel 5691 m
Mõõdetud suund: suund 1
Mõõdetud teelõigu pikkus: 5575 m
Mõõdetud teekate: kruuskate

Mõõtmised on seotud Riikliku teeregistriga

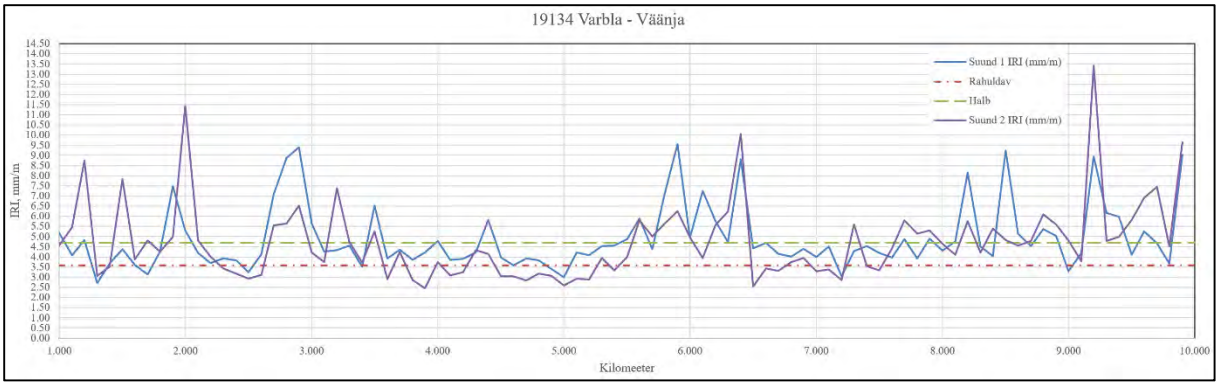
Mnt nr	STEE	TO	Suund	A_kaugus	L_kaugus	Alg_km	Lõpp_km	Pikkus, m	Kuupäev	Kiirus1, km/h	Kiirus2, km/h	IRI, mm/m							GPS	
												IRI_vasak			IRI_parem			üldine		
												mõõt_1	mõõt_2	keskm	mõõt_1	mõõt_2	keskm	keskm	LAT	LON
24152	1	1	1	100	200	0.100	0.200	100	15.05.18	52.7	57.1	4.82	4.93	4.87	5.66	6.63	6.14	5.51	58.347351	25.507234
24152	1	1	1	200	300	0.200	0.300	100	15.05.18	55.8	59.6	3.19	3.34	3.26	2.86	2.86	2.86	3.06	58.347522	25.505562
24152	1	1	1	300	400	0.300	0.400	100	15.05.18	54.6	58.8	3.94	4.23	4.08	3.31	2.75	3.03	3.56	58.347626	25.503872
24152	1	1	1	400	500	0.400	0.500	100	15.05.18	44.0	45.0	5.01	4.88	4.95	6.57	5.44	6.00	5.47	58.347895	25.502405
24152	1	1	1	500	600	0.500	0.600	100	15.05.18	58.1	61.5	4.28	4.12	4.20	4.22	4.08	4.15	4.17	58.348733	25.501997
24152	1	1	1	600	700	0.600	0.700	100	15.05.18	58.7	67.8	4.23	4.31	4.27	4.13	4.26	4.19	4.23	58.349592	25.501521
24152	1	1	1	700	800	0.700	0.800	100	15.05.18	59.0	68.9	4.47	4.49	4.48	3.73	3.71	3.72	4.10	58.350426	25.500889
24152	1	1	1	800	900	0.800	0.900	100	15.05.18	58.5	67.4	5.29	4.94	5.11	4.59	4.68	4.64	4.87	58.351258	25.500245
24152	1	1	1	900	1000	0.900	1.000	100	15.05.18	59.7	69.2	12.02	11.71	11.86	4.14	4.15	4.15	8.00	58.352118	25.499784
24152	1	1	1	1000	1100	1.000	1.100	100	15.05.18	58.0	67.4	4.65	4.99	4.82	3.76	3.71	3.73	4.28	58.353011	25.499618



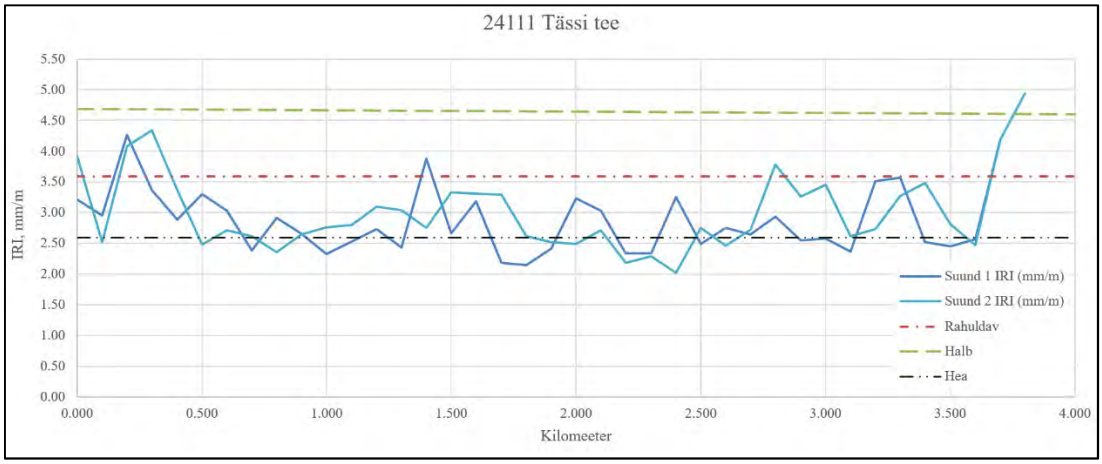
Joonis 2.1. 11117 Valingu – Jõgisoo keskmine IRI (mm/m).



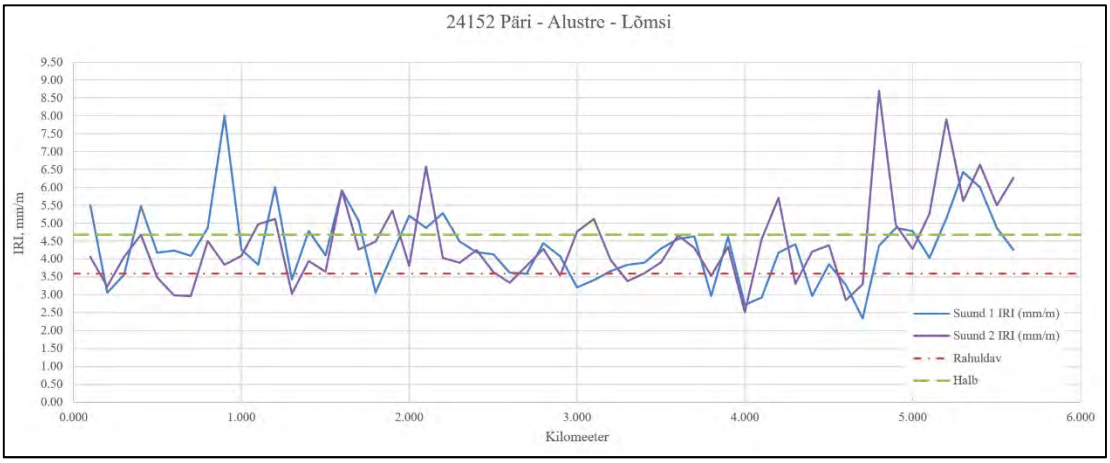
Joonis 2.2. 14164 Lahavere – Jõeküla keskmine IRI (mm/m).



Joonis 2.3. 19134 Varbla – Väänja keskmine IRI (mm/m).



Joonis 2.4. 24111 Tässi tee keskmine IRI (mm/m).



Joonis 2.5. 24152 Päri – Alustre – Lõmsi keskmine IRI (mm/m).

IRI mõõtmise tulemustest nähtub, et valitud teed katavad suure ampluaa ja võimaldavad teha vajalikke järeldusi.

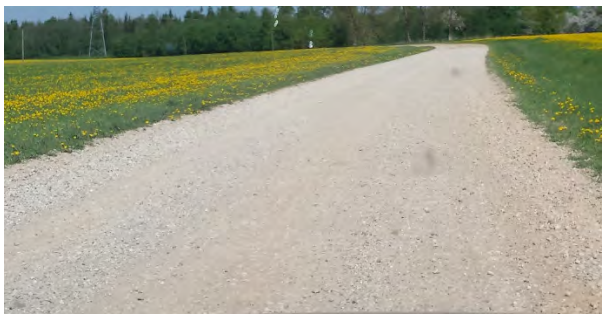
Esiteks paistab silma, et Tässi tee IRI väärtus on märgatavalt parem kui teistel teedel ja võrreldes seda kattega teede väärtustega, saab vaadeldavat kruusateed kirjeldada kui „rahuldav“. Mõõdetud teele oli tehtud tolmutõrje, auke ega „treppi“ ei esine ning sõidujälgedes on lahtist kruusa väga vähe. Mõõtmisaegset teed iseloomustab hästi foto 2.1. Kruusatee sisuliselt ei saa enam olla paremate tasasusnäitajatega, kui oli mõõtmisaegselt Tässi tee. Seega on väga hea tasasusega kruusatee IRI näitaja 3…3.5 mm/m.

Foto 2.1. Tässi teed iseloomustav foto IRI mõõtmisaegselt.

Lõike, mille IRI oli kuni ca 3.5 mm/m esines ka Lahavere – Jõeküla algus- ja lõpuosas ning Valingu – Jõgisoo alguses ja keskel. Nende lõikude visuaalne pilt on esitatud fotodel 2.2 ja 2.3.

Fotod 2.2 ja 2.3. Lahavere – Jõeküla algusosas oli mõningast lahtist kruusa, kuid mitte auke ega „treppi“, mistõttu IRI väärtus jäi alla 3.5 mm/m (tee lõpuosa oli väga sarnase teekattega). Valingu – Jõgisool ei olnud tasastel lõikudel (alguses ja keskel) auke ega pea üldse lahtist kruusa.

Andmete ja tee seisukorra vaatlusest nähtub järgmisena, et nö tüüpilise kruusatee IRI väärtuseks võib lugeda kuni 5.5 mm/m. Taolisel teel on lahtist kruusa, karedam kate ja väiksemaid auke. Selliseks teeks on suurem osa Päri – Alustre – Lõmsist, mida saab iseloomustada kasutades fotot 2.4 või tasasemad lõigud Varbla – Väänjal (foto 2.5), mille teekattel on madalamaid auke.



Fotod 2.4 ja 2.5. Päri – Alustre – Lõmsi teekate on mõnevõrra karedam ja ebatasasem, mida võiks iseloomustada kui „tüüpilist“ kruusateed, millel ei ole suuremaid auke ega „treppi“. Vähem lahtist kruusa, kuid madalate aukudega teekate on Varbla – Väänjal. Fotodel oleva teekatte IRI väärtus on enam-vähem sama ehk vahemikus 5.0…5.5 mm/m.

Kõige ebatasasemad mõõdetud teelõigud esinesid Varbla – Väänjal, kus IRI arv ulatus kuni üle 10 mm/m ja ka mõned lõigud Lahavere - Jõekülal, kus tasasuseks oli kuni ca 9.5 mm/m. Näiteks Valingu – Jõgisool on km 4.04 näha teekattes sirgel lõigul väiksemaid auke (foto 2.6), koha keskmine IRI oli 6.5 mm/m, kuid vasaku ratta IRI väärtus (ratas, mis läbib auke) oli 8.6 mm/m. Varbla – Väänjal esines km 2.8 teekattes „treppi“ (foto 2.7) ja keskmine IRI väärtus oli ca 9.5 mm/m, kuid vasaku ratta IRI väärtus 14.6 mm/m.

Fotod 2.6. ja 2.7. Valingu – Jõgisool ja Varbla – Väänjal saadi augudega ja „treppis“ teekattega kohtades kõrged IRI väärtused (vahemikus ca 9…15 mm/m).

Varbla – Väänjal mõõdeti km 5.9 aukus teekattelt (foto 2.8) IRI väärtuseks ca 12 mm/m (vasak ratas), km 8.6 oli IRI samuti ca 12 mm/m ja teekattes esinesid augud. Km 9.2 on tehtud tolmutõrjet ning teekattes on nähtaval augud (foto 2.9), koha IRI väärtuseks oli kuni 10 mm/m (mõlema ratta keskmine 8.95 mm/m).

Fotod 2.8 ja 2.9. Varbla – Väänja aukudega teekatted, kus IRI väärtused olid mõõdetuna vasaku ratta alt (mis läbis otseselt auke) vahemikus 10…12 mm/m.

Lahavete – Jõekülal puhul saadi kõige kõrgemad IRI väärtused kurvidest, näiteks km 1.8 sisekurvis parema ratta alt 15.17 mm/m (foto 2.10)

Foto 2.10. Aukus kurv Lahavere – Jõekülalt, kus IRI arvuks saadi 15.17 mm/m.

2.1.1 IRI mõõtmiste kokkuvõte

IRI mõõtetulemustest eelpool nimetatud objektidelt saab järeldada, et väga heas seisukorras ja tasase kruusatee IRI väärtus on kuni 3.5 mm/m. Taolisel teel ei ole auke, treppi ega sõidumugavust kuigivõrd häirivat karedust.

„Tüüpilise“ kruusatee, mille kattel on lahtist kruusa ja kerget ebatasasust, kuid mis sõitmist kuigivõrd veel ei sega, on IRI väärtus ca 5.5 mm/m. Sellest halvemas seisukorras tee IRI arv kasvab hüppeliselt, kuna siis on teekattes juba auke ja treppi, mis halvendavad mõõtetulemust järsult. Seega, kui mõõtetulemused on üle 5.5 mm/m, võib planeerida profileerimist, kuna sealt edasi kasvab ebatasasus kiirenevas tempos.

Käesolevas projektis saadi maksimaalseks IRI väärtuseks 17 mm/m (Varbla – Väänja), mis oli seotud sisekurvis olevate aukudega. Aukus ja treppis kohtadest saadi IRI väärtused vahemikus 10…17 mm/m olenevalt augu sügavusest. Kõik nii suured väärtused saadi ühe ratta (kas vasak või parem) mõõtetulemustest, kuid kuna teise ratta IRI oli madalam, siis keskmised väärtused olid samuti väiksemad ulatudes maksumaalselt 9.5…13.5 mm/m. Seega tuleks kruusateede tasasuse puhul vaadata mitte ainult keskmisi väärtusi, vaid ka mõlema ratta (vasak ja parem) tulemusi eraldi (soovitus kehtib Irimeetri kasutamisel). Kui võtta mõlemate rataste keskmised, siis halvas seisus teelõigu (väga tuntavad augud ja/või „trepp“) IRI väärtus ületab 7.5 mm/m.

Eelnevalt toodi välja kolm numbrilist väärtust, mis kirjeldavad Irimeeter-2´ga mõõdetud rattapaari keskmist tasasust:

- väga hea kruusatee tasasus kuni 3.5 mm/m;
- „tavapärase“ kruusatee tasasus kuni 5.5 mm/m;
- halvas seisus kruusateee tasasus ületab 7.5 mm/m.

Tee seisundinõuetes on esitatud kattega tee nõutavad keskmised IRI arvud maanteedel (tabel 2.2), mis on suhteliselt sarnased antud uuringu mõõtmiste põhjal välja toodud väärtustega. Tabelist 2.2 ja kruusateedel tehtud mõõtmistulemustest lähtuvalt võib soovitada, et kruusatee maksimaalseks IRI arvuks võiks olla rattapaari keskmise mõõtmistulemusena kuni 8 mm/m. Tasasuse „hoiatuse“ piiriks võiks lugeda ca 6.0…6.5 mm/m.

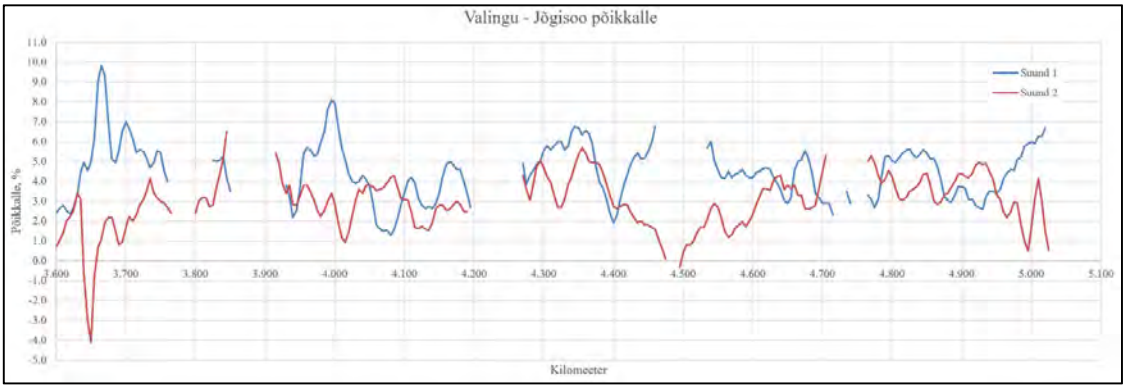
Tabel 2.2. Kattega tee nõutav keskmine IRI arv maanteedel, mm/m

KATTEGA TEE SEISUNDINÕUDED

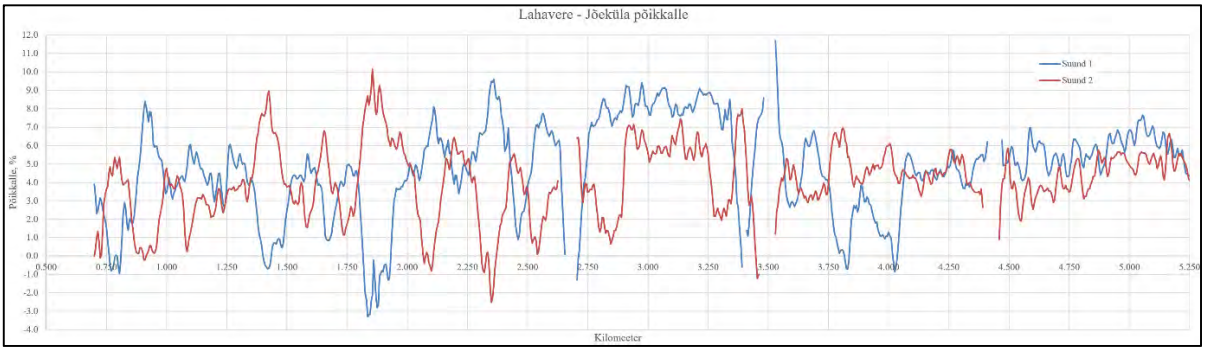
Näitajad	Seisunditaseme nõuded			
	1	2	3	4
SÕIDUTEE KATE				
Nõutav keskmine IRI[1] arv maanteedel, mm/m	10	8	5	3

2.2 Põikkalde mõõtmised

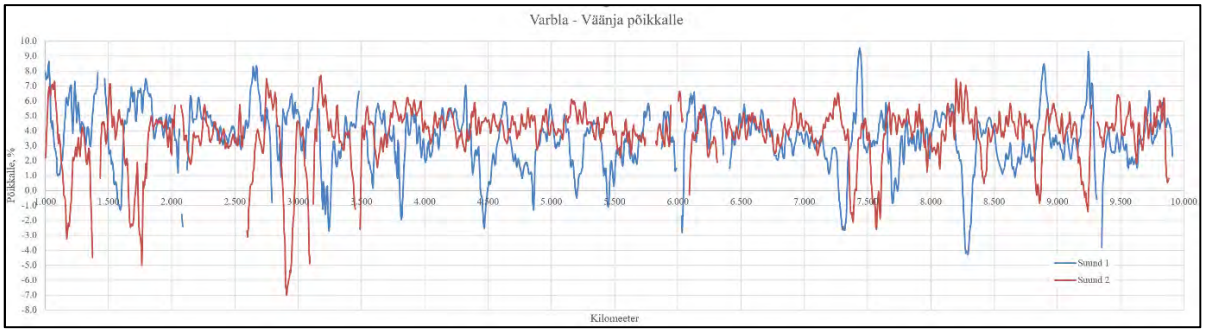
IRI mõõtmistega samaaegselt mõõdeti ka kruusateede põikkalded. Üldiselt ei ole Eestis põikkalde puudusega probleeme, seda võib esineda ainult kohtades, kus on kruusatee remont tegemata, tee on olemasoleva maapinnaga samal tasemel või isegi madalamal ja tee ääres pole kraave, või ka siis, kui kulumiskiht on profiili hööveldamiseks liiga õhuke. Pigem esineb kohti, kus põikkalle on ettenähtust (sirgel teel maksimaalselt 4% ja kurvides 6%) suurem. See tuleb eriti esile kurvides. Liiga suur põikkalle tekitab probleeme libeduse korral, mil on oht, et autod vajuvad aeglase liikumiskiiruse korral kraavi. Seega oleks põikkalde mõõtmised aktuaalsed pigem liiga suurte kui liiga väikeste kallete korral, mis võimaldab planeerida taoliste kohtade materjaliga täitmist kõrvaldamaks potentsiaalsed ohtlikud kohad ajal, mil teekatet katab kiilasjää. Mõõtmistulemuste graafikud on esitatud joonistel 2.6…2.10.



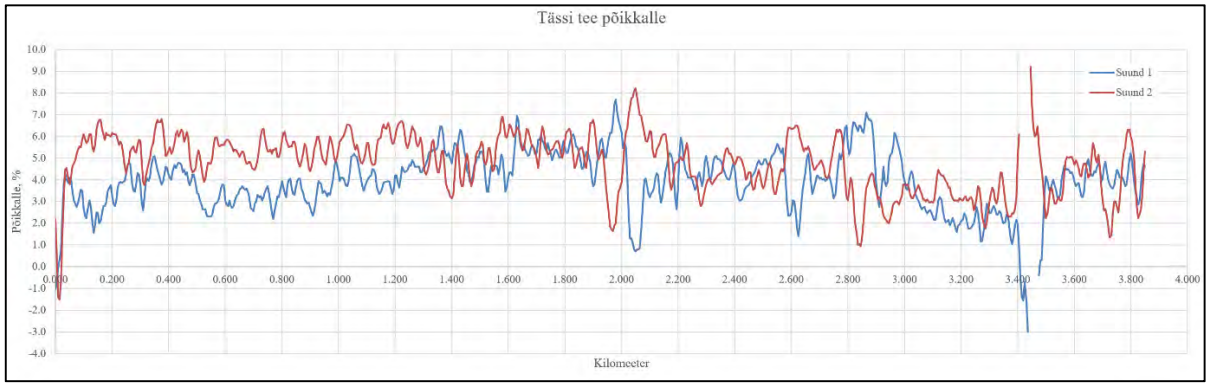
Joonis 2.6. Valingu – Jõgisoo põikkalle



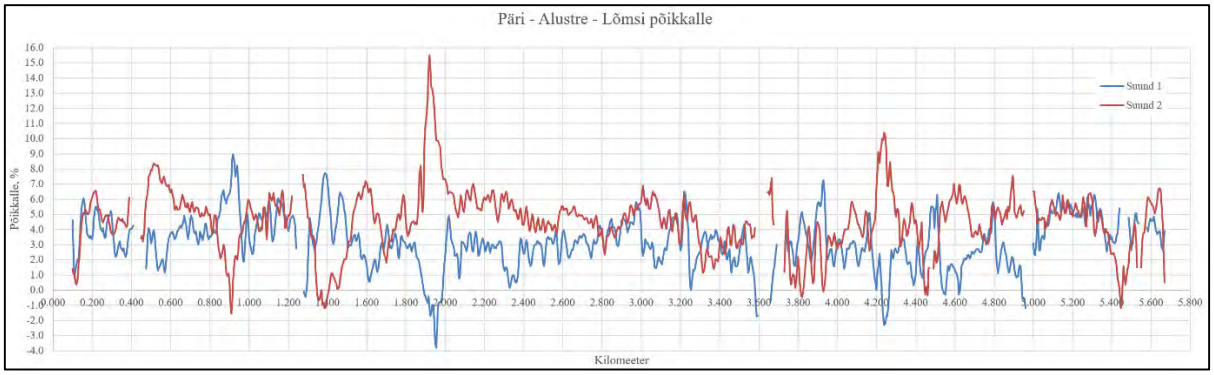
Joonis 2.7. Lahavere – Jõeküla põikkalle



Joonis 2.8. Varbla – Väänja põikkalle.

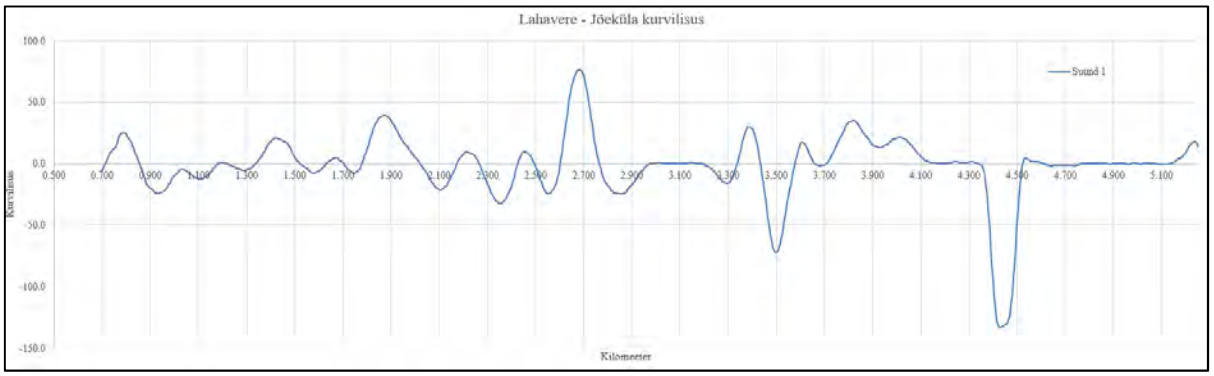


Joonis 2.9. Tässi tee põikkalle.



Joonis 2.10. Päri – Alustre – Lõmsi põikkalle.

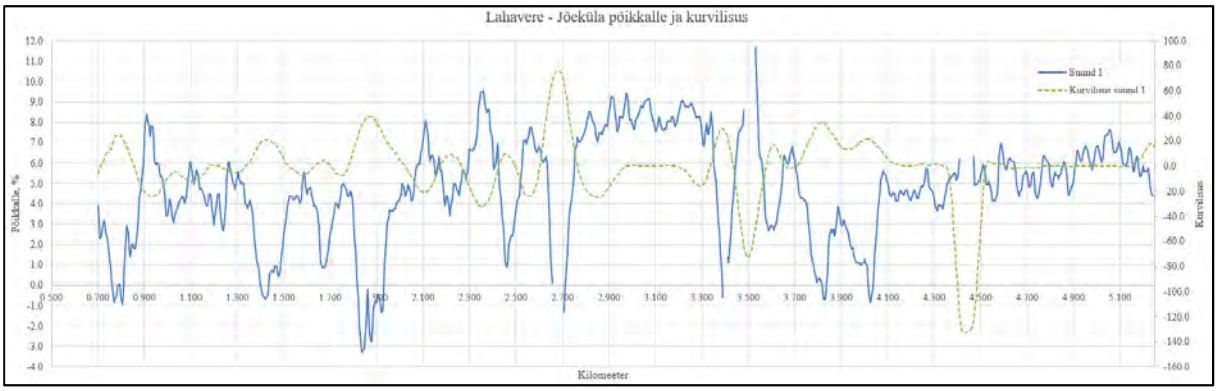
Põikkalde joonistelt nähtub, et väärtused kipuvadki olema palju kõrgemad kui on nõutud piirid. Graafikutelt siiski ei selgu see, kuskohas mõõtmispunkt on – kas sirgel või kurvis, mis on hädavajalik tulemuste hindamiseks. Koos põikkalde mõõtmisandmetega tuli kaasa ka numbrilisel kujul tee kurvilisuse näitja (näiteks joonis 2.11), mis on kurvi raadiuse pöördväärtus (10´000/Raadius, m). Kurvilisuse näitaja efektiivne kasutamine nõuab vilumist, mistõttu oleks põikkalde mõõtmisandmed lihtsamini kasutatavad, kui need asetada kaardile, mida on võimalik teha, kuna igale mõõtmispunktile on olemas GPS koordinaat. Kaardiga seotud andmed võimaldavad anda tee kurvilisusele hõlbsamini hinnangut kui graafiline väljund. Joonisel 2.11 piirkondades km 1.8…2.0 ja km 4.45…4.5 näidatud kurvid näevad teel välja fotodel 2.11 ja 2.12 kujutatult.



Joonis 2.11. Lahavere – Jõeküla kurvilisus.

Fotod 2.11 ja 2.12. Lahavere – Jõeküla kurvid km 1.8…2.0 ja km 4.45…4.5

Asetades põikkalde ja kurvilisuse ühele graafikule, on Lahavere – Jõeküla tulemus sõidusuunas 1 kujutatud joonisel 2.12, mille põhjal on tulemuste hindamine oluliselt hõlbsam võrreldes sellega, kui vaadelda graafikuid eraldiseisvalt.

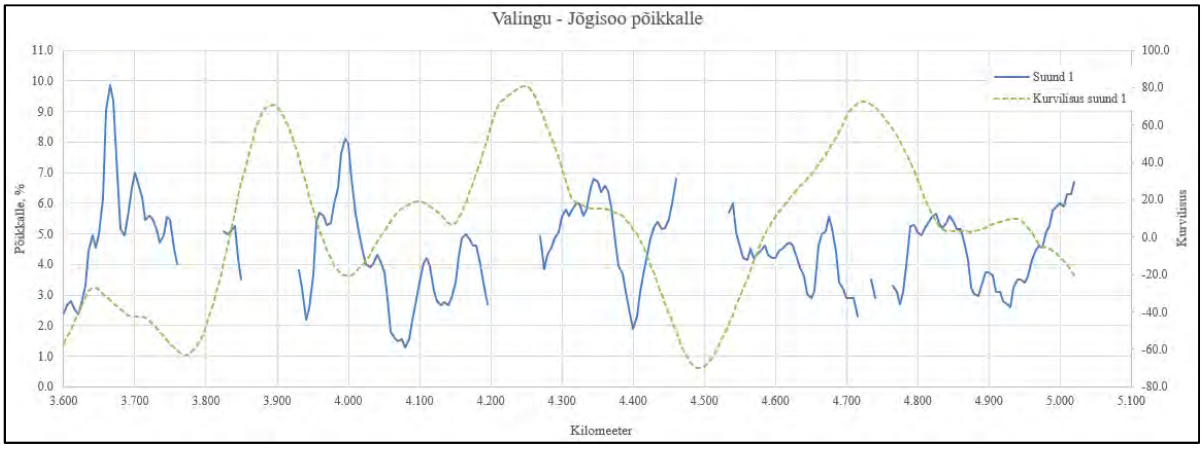


Joonis 2.12. Lahavere – Jõeküla suuna 1 põikkalle ja kurvilisus samal graafikul.

Kohati näivad automaatmõõtmisega saadud põikkalded siiski liiga suured. Kruusateedel käsitsi tehtud pistelised mõõtmised ei näidanud sirgetel nii suuri väärtusi, kui graafikutel nähtavad, eriti näiteks Tässi teel. Kruusateede sirged osad hööveldatakse tavapäraselt profiili vahemikus 3…4%, mida näitas ka pisteline käsitsi kaldelatiga mõõtmine. Automaatmõõtmisel saadi tulemused sirgetel isegi kuni 9% (nt jooniselt 2.12 km 3.0), mis ei ole usutav. Seega vajab mõõtmismeetod veel ülevaatust. 100 m keskmise põikkalde ja kurvilisuse tulemused olid esitatud 5 m sammuga, aga ilmselt tasuks analüüsis proovida erineva sammuga andmeid, 5 m mõõtesamm võib olla liiga lühike.

Osad graafikud on ka katkendlikud (eriti Valingu – Jõgisoo) ehk mõõtmisandmed ei ole jooksnud pidevalt, probleemiks näib olevat kurvide kohad, kus põikkalded on väga suured (joonis 2.13). Nähtus on seotud seadme omadustega, kuna, mida järsem kurv, seda väiksema kiirusega peaks seda mõõtmiste ajal läbima (näiteks kurvi R = 200 m puhul on max kiirus 50 km/h). Kui sõita liiga kiiresti, siis seade ei suuda andmeid enam töödelda ja lõpetab ka nende registreerimise. Teisalt, kui samaaegselt mõõta ka IRI-arvu, siis ka sellel on omad piirid kiiruse osas. Tehtud mõõtmiste kiiruse osas lähtuti IRI mõõtmise nõudest, mistõttu on kalded/kurvid lünklikud.

Põikkalde automaatmõõtmine kruusateedel vajab seega veel võrdlemist, kalibreerimist ja testimist. Kurvilisuse näitaja on väga kasulik lisa põikkalde andmete analüüsimiseks, kuid selle kasutamine nõuab vilumust. Parema ülevaate andmiseks oleks kasulik, kui põikkalle oleks kantud kaardile (mida on võimalik teha, kuna igale mõõtepunktile on olemas GPS koordinaat) ja erinevad põikkalde vahemikud oleks tähistatud värviga. Sellega seoses vajavad siiski lahendamist viraažid ja nende üleminekukohad, kus põikkalle on kas vastupidises suunas või liiga väike.



Joonis 2.13. Valingu – Jõgisoo põikkalded ja tee kurvilisus graafikul. Põikkalde graafiku katkemine toimub just kurvides, kuna IRI mõõtmiseks kasutatav kiirus oli põikkalde mõõteseadme jaoks liiga kiire.

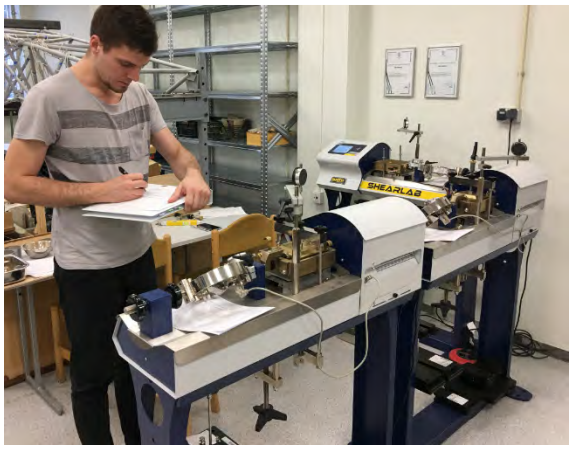
Antud peatüki põhjal saab öelda, et kruusateede IRI mõõtmine on sisuliselt valmis lahendus, mis võimaldab õigeaegselt planeerida tee hööveldamisi tagades nii maaelanikele paremad teekasutamise tingimused. Kruusatee IRI suured kõikumised viitavad ka puudustele kulumiskihi terakoostises, mis võimaldab planeerida vastavaid remonditegevusi.

Kruusateede põikkalde mõõtmised vajavad veel ülevaatust ja võrdlusmõõtmisi, kuna kõik mõõtmistulemused ei näi olevad korrektsed. Väga kasulikud on andmed kurvilisusest, kuid tulemuste efektiivne kasutamine nõuab vilumust.

3 MULLA KATSETAMISED

Muld on eriti madalamaklassilistel teedel aktuaalne probleem, kuna teedel tehtavate ehitusgeoloogiliste uuringute aruandes ei anta sellele reeglina muid parameetreid kui vaid kihi asetsus ja paksus (näiteks tabel 1.3). Katendiarvutusprogramm KAP „mulda“ ei sisalda ning seda ei tohiks üldse olla teekonstruktsioonide aktiivtsoonis (teekatte pinnast kuni 1.5 m sügavuseni). Kuna mullakihti arvutada ei saa ja aktiivtsoonis seda olla ei tohi, tuleks kiht justkui igal juhul eemaldada. Kuna väljakaeve on kulukas, siis eriti madalamaklassiliste teede puhul rahaliste vahendite piirangute tõttu kihi eemaldamine ei ole võimalik. Alternatiiviks võiks olla „igaks-juhuks“ geovõrgu kasutamine kohtades, kus esineb ehitusgeoloogilise aruande järgi muld, kuid kuna pea kõikjal kruusateede katendite all vaatluse all olev kiht esineb, siis peaks ka geovõrku planeerima kõikjale, mis ei ole samuti rahaliste vahendite piiratuse tõttu võimalik. Seega peab mullakiht jääma alles, mistõttu tuleb leida viisid sellega arvestamiseks.

Uuringus [1] leiti, et mullakihi olemasolu ei halvenda tingimata kruusatee toimivust. Sama järelduse saab teha ka käesoleva uuringu enamike teede osas. Saamaks rohkem infot „mullakihtide“ kohta, viidi Tallinna Tehnikakõrgkooli geotehnikalaboris läbi vastav uuringuprogramm, mille keskmes olid nihkekatsed tasapinnalise nihkeseadmega (fotod 3.1 ja 3.2).



Fotod 3.1 ja 3.2. Tallinna Tehnikakõrgkooli nihkeseadmed, fotodel kujutatult on toimumas nihkekatsed ning protokolli kirjutatakse üles mõõtekellade lugemeid.

Katsetamiseks valiti järgmised proovid järgmistest asukohtadest:

- proov nr 1: kruus, 24167 Heimtali – Uue-Kariste – Abja-Paluoja PA 3-2, proov nr 6 (kandevõime teekattelt 53 MPa);
- proov nr 2: kruusliiv, 18120 Kanepi – Varbuse PA 11-2, proov nr 74+79 (kandevõime teekattelt 151 + 37 MPa).
- proov nr 3: liiv, 18109 Veriora – Soohara PA 6-2, proov 36 (kandevõime teekattelt 68 MPa);
- proov nr 4: tolmliiv, 13158 Agusalu – Permisküla PA 29-2, proov 42 (kandevõime teekattelt 200 MPa);
- proov nr 5: orgaanikaga tolmliiv, 13158 Agusalu – Permisküla PA 29-4, proov 46 (kandevõime teekattelt 89 MPa);
- proov nr 6: muld, 24167 Heimtali – Uue-Kariste – Abja-Paluoja PA 3-4, proov 10 (kandevõime teekattelt 23 MPa);

- proov nr 7: muld, 18109 Veriora – Soohara PA 6-2, proov 37 (kandevõime teekattelt 68 MPa);
- proov nr 8: muld, 18125 Erastvere – Ridali PA 13-4, proov 67 (kandevõime teekattelt 49 MPa);
- proov nr 9: muld, 22171 Kalme – Tammiste – Teedla PA 14-3, proov 10 (kandevõime teekattelt 40 MPa).

Vaadeldud materjalidele tehtud katsed:

- terastikuline koostis vastavalt EVS-EN ISO 17892-4:2016 (KLABis);
- orgaanilise aine sisaldus vastavalt EVS-EN 1997-1:2003 (KLABis);
- maksimaalse kuivtiheduse ja optimaalse veesisalduse määramine vastavalt EVS-EN 13286-2:2010 (Tallinna Tehnikakõrgkoolis);
- nihketugevuse, sisehõõrdenurga ja nidususe määramine vastavalt EVS-EN ISO 17892-10:2018 (Tallinna Tehnikakõrgkoolis).

Kõik katseandmed on esitatud lisas 2, kus sisalduvad kõik üksikkatsete (paralleelkatsete) tulemused koos mahumasside ja katse käigu parameetritega. Materjalide koondandmed on esitatud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Kokkuvõtlikud andmed katsetatud proovidest.

Proovi	Esialgne	PA	Proov	Pinnas		C_u	Põletuskadu			Nihketugevus			Org. aine	Opt. Vesi	Max. tihedus
nr.	nimetus	nr.	nr.	EVS 1997-1:2003	<0,063	d_{60} / d_{10}	%	φ	C	100 kPa	200 kPa	300 kPa	EVS 1997-1:2003 tab.1.4	%	Mg/m3
1	kruus	3-2	6	kruusaga savikas keskliiv	10.9	38.6	-	36.9	6.2	82.5	153.5	232.5	-	6.9	2.13
1	*" < 2 mm*	*"*	*"*	*savine keskliiv (< 2 mm)*	*19.3*		-						-		
2	kruusliiv	11-2	74+79	rohke kruusaga möllikas keskliiv	10.5	42.0	-	40.0	12.0	90.0	192.0	258.0	-	-	-
2	kruusliiv	"	"	mölline keskliiv	17.8		-						-	-	-
3	liiv	6-2	36	savikas peenliiv	8.6	3.8	-	40.4	16.3	96.0	197.0	266.0	-	-	1.85
4	tolmliiv	29-2	42	peenliiv	1.3	2.0	-	35.8	14.7	82.0	168.0	226.0	-	12.8	1.65
5	org.tolmliiv	29-4	46	möllikas peenliiv	8.8	2.6	1.9	35.7	7.6	77.7	154.7	221.3	vähene	11.4	1.79
6	muld1	3-4	10	rohke liivaga savimöll	46.0	34.4	4.9	33.9	7.0	73.3	143.0	207.7	keskmine	17.4	1.71
7	muld2	6-2	37	rohke liivaga jämemöll	57.9	17.0	3.5	34.2	18.0	83.5	159.0	219.5	keskmine	17.5	1.71
8	muld3	13-4	67	rohke liivaga jämemöll	43.4	24.5	2.3	36.3	0.0	70.0	151.5	217.0	keskmine	11.1	1.92
9	muld4	14-3	10	kruusaga mölline peenliiv	36.9	3.0	2.3	35.4	6.0	74.0	154.0	216.0	keskmine	-	-
9	*" < 2 mm*	*"*	*"*	*rohke liivaga savimöll*	*42.3*										

Andmetest nähtub esiteks, et vaadeldud „muld“ on keskmise orgaanilise aine sisaldusega enamasti möllpinnas (peenpinnas). Terastikulise koostise alusel liigituvad „mullad“ Elastsete teekatendite juhendi 2001-52 alusel järgnevalt:

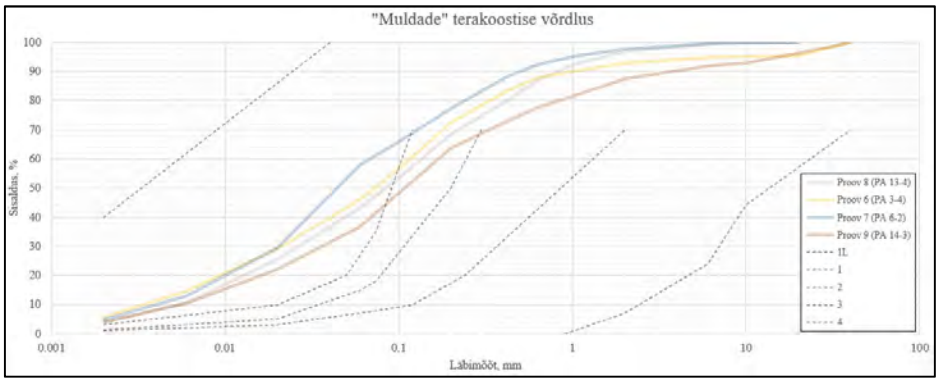
- proov nr 6 (rohke liivaga savimöll, saclSi): kerge liivsavi, C_1;
- proov nr 7 (rohke liivaga jämemöll, saSi): raske tolmne liivsavi, D_1;
- proov nr 8 (rohke liivaga jämemöll, saSi): kerge liivsavi, C_1;
- proov nr 9 (kruusaga mölline peenliiv, grsiSa): tolmne saviliiv, D_1.

Vastavalt juhendi 2001-52 L1.T5 on pinnase C_1 sisehõõrdenurk olenevalt arvutuslikust niiskusest vahemikus 9…32º ja nidusus vahemikus 4…45 kPa ning pinnase D_1 puhul sama. Käesolevas uuringus saadi nende maksimaalseteks sishõõrdenurkadeks suuremad väärtused jäädes vahemikku 33.9…36.3º ja nidusused 6…18 kPa. Ei ole täpselt teada kuidas ja mis tingimustel on juhendis 2001-52 esitatud tugevusparameetrid saadud, mistõttu on raske teha võrdlusi. Ei ole ka välistatud, et käesolevas uuringus oleks mõõtetulemustes vigu, kuigi kõik pinnased katsetati läbi kahe või kolme paralleeliga ning korratavus vastab standardis nõutud piiridele, mistõttu ei ole see tõenäoline. „Muldadega“ tehtud katsete puhul toimusid vertikaalkoormuse rakendamisel väga suured vajumid ehk proovikehad konsolideerusid ja tihenesid. Teatavasti on pinnase tihedus üks sisehõõrdenurga suurimaid mõjutajaid.

Teisalt toetavad kandevõimemõõtmised ja teedele tehtud katendiarvutused nihkeaparaadiga saadud mõõtetulemisi. Enamasti saadi katendiarvutuses pinnaste C või D kasutamisel liiga madalad arvutuslikud kandevõimed, mida ei toetanud objektil mõõtmistega saadud tulemused ja seega pidi katendiarvutuses kasutama tugevamate pinnaste näitajaid. Oli ka vastupidiseid

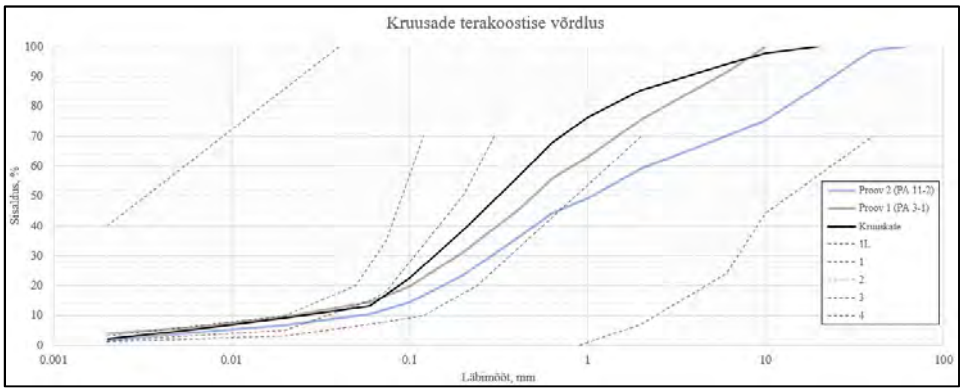
näiteid, kuid need olid seotud kruusatees sisalduva kruuspinnase üleniiskumisega. Nimelt on optimaalse kruusasegu optimaalne veesisaldus ca 7% (proov nr 1), mille ületamisel materjal pehmeneb. 7% veesisaldus ei ole kuigi kõrge ja taoline niiskussisaldus saavutatakse kevadel tee sulamisel kiiresti.

Tehes mullaproovide omavahelist suhtelist võrdlust nähtub, et orgaanilise aine sisaldus avaldab tulemustele negatiivset mõju, kuid see on vähene (kõige kõrgema orgaanikasisaldusega materjalil, proovil nr 6, on madalaim tugevus, kuid mitte märkimisväärselt), mis on ka põhjendatav, kuna põletuskaod on siiski suhteliselt madalad. Joonisel 3.1 on esitatud katsetatud „muldade“ lõimised, millelt nähtub, et kõik proovid on üksteisega võrreldes väga sarnased. Orgaanika sisaldus mõjutab erineva kirjanduse põhjal sisehõõrdenurka 2-4 kraadi, kuid näiteks lõimisetegur ja tihedus võivad seda mõjutada oluliselt rohkem. Teede kontekstis on taoliste pinnaste peamiseks negatiivseks mõjuks see, et tegemist on nidusate pinnastega, mistõttu dünaamilise koormuse tagajärjel pooriveerõhk tõuseb ning selle hajumine on aeglane, mis põhjustab pinnases märkimisväärset tugevuse vähenemist. Teiseks negatiivseks mõjuks on nende pinnaste väga suur külmaohtlikkus.



Joonis 3.1. „Muldade“ terastikuliste koostiste võrdlused (taustal olevad katkendjooned kujutavad pinnase külmakerkepiire vastavalt ISSMFE-TC 8, 1989).

Vaadeldavate pinnaste hulgas oli ka kaks kruusa (joonis 3.2, millel on võrdluseks esitatud kruusatee kulumiskihi terakoostis), kuid nihkeseadmes katsetati vaid seda osa kruusaproovidest, mille terasuurus jäi alla 4 mm. Ka kruusakatsete puhul kehtib sisuliselt sama järeldus, mis „muldade“ osas ehk kruusad on külmakerkelised ja väga tundlikud liigniiskusele.

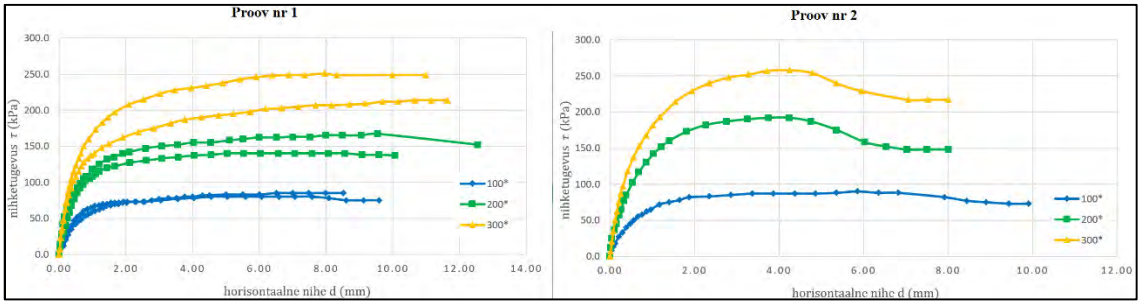


Joonis 3.2. Vaadeldud kruusaproovide tarastikulised koostised

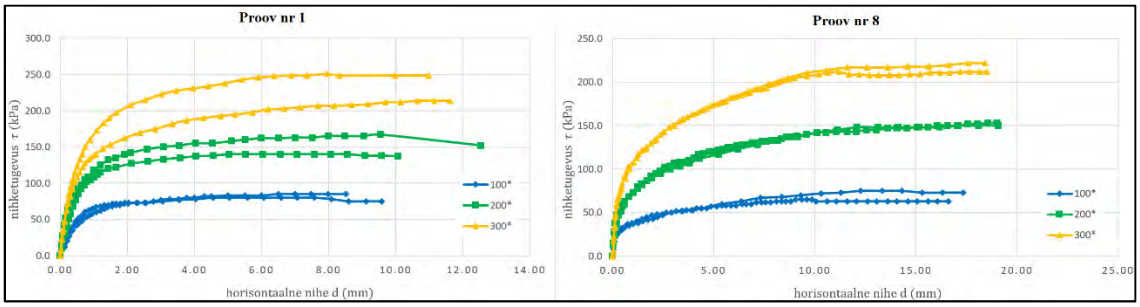
Kui võrrelda proove nr 1 ja nr 8 omavahel nähtub, et nende sisehõõrdenurk on sisuliselt sama, kuid proovil nr 2 on see oluliselt kõrgem. Näiliselt peaks proov nr 1 ja nr 2 olemaa sarnasemad ja nr 8 peaks olema nendest nõrgem. Seda on võimalik selgitada, kui vaadata täpsemalt katse käike. Kuigi proovid nr 1 ja 2 on näiliselt suhteliselt sarnased, siis katse käigus on need käitunud oluliselt erinevalt. Joonisel 3.3 on esitatud võrdlus proovide 1 ja 2 nihe vs nihketugevus. Proovil nr 2 eristub selgelt „peak strenght“ (see eristub ka teistel liivaproovidel, proovid nr 3, 4 ja 5), kuid proov nr 1 käitub erinevalt. Järelikult pidi kas proovi nr 1 tihedus olema madalam, mis

põhjustab ka väiksemat sisehõõrdenurka või on selle peenosise kvaliteet nõrgem ja pinnas on nidusam, mis, arvestades teiste proovide näitajaid, on tõenäolisem.

Proovi nr 1 nihkegraafik sarnaneb kujult prooviga nr 8, kuid viimane erineb sellepoolest, et nihke pikkus on olnud oluliselt pikem, teisisõnu nihkeseade on nihutanud katsekeha oluliselt suuremate deformatsioonideni (joonis 3.3) saavutades seejärel tabelis 3.1 esitatud tugevusnäitajad. See on ka põhjus, miks „muldade“ sisehõõrdenurk on võrreldav proovi 1 tulemusega, kuid tegelikkuses käituvad proov nr 1 ja nr 8 koormuse all teisiti – viimane deformeerub oluliselt rohkem.

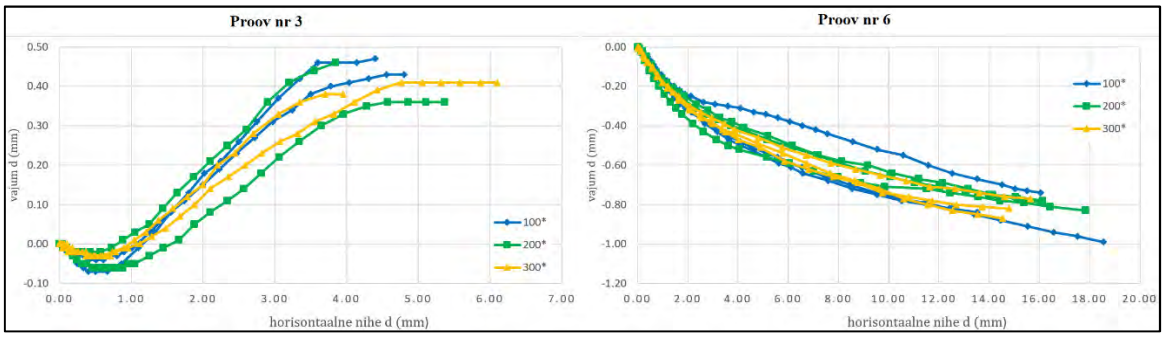


Joonis 3.2. Proovide 1 ja 2 nihe vs nihketugevus.



Joonis 3.3. Proovide 1 ja 8 nihe vs nihketugevus.

Võrreldes täiendavalt detailsemaid katseandmete käike, nähtub põhimõtteline erinevus graafikult, millel on omavahel seotud nihketugevus ja vajum (joonis 3.4). Ka see võimaldab anda täiendavat selgitust proovide 1 ja 2 erinevusele ning kinnitab seda, et esimese peenosise kvaliteet on nõrgem sisaldades rohkem savi ja pinnas on nidusam. Nimelt proovil nr 2 ja ka teistel liivaproovidel (proovid nr 3, 4 ja 5) läheb vajumise graafik horisontaalnihke (võib öelda ka, et nihketugevuse) kasvades positiivse poole peale, mis põhjustab lõpuks ka nihketugevuse vähenemist. Seda nähtust nimetatakse dilatatsiooniks, mil pinnaseterad ei ole suutelised enam ümber paigutuma, mistõttu kuhjuvad või rulluvad need üksteise peale nihutades nihkekarbi kaant ülespoole. „Mulla“ proovid ja ka proov nr 1 (ehk kruusatee kattekihi kruus) nihketugevuse kasvades vajuvad, teisisõnu pinnas tiheneb, mis on nidusate pinnaste puhul tavapärane nähtus.



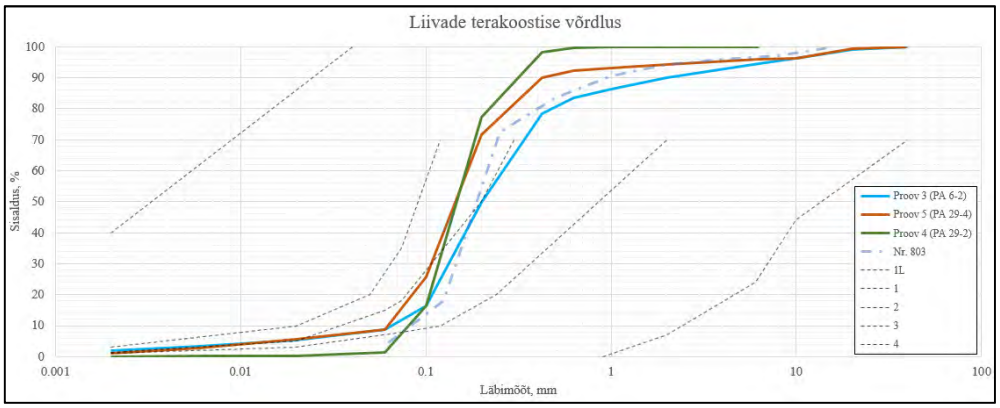
Joonis 3.4. Proovide 3 ja 6 nihketugevus vs vajum.

Liivaproovidel nr 2…5 puhul joonistub nihketugevuse graafikult selgelt välja „peak strengt“ ehk nihketugevus teatud horisontaalnihkeni kasvab, peale mida toimub nihketugevuse vähenemine seoses deformatsioonide kasvamisega. Ülejäänud proovidel (nidusatel pinnastel) toimub horisontaalnihke kasvades pidevalt nihketugevuse suurenemine, mida põhjustab pinnase tihenemine. Kõikide vaadeldud pinnaste nihketugevust võiks vaadelda ka fikseeritud horisontaalpaigutise juures arvestades, et teekatendis või selle all olev pinnas ei tohi kuigi palju deformeeruda, vastasel juhul tekivad püsivad deformatsioonid. Kõige kõrgem sisehõõrdenurk saadi proovile nr 3 horisontaalpaigutise veidi üle 2 mm juures. Võttes lihtsustamise mõttes aluseks horisontaalpaigutise 2 mm ehk seades kõik uuritud pinnased deformatsiooni mõttes samale alusele, saadakse tabelis 3.2 esitatud sisehõõrdenurga ja nidususe väärtused. Fikseerides horisontaalpaigutise väikse deformatsiooni juurde langevad „muldade“ ja proovi nr 1 sisehõõrdenurgad oluliselt olles nüüd sarnasemad Elastsete teekatendite projekteerimise juhendis toodud väärtustega.

Tabel 3.2. Maksimaalsed mõõdetud ssisehõõrdenurgad ja nidusused võrreldes tulemustega 2 mm horisontaalpaigutise juures.

Proov	**Maksimaalne**		**2 mm horisontaalpaigutise juures**	
	φ⁰	**c, kPa**	**φ⁰**	**c, kPa**
Nr 1	36.9	6.2	29.4	17.7
Nr 2	40.0	12.0	36.7	14.7
Nr 3	40.4	16.3	39.4	15.7
Nr 4	35.8	14.7	33.2	18.7
Nr 5	35.7	7.6	32.8	13.6
Nr 6	33.9	7.0	22.6	8.4
Nr 7	34.2	18.0	25.6	25.2
Nr 8	36.3	0	23.5	2.7
Nr 9	35.4	6.0	22.4	7.0

Jonisel 3.5 on esitatud liivade (proovid 3, 4 ja 5) terakoostised ning võrdlusena uuringus [3] olnud peenliivaproovi (proov nr 803), millele määrati tugevusparameetrid kasutades kolmetelgset aparaati nii Tampere Tehnikaülikoolis (TTY) kui Eesti Keskkonnauuringute Keskuses (KLAB). Liivade proovid on suhteliselt sarnased, kuid siiski mitte identsed. Uuringu [3] proovi 803 ja käesoleva uuringu proovi nr 3 tulemused on esitatud tabelis 3.2.



Joonis 3.5. Liivade terastikulised koostised.

Käesoleva uuringu liivaproovite tulemustest nähtub esiteks, kõige suurem sisehõõrdenurk (ja ka nidusus) on proovil nr 3, mis on proovidest kõige jämedateralisem ning mida on sobilik võrrelda uuringu [3] prooviga nr 803. Teiseks, kui võrrelda proove nr 4 ja nr 5, millest viimane sisaldab 1.9% orgaanikat, siis erinevust peaaegu et ei olegi – nende nihketugevused on väga sarnased ehk nii vähene orgaanikasisaldus mõjutab tulemusi minimaalselt.

Kolmandaks nähtub tabelis 3.3, et käesolevas uuringus nihkeaparaadiga nihkekarpide abil määratud sisehõõrdenurk, nidusus ja nihketugevused on väga lähedased TTYs kolmetelgse aparaadiga proovile nr 803 määratud tulemustele („peak strenght“), mis kinnitab, et TTKs on katsed tehtud korrektselt ja tulemused on adekvaatsed.

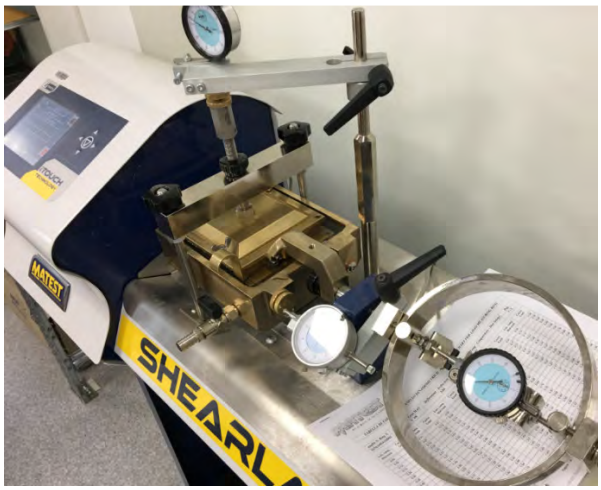
Tabel 3.3. Proovi nr 3 võrdlus uuringus [3] sarnase liivaga saadud tulemustega

Katsetamise koht*	**φ**	**c**	**Nihketugevus, τ (näidatud vertikaalpinge puhul)**		
			100 kPa	**200 kPa**	**300 kPa**
Proov nr 3 (TTK)	40.4º	16.3 kPa	96 kPa	197 kPa	266 kPa
TTY „peak strenght“	40.2º	8.5 kPa	93 kPa	177 kPa	262 kPa
TTY „residual strenght“	34.5º	5.6 kPa	73 kPa	143 kPa	212 kPa
KLAB „residual strenght“	32.4º	0.4 kPa	64 kPa	127 kPa	191 kPa

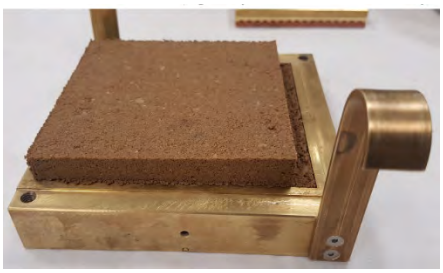
*Märkus: KLABis tehti nihketugevuse mõõtmised kuni 2 mm teraga materjalile, TTYs täislõimisele ja TTKs kuni 4 mm teraga.

Katsetamise mõningaid etappe Tallinna Tehnikakõrgkooli geotehnikalaboris on kujutatud fotodel 3.3…3.10 (autoriks Kaarel Ilustrumm).

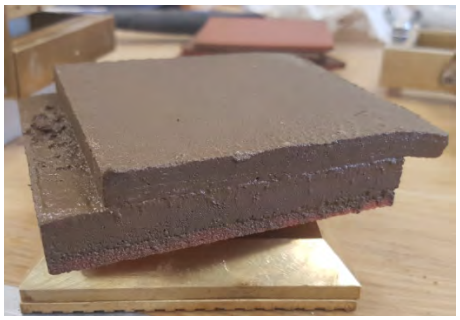
Fotod 3.3 ja 3.4. Kõik katsetatud proovid.



Fotod 3.5 ja 3.6. Katsetatava materjali paigaldamine nihkekarpi ning katse läbiviimine.



Fotod 3.7 ja 3.8. Liivaproov pärast katset.



Fotod 3.9 ja 3.10. Mullaproov pärast katset.

Kokkuvõte

„Mulla“ osas tuleks ehitusgeoloogiliste uuringute raames läheneda samamoodi kui muudele pinnastele ehk tuleb määrata nende lõimis ja sellest tulenevalt pinnase nimetus/liik, mis võimaldab teha katendiarvutuse. Lisaks tuleks määrata orgaanilise aine sisaldus. Ehitusgeoloogilistel tulpadel olev nimetus „muld“ on mittemidagiütlev tekitades projekteerijatele ja tellijatele raskusi, kuna ei teata, mis omadustega materjal võiks olla.

Käesolevas uuringus oli vaatluse all neljalt erinevalt objektilt neljast erinevast Eestimaa kohast võetud mullaproovid, mille puhul leiti, et need on üksteisega suhteliselt sarnased liigitudes pinnaseks kas C või D lähtudes Elastsete teekatendite projekteerimise juhendist. Kuna need pinnased on reeglina otse suhteliselt õhukese katendikihi all, siis katendiarvutuslikult nõuaks selline olukord üpriski paksude uute katendikihtide paigaldamist. Nagu kandevõimemõõtmised, teede tegelik seisukord ja ka käesolevas peatükis kajastatud pinnaste nihketugevuse tulemused näitasid, siis mullakihi eemaldamine madala liiklussagedusega (kruusa)teede alt ei ole vajalik, kuna enamasti on konstruktsioonil vajalik tugevus olemas. Tuleb siiski arvestada, et mullaks liigitletud pinnased on reeglina saviliivad, liivsavid vms, mis on tugevalt niiskustundlikud materjalid olles samaaegselt nii külmakerkelised kui tundlikud dünaamilisele koormusele, kuid see oleneb ümbritseva keskkonna niiskustingimustest.

Katsetatud kruusasegu (proov 1) näitab veelkord, et kruuskatete ehitamiseks kasutatav optimaalne kruusasegu ei ole sobilik alustesse ning et kruusateede (eriti probleemsemate lõikude või ka sisekurvide täitmiseks) uuendamisel peaks kasutama vähema peenosisesisaldusega materjali ehk tekitama aluse, mille peale paigaldatakse kate. Optimaalsed kruusasegud (pos 6 ja 5) sobivad vaid kulumiskihtide ehitamiseks. See on ka põhjus, miks mõningate teede puhul nähti nii uuringus [1] kui käesolevalt olenevalt tee seisukorrast olemasoleva kruusa terakoostise muutmist vähendamaks peenosiste protsentuaalset hulka.

Täiendavalt saab öelda, et Tallinna Tehnikakõrgkooli laboris on võimalik edukalt läbi viia järgmisi geotehnilisi pinnasekatsetusi, kuid vajadusel on võimalik katsete hulka laiendada:

- täislõimis (sh ka saviosakesed);
- mahumass;
- veesisaldus;
- orgaanikasisaldus põletuskao meetodil;
- plastsus- ja voolavuspiir;

- maksimaalne tihedus ja optimaalne veesisaldus Proctorteimiga;
- pinnaste nihketugevus (nihketeim) tasapinnalise nihkeseadmega;
- pinnaste jäikusparameetrid (kompressiooniteim) ödomeetriga;

4 GEOPOLÜMEERIST

Geopolümeeri mõiste tuli esmakordselt välja aastal 1970 Prantsuse keemik Joseph Davidovitsi poolt. Geopolümeerid on klass anorgaanilisi polümeere, mis on harilikult sünteesitud leeliselise lahuse ja alumosilikaadi allika vahelisel reaktsioonil. Sõltuvalt tooraine valikust ja töötlemise tingimustest, võib geopolümeeridel olla mitmesuguseid omadusi ja tunnuseid, sealhulgas suur survetugevus, vähene kokkutõmbumine, kiire või aeglane settimine, hea vastupidavus hapetele, tulekindlus ja väike soojusjuhtivus. [4]

Leeliselises keskkonnas moodustub alumosilikaatidest amorfse 3-dimentsionaalse struktuuriga kivistunud materjal. Erinevalt alumosiklikaatsest klaasist, toimub polümeriseerumine madalatel temperatuuridel ning protsesse käigus moodustub aines lisatugevust tagav sisemine karkass. Geopolümeerseid materjale on oma omaduste tõttu kutsutud ka madalatemperatuurilisteks alumosilikaatseteks klaasideks, anorgaanilisteks polümeerseteks betoonideks ja hüdrokeraamikaks. [4 ja 5]

Geopolümeeride valmistamiseks on vajalikud reaktandid. Reaktandid on leelismetallide hüdroksiidid või silikaadi lahused, antud protsesse puhul keemiliseks aktivaatorid ning tahke alumosilikaadi allikad. Tahke alumosilikaat peab sisaldama kindlas proportsioonis räni (Si) ühendeid ja alumiiniumi (Al) ioone amorfsetes faasides. Kõige tavalisem aktivaator on segu veest, naatriumhüdroksiidist ja naatriumsilikaadist, kuid saab kasutada ka teisi leelismetallisüsteeme või leeliste segusid. Lahus peab olema kontsentreeritud, vastasel ei saada geopolümeeri [4].

Väga kokkuvõtlikult öeldes on geopolümeerid betooni alternatiiv olles valmistatud leelisaktiviseerimist võimaldavaid materjale (savi, vulkaaniline tuhk, elektrijaamade lendtuhad jm) läbi leelisaktiviseerimise. Geopolümeer ei ole elastne materjal, nagu sõna „polümeer“ võimaldaks esmapilgul arvata. Väljendit kasutatakse seoses materjali struktuuriga, mis on polümeeridega samasugune. Geopolümeeriga saaks teedeehituses teoreetiliselt asendada betoonkatet või kasutada ka muudes kohtades, kus muidu on kasutusel betoon, sh sillad. Kruusateede ehitamisel geopolümeerid ei leiaks kasutust muul viisil kui vaid siis, kui nendele paigaldataks betoonkate (antud juhul geopolümeerist kate). Mõistlikum lähenemisviis oleks olemasoleva kruusa sideainega stabiliseerimine, kuid seda ei saa teha läbi polümerisatsiooni, vaid see põhineb sideaine reageerimisel vee ja CO_2-ga.

Kuna tahke alumosilikaadi allikaks võib kasutada lendtuhka, siis käesolevas uuringus katsetas Marko Ehrlich Sven Sillamäe ja TTK professori Viiu Sillaste juhendamisel Estonia elektrijaama keevkihikatla elektrifiltrituha CFB baasil geopolümeeri loomise võimalusi. Teema on uudne ja sellega on Eestis tegeletud Tartu Ülikoolis (Kalle Kirsimäe, Päärn Paiste jt), kuid sobivate segudeni või lahendusteni põlevkivituhast geopolümeeri valmistamiseks pole teadaoleva info põhjal veel jõutud. Käesolevas uuringus katsetati erinevaid viise ja lähenemisi sobiliku geopolümeerisegu loomiseks eesmärgiga asendada sellega madala tugevusega betooni. Järgnevalt esitatakse tulemused, mis on saadud käesoleva aruande koostamiseks, kuid Marko Ehrlich jätkab oma lõputööga katsesegude valmistamise ja sobilike segude otsimisega.

4.1 Katsesegud

Esimese proovikatsena proovimaks, kas leelisaktivisatsiooni tekib, kasutati põlevkivituhka CFB ja 50 protsendilist NaOH lahust. Katse käigus segati omavahel kokku põlevkivituhk ja 50% NaOH lahus kaalusuhtena 1:1 (foto 4.1). Tulemus oli segamisel väga vedel, kiiret tahenemist ei toimunud. Segu tahenes peale ühepäevast seismist, kuid ei olnud ikka veel

kivistunud. Peale mõnepäevast seismist segu kivines, kuid jäi väga rabedaks ja pudedaks, mida oli võimalik käte vahel murda.

Foto 4.1. Esimene proovisegu oli põlevkivituha ja 50% NaOH lahuse segu suhtena 1:1.

Esimese katsetuse mittetoimimise põhjuseks oli liiga kõrge NaOH kontsentratsioon, teisisõnu NaOH liiga tugev molaarsus. Allikas [6] kasutati 5M NaOH ja vesiklaasi (Na_2SiO_3) segu ning järgmiseks võeti aluseks see. Keemilise poole pealt andis nõu TTK professor Viiu Sillaste tagamaks, et segude kontsentratsioonid oleksid korrektsed.

Teise katsetusena prooviti tabelis 4.1 esitatud segusid (mida nimetatakse esimesteks katsesegudeks, kuna kõige esimene segamine oli pigem juhuslik proovimine), esimeses kasutati 5M NaOH lahust ning teise puhul 5M NaOH ja vesiklaasi segu. Segamine ja proovikeha vormimine toimus käsitsi kontrollimaks, kas segu kivineb, mis võimaldaks planeerida järgnevaid katsekoguseid ja variatsioone. Nende segude puhul tahenes segu väga kiirelt. Peale ühepäevast kuivamist olid mõlema katsekeha pinnale tekkinud praod, mis näitab, et segu on habras ning sellel ei ole stabiilsust. Samuti olid katsekehad kuivad ning kergesti murenevad (fotod 4.2 ja 4.3).

Tabel 4.1. Esimesed katsesegud

Katse number	Tuha mark	Tuhk, g	5M NaOH, ml	Vesiklaas, ml
1	DeSOx	220	100	-
2	CFB 1	130	50	50

Fotod 4.2 ja 4.3. Teise katsetuse tulemusena saadi kivistunud katsekeha, kuid need jäid väga rabedaks.

Samad probleemid (ehk katsekehade kahanemine ja sellest tulenev haprus) toodi välja ka allikas [6]. Nimelt on geopolümeeride valmistemise eelduseks piisavas koguses alumiiniumi ja siliitsiumi olemasolu. Põlevkivituhas sisalduvad mõlemad elemendid, kuid mitte piisavas koguses. Siliitsiumit saadakse juurde läbi selle, kui segusse lisatakse vesiklaasi (mida eelnevalt juba tehti), kuid järgnevalt katsetati sellega, kui põlevkivituhaga segatakse ka savi (savis sisaldub suurel hulgal alumiiniumit). Järgnevalt tehti katse-eksituse meetodil tabelis 4.2

esitatud segud, sealhulgas katsetati ka kuivaine eelneva kuumutamisega, et nii tuhk kui savi täiendavalt seeläbi aktiveerida. Kuivaine lasti pärast kuumutamist toatemperatuuril jahtuda. Kuna variatsioonid läksid suureks (ja tegelikult esialgu ka liiga kaootiliseks) otsustati võtta vaatluse alla vaid üks põlevkivituhk ja loobuda (vähemalt esialgu) deSOx tuhast, mida kasutati tabeli 4.1 esimeses segus.

Segude valmistamisel kasutati „vedelikuna“ või reaktiivina 5M NaOH lahust ning jaemüügis leiduvat Na_2SiO_3 lahust, doseerides neid erinevate kogustena leidmaks optimaalset vedelaine kogust segude valmistamiseks. Täiteaine doseeringud olid pandud paika nii, et leida optimaalne täiteaine ning vedelaine suhe. Segud segati kokku käsitsi ühtlaseks massiks ja paigaldati väikessesse vormi, milles see tihendati kasutades vibroalust.

Tabel 4.2. Teised katsesegud

Katse number	Tuha mark	Tuhk, g	Savi, g	5M NaOH, ml	Vesiklaas, ml	Kuumutamise temperatuur, C	Tihendamine, sec
3	CFB 1	90	90	50	50	-	120
4	CFB 1	120	60	40	60	-	120
5	CFB 1	100	80	30	70	-	120
6	CFB 1	70	30	60	40	-	120
7	CFB 1	70	30	60	40	500	120
8	CFB 1	120	60	68	85	500	120
9	CFB 1	140	40	70	30	500	NA*
10	CFB 1	160	20	55	45	500	NA*
11	CFB 1	90	90	45	55	500	120
12	CFB 1	100	30	65	35	500	120
13	CFB 1	80	50	35	65	500	120
14	CFB 1	80	60	40	60	500	120
15	CFB 1	50	90	65	35	500	120

*Segu tahenes nii kiiresti, et vibroalusel tihendamine ei olnud võimalik.

Katsete number 3…6 puhul oli tahenemise protsess segu segamise ajal nii kiire, et proovianumatesse neid korrapärase kujuga lisada polnud võimalik, mistõttu tulemuseks tuli ebakorrapärane proovikeha (foto 4.3). Peale kuivamist olid need katsekehad nõrgad, murenesid kergelt, pinnal oli näha mikropragusid ning ääred purunesid juba käte vahel.

Foto 4.3. Proovisegud nr 3…6 tahenesid nii kiiresti, et neid ei olnud võimalik korralikeks proovikehadeks vormida. Samuti jäid katsekehad väga rabedad.

Katsekehad 7, 8 ja 11… 15 olid segamise ajal hoopis teistsuguse tekstuuriga. Kõikides nendes katsekehades kasutatud tuhk ja savi kuumutati eelnevalt ahjus 500ºC ning lasti seejärel jahtuda enne, kui segati segud. Võrdluseks valmistati katsekehad nr 6 ja 7 sama koostisega, kuid esimese kuivaines oli kuumutamata, kuid teine kuumutatud. Nende visuaalne võrdlus on esitatud fotol 4.4.

Foto 4.4. Katsekehade nr 6 ja 7 võrdlus. Ainsa erinevusena valmistamise protsessis oli see, et nr 7 kuivaines kuumutati eelnevalt ahjus 500ºC juures.

Fotod 4.3…4.5 on tehtud paar tundi peale tihendamist ja kuivama viimist. Katsekeha number 6 oli võrreldes kehaga nr 7 segamisel kõvema tekstuuriga, seda oli raskem anumasse valada, millest ka jäljed proovikeha pinnal. Katsekeha number 7 puhul oli märgata, et ääred pole murenenud, segu on palju ühtlasema tekstuuriga, kuid samas on tekkinud pinnale peale paaritunnist kuivamist õhumullid. Seega segu nr 6 ja 7 puhul sai järeldada, et kuivmaterjali kuumutamine parandab katsekehade tulemusi, segu on voolavam, kergem töödelda ning peale tihendamist jääb ühtlasem ja tugevam mass. Sama tulemust oli märgata ka katsekehade 8 ja 11…15 puhul (foto 4.5). Katsekehade pinnale tekkisid õhumullid, mõne katsekeha puhul oli märgata, et need on haprad. Katsekehade 9 ja 10 puhul oli tegemist kiiresti taheneva seguga, mistõttu nende segude anumasse valamine ning tihendamisele viimine ei olnud võimalik.

Foto 4.5. Katsekehad nr 8 ja 11…15.

Peale paaripäevast kuivamist olid katsekehad väga kuivad ja haprad ning murdusid käte vahel kergesti pooleks. Tuginedes nende katsekehade tulemustele otsustati vähendada varieeruvust jättes järgnevate katsete puhul põlevkivituhkade ja vedelike kogused samaks ning varieerida vaid savi kogustega. Samuti arvas prof. Sillaste, et leeliselise vedeliku kontsentratsioon on liiga kõrge, mida tuleks vähendada. Varasemalt oli kasutatud 5M NaOH lahust koos 4,16M Na_2SiO_3, kuid need näisid avaldavat leelisaktivaatoritena liiga tugevat mõju. Järgneva katseseeria puhul lahjendati mõlemad segud 1M peale kasutades katsetes molaarsuhet 1:1. Aktivaatorlahuse lahendamisel eeldati, et see aeglustab tahenemise protsessi, mis aitab hoida katsekehade kuivamisel niiskust vältimaks mikropragude ja õhumullide teket. Segude koostis on esitatud tabelis 4.3.

Tabel 4.3. Kolmandad katsesegud

Katse number	Tuha mark	Tuhk, g	Savi, g	1M NaOH, ml	1M Vesiklaas, ml	Kuumutamise temperatuur, C	Tihendamine, sec
16	CFB 1	100	10	50	50	500	120
17	CFB 1	100	20	50	50	500	120
18	CFB 1	100	30	50	50	500	120
19	CFB 1	100	40	50	50	500	120
20	CFB 1	100	50	50	50	500	120
21	CFB 1	100	60	50	50	500	120
22	CFB 1	100	70	50	50	500	120
23	CFB 1	100	80	50	50	500	120
24	CFB 1	100	90	50	50	500	120
25	CFB 1	100	100	50	50	500	120

Kolmanda katseseeria osas olid kõikide katsete puhul loodud samad tingimused. Eelnevalt täitematerjal kuumutatud 500ºC, tihendamisalusel tihendati kõik proovikehad võrdselt 120 sekundit, kogused kaaluti grammi täpsusega ning kõikides segudes kasutati sama kuivsegu. Proovikehade valmistamisel kasutati spetsiaalselt nendeks katseteks lõigatud 50x50 mm plastiktorusid tagamaks katsekehade võrdsed suurused (foto 4.6). Valmistatud katsekehade arv oli kokku 20, esimesed 10 olid ette nähtud 7 päeva ja ülejäänud 28 päeva survetugevuse mõõtmisteks.

Foto 4.6. Segatud segud paigaldati 50x50 mm anumatesse.

Tehtud katsete miinuseks, millega kohe arvestada ei osatud, oli varieeruv „vesi-tsementtegur“, mis oleks samuti pidanud olema konstant. Esimese viie katsekeha valmistamisel ehk katsekehad numbriga 16-20, olid segamisel väga vedelas olekus. Varasemalt kiiret tahenemist ei tekkinud ning segud meenutasid pigem vett, ka tihendamise ajal segu ei tahenenud. Esimesed märgid tahenemisest toimusid 1-2 minuti möödumisel peale kuivama viimist. Segude kuivamiseks ei kasutanud spetsiaalset kuumutamiskappi, vaid segud kuivasid toatemperatuuril, ca 20 kraadi juures (foto 4.9). Järgmise viie katsekeha valmistamisel oli segu mass tihedam, viimaste katsete puhul juba nii kuiv, et segusid ei saanud enam vormi valada (foto 4.7), vaid need paigaldati sinna käsitsi. Peale tihendamist nägi segu välja fotol 4.8 kujutatult.

Fotod 4.7 ja 4.8. Segude segamine ja peale tihendamist.

Peale 7 päevast kuivamist oli katsekehade pindadele tekkinud valge ja tolmne kiht. Tolmu oli rohkem nendel katsekehadel, mille kuivaines sisaldas vähem savi ja kus oli suurem osakaal põlevkivituhal. Katsekehadel, mille kuivaines oli rohkem savi, oli peale tekkinud valge kiht, mis visuaalselt meenutas jäätunud pinda (foto 4.9). Katsekehade pinnale valge kiht kinnitunud ei olnud ja selle sai sealt ära pühkida.

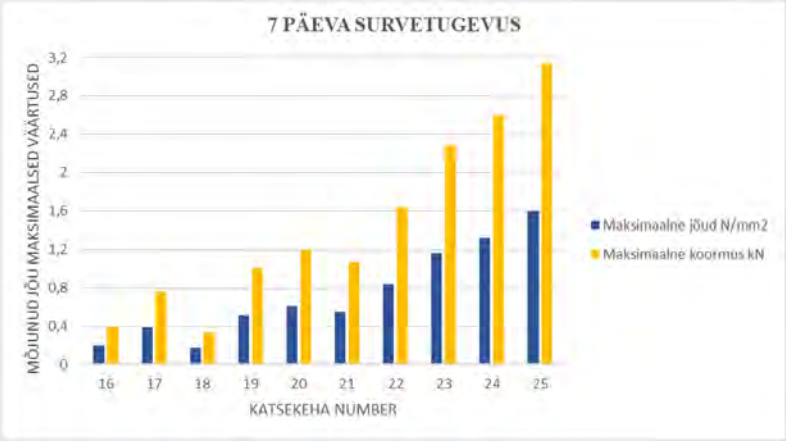
Foto 4.9. Katsekehad tahenesid ja kuivasid toatemperatuuril.

Katsekehade survetugevuskatsed viidi läbi AS Teede Tehnokeskuse laboris. Katsekehad, mille pind ei olnud täielikult tasane või loodis, korrigeeriti kasutades lihvimisalust. 7 päeva survetugevused on esitatud joonisel 4.1 ja 28 päeva tulemused joonisel 4.2.

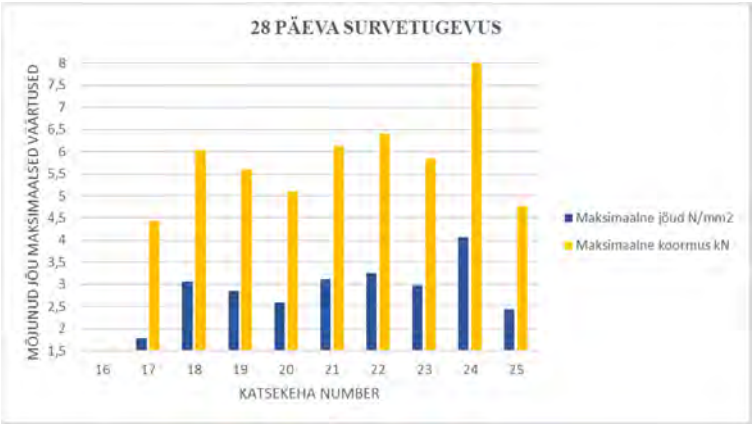
Vaadates segu koostiseid (tabel 4.3) ja 7p survetugevusi, võib esmapilgul järeldada, et mida suurem on kuivaine savisisaldus, seda kõrgem on tugevus, kuid siinjuures võib olulist rolli mängida ka „vesi-tsementtegur“. Proovikeha nr 18 oli osaliselt deformeerunud enne katse algust, mistõttu tulemus ei ole korrektne.

28 p survetugevuste osas purunes katsekeha nr 16 kohe peale torust väljavõtmist, mistõttu ei ole joonisel 4.2 selle kohta tulemust. Vaadates 28 p tulemusi nähtub, et survetugevuse kasv ei ole olnud ühtlane. Kui 7 päeva puhul oli kõige tugevam katsesegu nr 25, siis 28 päeva möödudes enam mitte ja kõige suuremat survetugevus näitas katsesegu nr 24 (8 MPa).

Geopolümeeri katsetused ja optimaalse segu otsingud jätkuvad, järgmiste valmistatavate proovikehade puhul jäetakse kuivaine ja vedeliku hulk samaks (200 g kuivainest ja 100 ml vedelikku), kuid kuivaine osas varieeritakse savisisaldusega. Järgmised muudatused katsekogustes ja lähtematerjalides tehakse lähtudes nende katsetulemustest.



Joonis 4.1. Survetugevuse tulemused kolmanda katsesegude katsekehadel peale 7 päeva kuivamist.



Joonis 4.2. Survetugevuse tulemused kolmanda katsesegude katsekehadel peale 28 päeva kuivamist.

Käesoleva uuringu jaoks püstitatud geopolümeeri puudutav eesmärk sai edukalt täidetud. Katseliselt nähti, et põlevkivituhal põhinevast segust saab leelisaktiveerimisega suhteliselt tugevad ja stabiilsed katsekehad, mis ei ole küll veel võrreldavad betooniga, kuid sellesuunaline arendustöö jätkub.

5 ETTEPANEKUD MULLATÖÖDE STANDARDI EN 16907 VÕIMALIKU RAHVUSLIKUKS LISA JAOKS

Käesoleva uuringu raames kogutud ja analüüsitud andmed ei võimalda teha ettepanekuid standardi EN 16907 võimaliku rahvusliku lisa osas. Antud uuringu lähteülesandes oli nimetatud vaadeldava punkti eesmärgiks leida kohalike materjalide (nt aherainekillustik, geopolümeerid jne) kasutamist keskkonnasõbralikuma ja jätkusuutlikuma ehituse jaoks.

Eelnevast peatükist nähtus, et geopolümeeri tuleb võrrelda betooniga, kuna seda valmistatakse leelisaktiviseerimise meetodil, mida ei ole võimalik teha looduslikus keskkonnas seal esinevate materjalidega nagu näiteks tehakse pinnaste stabiliseerimist. Geopolümeeriga saab sobilike omadustega segu korral asendada betooni, kuid Eesti põlevkivituhast ei osata valmistada veel (vähemalt mitte majanduslikult otstarbekal viisil) geopolümeeri, kuid selleteemalised katsetööd nii TTKs kui ka Tartu Ülikoolis jätkuvad.

Kruusateede kontekstis oleks jätkusuutlikuks ja keskkonnasõbralikuks meetmeks sobimatu pinnase (nt niiskes keskkonnas olev kruusasegu, mis põhjustab kevadeti probleeme kandevõimega) stabiliseerimine hüdraulilise sideaine, sh põlevkivituhaga. Sama lähenemist saaks kasutada ka kõrgemaklassiliste teede alla jäävate pinnaste parendamisel samal põhimõttel, kui see toimub savipinnaste puhul lubjaga. Nende teemade käsitlemine ei olnud käesoleva uuringu eesmärgiks, kuigi seda mingil määral tehti, nt selliselt, et Veriora – Soohara seati põlevkivituhaga stabiliseerimisel heaks näiteks ning hüdraulilise sideainega stabiliseerimise katselõiguks soovitati mingit osa teest Piiri – Jeti. Tallinna Tehnikakõrgkoolis on hetkel käimas lisaks geopolümeeri jätkutegevustele (Marko Ehrlich) ka uuring/lõputöö (mis on finantseeritud Eesti Energia poolt) kruuspinnase stabiliseerimisest uue tüübi põlevkivituhkadega (Rauno Leppik) ning käesoleva uuringu lõpparuande kirjutamise ajaks saadud tulemused võimaldavad järeldada, et CFB tuhk sobiks kruuspinnase stabiliseerimiseks väga edukalt. Nii geopolümeeri kui kruuspinnase põlevkivituhaga stabiliseerimist käsitlevad lõputööd kaitstakse 2019. a. maikuus, kuid teemadega jätkatakse vajadusel veel edaspidigi.

Mullatööde standardi EN 16907 rahvuslikku lisasse sobituks väga hästi paekivisõelmete ja põlevkivi aheraine rikastusjäägi killustiku („aheraine“) temaatikad. Kuna kumbki materjal ei olnud käesoleva uuringu raames vaatluse all, siis vastavaid järeldusi ega soovitusi teha ei saa, kuid nendega on põhjalikult tegeletud järgmistes uuringutes.

Paekivisõelmete kasutamine muldkehade ehitamiseks:

- Maanteeameti ja Euroopa Regionaalarengu Fondi poolt rahastatud ja TTKs läbiviidud uuring „Optimaalse tee konstruktsiooni koostamise metoodika väljatöötamise II etapi võitja väljaselgitamise eksperttööd“ (Tallinna Tehnikakõrgkool 2017)
- Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud ja TTKs läbiviidud uuring „Kaevandamise jääkmaterjalide kasutusvõimaluste uuring“ (Tallinna Tehnikakõrgkool 2014).

Põlevkivi aheraine rikastusjäägi killustiku („aheraine“) kasutamine muldkehades:

- Eesti Energia ja RailBaltic Estonia poolt TalTechist tellitud uuring „Eesti Energia Estonia kaevanduse lubjakivi killustiku ning tuha tehniline sobivus ja majanduslik põhjendatus Rail Baltic muldkeha ja kõrvalteede alusmaterjalina või stabiliseerimiseks“ (aruanne valmis, kuid veel avaldamata)
- Eesti Energia poolt TTKst tellitud uuring „Põlevkivi rikastusjäägi lubjakivikillustiku kasutamine (metsa)teede ehituses“ (aruanne valmis, kuid veel avaldamata).

6 KOHTUMISED SOOME JA ROOTSI EKSPERTIDEGA

Täiendava info kogumiseks korraldati töökohtumised Soome ja Rootsi ekspertidega. Soomes kohtuti Tampere Tehnikaülikoolis prof. Pauli Kolisojaga ja prof Nuutti Vuorimies´iga ning osaleti Väylä korraldatud teekatendite projekteerimisalasel koolitusel Helsingis. Rootsis kohtuti KTH Royal Institute of Technology in Stockholm professoritega Alvaro Guarin ja Denis Jelagin. Kõikidel kohtumistel osalesid Eesti poolelt Taavi Tõnts ja Aivo Samum (MNT) ning Sven Sillamäe ja Mattias Olep (TTK).

6.1 Soome

Tampere Tehnikaülikooli (TTY) kohtumisel oli eesmärkideks tutvustada MNT ja TTK koostöös tehtud madalaklassilisi teid puudutavaid uuringuid, arutada tekkinud ideede ja küsimuste üle ning saada rohkem infot põhjanaabrite vastavatest tegevustest (foto 6.1). Lisaks tutvuti TTY laboritega.

Soomes on kruusateedega sarnased probleemid, mis Eestis. Kruusateed on enamasti välja ehitamata, ebapiisava kvaliteediga materjalidest ja drenaaž ei toimi. Probleeme võimendab ilmastiku muutus, mistõttu niisket aega on kauem, mis tekitab teekattele ebatasasust („trepp“) ja kandevõimeprobleeme. Soomes oli aastakümneid tagasi sama probramm, mis Eestis praegu ehk kruusateid viidi tolmuvaba katte alla. Nüüd tehakse vastupidi ehk amortiseerunud kattega teid muudetakse tagasi kruusateedeks vähendamaks hoolduskulutusi. Kohalikud elanikud on sellele tegevusele vastu ehkki kruusateeks muutmine võib isegi parandada teekatte seisukorda. Probleem on ääremaastumises, inimesed tunnevad, et kui kattega teed muudetakse tagasi kruusateedeks, ei ole see enam nii tänapäevane ning maapiirkonnad muutuvad seeläbi rohkem „maaks“.

Üldiselt Soomes imestatakse Eesti kruusateede katte alla viimise programmi osas, kuna kulutused sellele on kõrged. Kui Eestis püütakse tolmuvaba katte alla viia teed, mille liiklussagedus on alates 50 a/ööp, siis Soomes on vastavaks piiriks 500 a/ööp. Soomlastel on halvad kogemused sellest, mis pikaajalises perspektiivis taolistest teedest saab, kui neid ei ole korralikult ehitatud, vaid kate on olemasolevale kruusateele lihtsalt peale ehitatud.

Soomes on kruusateele ettenähtud kandevõimeks minimaalselt 80 MPa (arvutatakse Odemarki valemiga).

TTK poolt tehtud uuringu järeldused ja ettepanekud kruusateede parandamiseks Eestis leidis heaksiitu. Probleemsetele kohtadele soovitati metallvõrgu kasutamist armeerimiseks (märkus, et käesolevas projektis on vajadusel kasutatud geovõrke) ja nõrga kandevõimega piirkondadesse kergmaterjalide kasutamist (EPS, kergkruus). Toodi välja Roadex programmi soovitus, et kui tee seosukorra parandamiseks napib rahalisi resursse, tuleks kõigepealt alustada drenaaži parandamisest.

Arutluse alla tuli ka hüdraulilise sideaine kasutamine kruusateede seisukorra parandamiseks. Arutati, et tsementstabiliseerimine on kruusateedel kasutamiseks sobilik, kui seda pinnase omaduste parandamiseks (nö klompide moodustamiseks), mitte jäiga ja ühtse plaadi tekitamiseks. Stabiliseerimise mõju on suuresti kinni aluspinnase tugevusest ja see ei ole sobilik väga pehmete pinnaste korral.

Kergkatete osas on Soomes ajalooliselt kasutatud „õlikruusa“ (öljysora), kuid tänapäeval seda enamasti enam ei tehta. Probleemsete lõikude (madal kandevõime, kõlmakerkelised kohad) parandamiseks kasutatakse geosünteete koos min 20 cm mineraalmaterjalikihiga.

Helsingis teekatendite projekteerimist käsitleval koolitusel käsitleti uuendatud juhendit (Tienrakenteen suunnitteluohje), mille kasutamine on tehtud lihtsamaks ja sisu paremini

mõistetavamaks. Juhendisse on lisatud uue peatükina ka asfaltkatete projekteerimist puudutavad juhised.

Koolitusel näidatud slaidid on leitavad kasutades linki:

https://vayla.fi/-/tierakenteen-suunnitteluohjeen-koulutus.

Uuendatud teekatendite projekteerimise juhis on leitav lingilt (selle eesti keelde tõlgitud versioon on leitav Maanteeameti kodulehelt):

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf

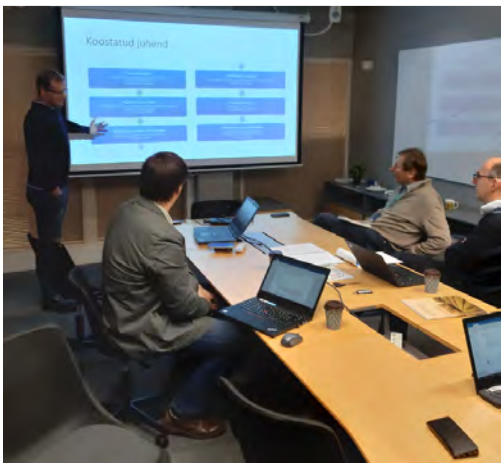


Foto 6.1. Arutelu Eesti kruusateede projekteerimise juhendi teemadel.

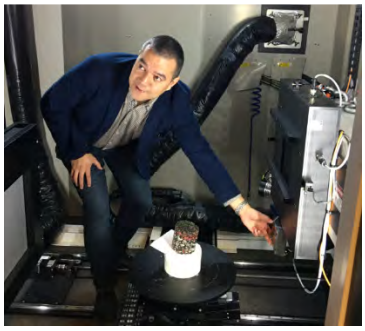
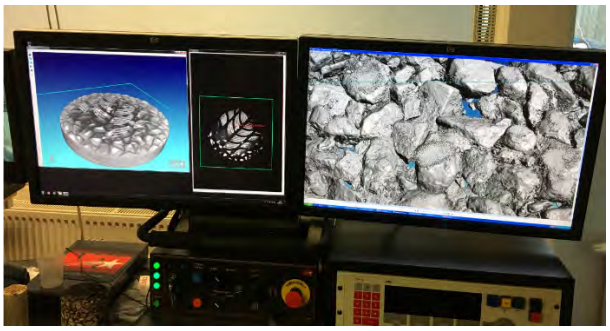
6.2 Rootsi

Külastuse eesmärgid olid samad, mis TTYs käigu osas (foto 6.2). Kõigepealt tutvustati põhjalikult KTH teedelaborit, mis on piirkonna üks moodsamaid. Labori peamine fookus on asfaltkatetel. Silmapaistvamateks testvõimalusteks olid asfaltsegu külmakindluse (st kas asfaltsegu peab vastu tekkivatele temperatuuripingetele, et vältida põikpragunemist, foto 6.3) testimine ning tommograafi abil nii asfaltsegu kui ka kõikvõimalike muude materjalide visualiseerimine (fotod 6.4 ja 6.5), seejärel modelleerimine, mis võimaldab kontrollida olemasolevate ja välja töötada uute asfaltsegude koostisi. Hetkel oli peamisetst teemades töös asfaltkatte deformatsioonikindluse suurendamine (joonised 6.1 ja 6.2).

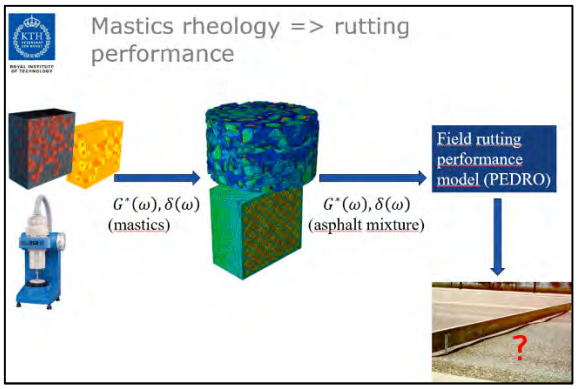
Uuringute peamine tellija on Trafikverket (Eesti mõistes Maanteeamet), kelle poolt tellitavad uuringud moodustavad ca 50% aastasest eelarvest. Ülejäämud ca 50% tulevad läbi grantide, projektide ja ülikooli eelarvest. Teedeala uuringute aastane eelarve on KTHs ca 8 milj. SEK ehk ca 760´000 EUR. Uurimisgruppi kuuluvad 6 PhD tudengit, 2 post-doc´i, üks teadur, üks külalisprofessor ja üks dotsent/abiprofessor (*associate professor*).

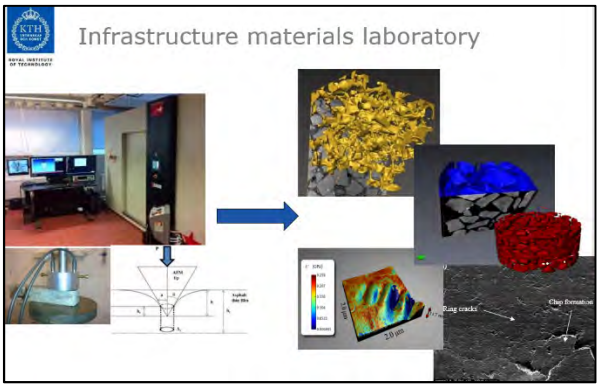
Vestluse käigus selgus, et kruusateede ja muude madala klassiliste teede temaatika on suhteliselt võõras, kuna peamisteks uurimusteemadeks on seal olnud bituumen, mastiksid ja asfaltsegud. Prof. Guarin on pärit Colombiast ning tema kokkupuuted probleemsete pinnaste ja teedega pärinevad sealt. Niiskusprobleemide ja kandevõimeprobleemide osas soovitas ta stabiliseerimist, millega vähendada pinnaste niiskustundlikkust. See soovitus on kooskõlas nii Soome kohtumise tulemuste kui ka käesolevas projektis käsitletuga.

Fotod 6.2 ja 6.3. Arutelu Eesti kruusateede projekteerimise juhendi teemadel. Laboris üheks silmapaistvamaks seadmeks oli asfaltsegu külmakindluse mõõtmise seade.

Fotod 6.4 ja 6.5. Kõige märkimisväärsem laboriseade oli tommograaf, millega on võimalik näha asfaltbetooni sisse ja visualiseerida muuhulgas ka seda, kuid toimub sidemete purunemine või osakeste ümberpaigutumine koormuse all olles.





Joonised 6.1 ja 6.2. Tommograafi abil tehtav visualiseerimine võimaldab modelleerida ja paremini mõista asfaltsegude käitumist. Hetkel on käimas projekt, mille abil suurendada asfaltkatete deformatsioonikindlusi.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uuringuga tehti vaatlused, mõõtmised ja kokkuvõtted kokku 114 km üle Eesti paiknevatele kruusateedele. Teede seisukord (nii sõidetavuse kui teekatendi seisukorra mõttes) oli väga erinev, kuid kokkuvõtteks saab järeldada, et üldine pilt oli rahuldav. Ca 76% mõõdetud kandevõimetest oli vähemalt 80 MPa, mis on piisavalt tugev alus, mille peale saaks paigaldada mustsegul põhineva tolmuvaba katte. Loomulikult oleneb see tee vajalikust elastsusmoodulist ja 80 MPa on piisav juhul, kui lähtuda E_{vaj} = 130 MPa. Enamikel teedel esines siiski kohti, mis vajavad korrigeerimist, mõnel rohkem ja mõnel vähem. Kandevõime alla 60 MPa mõõdeti 11.65% mõõtepunktidest – taolised kohad hakkavad tolmuvaba katte paigaldamisel kõige kiiremini lagunema.

Kõikidele vaadeldud teedele koostati just neile sobilik katendilahendus arvestade tee tegelikku seisukorda – kõik nõrgad piirkonnad analüüsiti leides probleemi põhjuse ja läbi selle parandamismeetme. Seeläbi on võimalik muuta kogu tee ühtlasemaks vältides nii üle- ja aladimensioonitud kohti, mis võimaldab oluliselt pikendada ka tolmuvabade teekatete eluiga.

Kuna osade teede seisukord oli halb, nõudsid need kulukamaid remonditegevusi, kui keskmine ühe tee remondimaksumuse eelarve ette nägi. Võttes siiski kokku kõik teed ja arvestades, et mustsegu pinnatakse ühekordse pindamisega, saadi ühe kilomeetri keskmiseks remondimaksumuseks ca 89´000 EUR (koos käibemaksuga). Kui tee seisukord nõuab eelarveliste vahenditega ette nähtud summast suuremaid remonditegevusi, tuleks kokkuhoid teha teekatte arvelt ning korrestada kõigepealt olemasolev kruusatee. Halvas seisukorras kruusateele tolmuvaba katte paigaldamisega suurendatakse tulevikus tehtavaid kulutusi kordades. Näiteks Soomes tehakse väiksema liiklussagedusega teid uuesti ümber kruusateedeks, kuna katete remontimiseks ei jätku enam piisavalt vahendeid. Kui kitsa eelarve juures on tingimata vajadus paigaldada siiski ka teekate, on mõistlik teha see kergkatte (ehk mustsegu) asemel siirdekattena kasutades näiteks pinnatud freespuru, mis jätab piisavalt vahendeid ka olemasoleva kruusatee seisukorra parandamiseks.

Käesoleva projekti eesmärgiks oli vähendada (tulevikus tehtavaid) kulutusi teede remondiks ja hoolduseks leides üles kõige probleemsemad piirkonnad ja koostades nende kõrvaldamiseks lahenduse. Taoline tegevus on üheks peamisemaks viisiks, kuidas optimeerida kruusateede viimist tolmuvaba katte alla ja kuidas tõsta teekatendite eluiga võimalikult väheste kulutustega. Vaid ehitusgeoloogilise uuringuga ei saada piisavalt infot tee tegelikust seisukorrast, mistõttu on kriitilise tähtsusega õigeaegselt teostatud kandevõimemõõtmised, edasised uuringutegevused ja otsused tuleks teha peale neid. Nii kandevõimemõõtmised, tee seisukord kui ka materjalide uuirngud TTK geotehnikalaboris näitasid, et õige suuremaks kruusateede seisukorda mõjutavaks teguriks on vesi, mistõttu drenaaž on kriitilise tähtsusega.

Enamike kruusateede kruusakihtide all paikneb „mullakiht“, kuid mis uuringute tulemusel on lihtsalt vähese või keskmise orgaanilise aine sisaldusega saviliiv või liivsavi. Seega „mulla“ eemaldamine vähese liiklusega teede alt ei ole tingimata vajalik, kuid siiski on oluline arvestada selle mõjuga läbi kandevõimemõõtmiste. Edaspidiselt tuleks ehitusgeoloogilistes aruannetes ära näidata vähemalt mulla lõimis ning orgaanikasisaldus, mitte lihtsalt esitada kihti puurtulpadel kui „muld“, mis tekitab segadust.

Kruusateede IRI mõõtmiste alusel järeldus, et

- väga hea kruusatee tasasus kuni 3.5 mm/m;
- „tavapärase“ kruusatee tasasus kuni 5.5 mm/m;
- profileerimist vajaks kruusatee, mille tasasus ületab 7.5 mm/m.

Võttes arvesse ka kattega teede seisundinõuded, siis võib soovitada, et kruusatee maksimaalseks IRI arvuks võiks olla rattapaari keskmise mõõtmistulemusena kuni 8 mm/m (soovitus kehtib Irimeeteri kasutamisel) peale mida vajab tee kindlasti höövеldamist. Kui IRI väärtus ei püsi ühtlasena ja kasvab lühikese aja jooksul hüppeliselt, tuleks üle vaadata kruusatee terastikuline koostis.

Lisategevusena uuriti käesoleva projekti raames ka Eesti põlevkivituhkadest geopolümeeri valmistamise võimalusi. Eelkõige oli eesmärk materjaliga tutvumine ning selgitamine, kas selleks võiks olla potentsiaali. Uuringutega jõuti nii kaugele, et suudeti valmistada suhteliselt tugevad ja stabiilsed katsekehad ning loodi hea alus järgnevaks arendustööks, millega ka jätkatakse.

KASUTATUD ALLIKAD

1. Madala liiklussagedusega teedele katendi projekteerimise juhendi loomine lähtuvalt tee kandevõimest (tee tegelikust olukorrast). II osa, metoodika täiendamine ja testimine reaalsete objektide peal. Tallinna Tehnikakõrgkool, 2017.

2. Life+ OSAMAT projekt teelõikude tehniline järelmonitooring. ERC Konsultatsiooni OÜ, 2018.

3. Muldkehades ja dreenkihtides kasutatavate mineraalmaterjalide veejuhtivus- ja tugevusomadused seotuna terastikulise koostisega. Tallinna Tehnikakõrgkool, 2016.

4. Wikipedia.

5. Duxson, P et.al. 2007. Geopolymer technology: the current state of art. Journal of Materials Science 42(9):2917-2933.

6. Paiste, P. 2017. Geopolymeric potential of the Estonian oil shale processing waste. University of Tartu.

Lisa 1. Teede seisukorrauuringute kirjeldused, remondilahendused ja eelarved

1. 22263 Igevere – Vana-Kuuste, km 0.073…1.889;
2. 18208 Mikitamäe – Kahkva, km 1.812…4.93;
3. 24167 Heimtali – Uue-Kariste - Abja-Paluoja, km 15.181…18.296;
4. 23189 Põrga – Leebiku – Pikasilla, km 4.25…5.332;
5. 18109 Veriora – Soohara, km 6.465…11.68;
6. 23193 Piiri – Jeti, km 0.304…12.92;
7. 24111 Tässi tee, km 0.054…3.868;
8. 24152 Päri – Alustre – Lõmsi, km 0.140…5.691;
9. 14103 Esku – Pilistvere – Arussaare, km 5.079…8.454;
10. 14164 Lahavere – Jõeküla, km 0.777…5.351;
11. 19134 Varbla – Väänja, km 1.22…9.943;
12. 12109 Palade – Tubala, km 3.085…4.900;
13. 11117 Valingu – Jõgisoo, km 3.661…5.058;
14. 23241 Ülpre – Kure, km 3.48…7.544;
15. 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula – Järvere, km 3.988…6.561;
16. 18120 Kanepi – Varbuse, km 0.387…1.744;
17. 18125 Erastvere – Ridali, km 0.225…2.915;
18. 22171 Kalme – Tammiste – Teedla, km 1.16…4.687;
19. 22182 Järiste – Luke mõis, km 0…1.914 km;
20. 24127 Mudiste – Kobruvere, km 5.346…9.431;
21. 14186 Adavere – Puiatu, km 0.56…2.99;
22. 16179 Vatla – Nehatu, km 0.38…4.43;
23. 13158 Agusalu – Permisküla, km 0…5.127;
24. 19201 Pärnu-Jaagupi – Kalli, km 23.68…32.11;
25. 18154 Tilsi – Naruski, km 6.36…7.293;
26. 23201 Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa, km 16.252…23.465;
27. 18186 Räpina – Rasina, km 4.817…6.778;
28. 25107 Visela – Kassi, km 1.544…3.855;
29. 24156 Viiratsi – Mustapali, km 0.162…5.423.

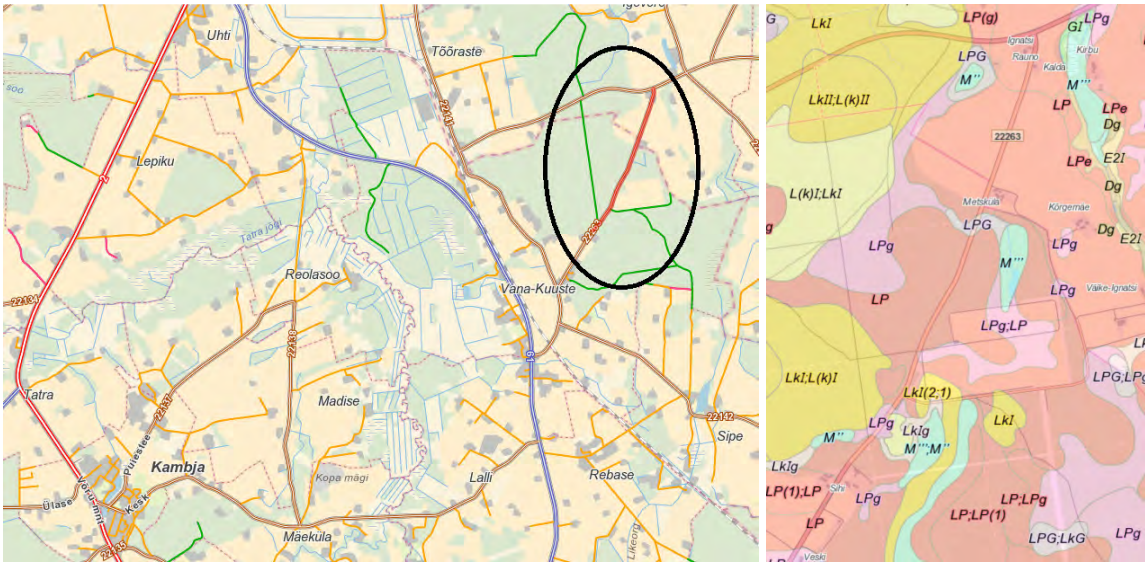
22263 Igevere - Vana-Kuuste, km 0.073…1.889

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus (07.04.2018)
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel (28.04.2018);
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.



Joonised 1 ja 2. Tee nr. 22263 Igevere - Vana-Kuuste, km 0.073…1.889 (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), millest järeldub,

Kõnealune maantee paikneb kahkjas leetunud muldade levikualal, mida iseloomustatakse kui liigniiskeid muldasid. Need on kahekihilisel keskmise raskusega lähtekivimil (saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel liivsavil, kerge ja keskmine liivsavi raskel liivsavil) ja rasked mullad. Liigniiskuse põhjuseks tavaliselt ülavesi, millele võib lisanduda ka kõrge põhjavesi.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „5“.

Liiklussagedus 2017: 244 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 65%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 32%, arvuliselt vastavalt 159, 8 ja 77 a/ööp). Tolmuvaba katte ehitamisel liiklussagedus

mingil määral tõenäoliselt suureneb, kuid kuna olemasolev kruusatee on väga heas seisukorras ja kogu tee pikkuses teostatakse tolmutõrjet, siis liiklussageduse juurdekasv ei tule olema hüppeline.

2017. a andmetele põhinedes **E_{vaj} = 212 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (8*2.67+77*3.76)*0.55 = 171 V_1/ööp].

Teeregistri järgi on aastal 2012 ehitatud purustatud kruusliivast alus ja peale paigaldatud 12 cm kulumiskiht purustatud kruusast. Lõigu alguses (73 m) on aastal 1978 paigaldatud mustsegu ja lõpus aastal 2006 paigaldatud pinnatud bituumenmakadam.

Objektil mõõdetud tee laius on vahemikus 7.2…8.5 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 11 mahasõitu (tabel 1).

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja iseloomustused

Asukoht	Parem/vasak pool	Liigitus	Laius	Kate	Truup	Mahasõidu kasutusotstarve	Mahasõidu nimi
115	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
173	vasakul		4,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	
183	paremal		4,0	kruus		põllu- ja metsamajandus	
542	paremal		4,0	kruus		põllu- ja metsamajandus	
651	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	muu	
670	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	talu-värav
1378	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	muu	ms.
1381	paremal	muu	4,0	kruus	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	puukool
1572	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup puudub	muu	ms.
1798	paremal		4,0	kruus		põllu- ja metsamajandus	
1809	vasakul		4,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	

Truubid:

Tee alt läheb läbi 2 truupi, mis on kas väga heas või heas seisukorras (tabel 2).

Tabel 2

Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Truubi pikkus	Päiste olemasolu	Ava 1 läbimõõt	Seisukord	Materjal
812	1982	10,4	päised on	0,75	väga hea	raudbetoon
1756	1986	11,2	päised on	0,75	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	raudbetoon

3. Tee visuaalse vaatluse info

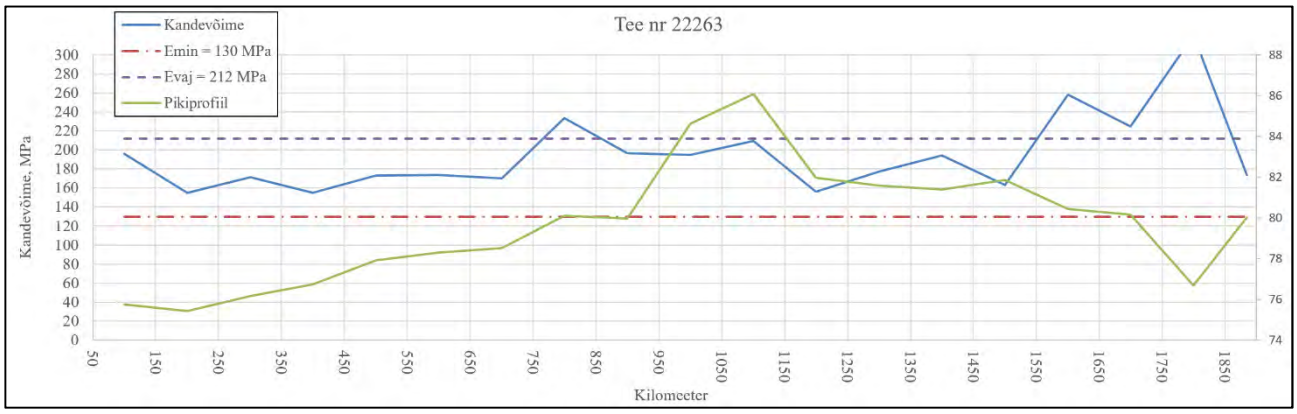
Visuaalse vaatluse alusel võiks järeldada, et tee kulumiskihti on uuendatud ka peale aastat 2012, kuigi kate on visuaalselt ebaühtlane (fotod 1 ja 2). Taustast on teada, et teekattes esineb alati suurel määral auke, mis on tingitud kruusatee kohta pigem kõrgest liiklussagedusest. Rohkesti auke on näha maaradari ülesõiduga koos tehtud fotodelt (fotod 3 ja 4). Teekate on metsavahel paremas seisukorras, kui lagedal.

Fotod 1 ja 2 on tehtud ca km 0.3 ja 0.7 mis näitavad, et teekatte koostis on ebaühtlane ja kate ebatasane.

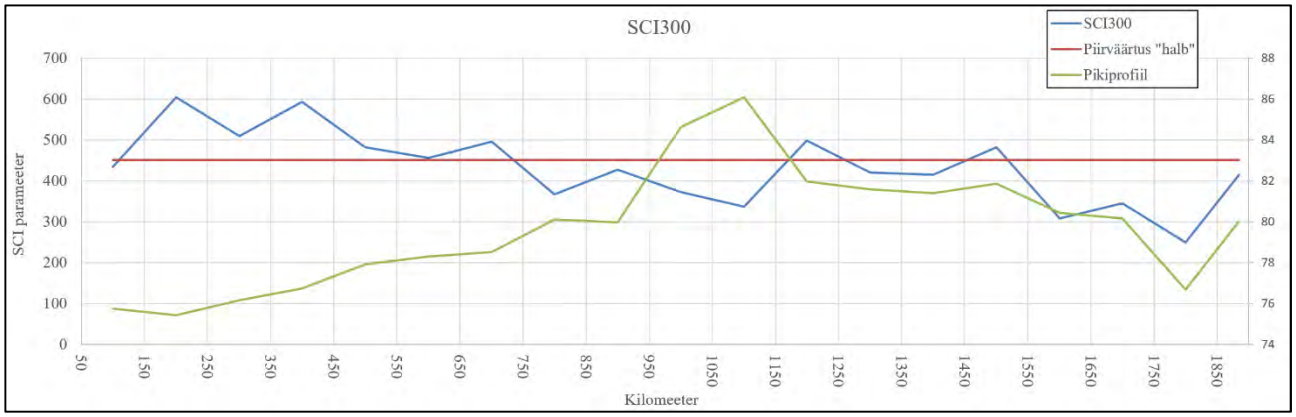
Fotod 3 ja 4. Kogu teele on tehtud tolmutõrje, kuid lagedal ei ole niiskus püsinud kattes, mis on põhjustanud aukude teket ja esineb lahtist kruusa.

4. Kandevõime

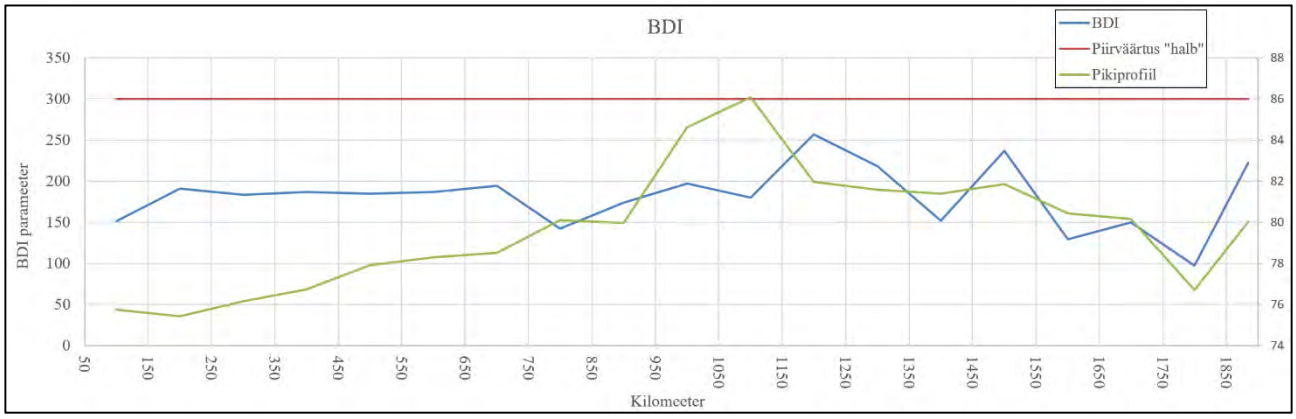
Kandevõime mõõdeti teel 28.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Kevadise kruusatee kohta on kandevõime väga kõrge. Ka vajumikausi parameetrite alusel (joonised 4 ja 5) nähtub, et katend on heas korras, kuigi kandevõime ja SCI parameetri alusel eristub muust teest esimesed 800 m. Andes hinnangut visuaalse vaatluse põhjal, saab öelda, et esimesed 800 m oli teekatteks teise koostisega kruus, kui järgnev teelõik – eespool oli kasutusel liivane, sõelutud looduslik kruus, tagapool purustatud kruus.



Joonis 3. Mõõdetud kandevõime võrdlus E_{min}, E_{vaj} ja pikiprofiiliga.



Joonis 4. SCI300 parameeter on kevadise kruusatee kohta pigem hea.

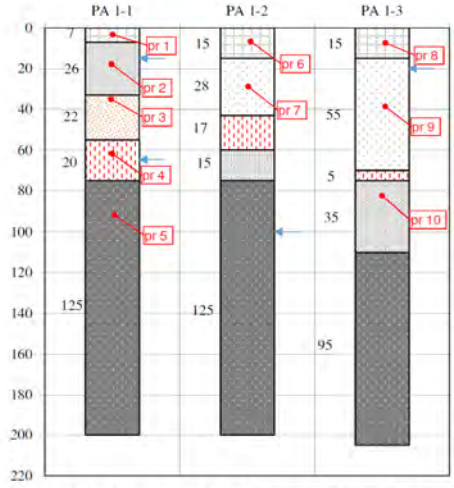


Joonis 5. BDI parameeter on kevadise kruusatee kohta hea, mis näitab, et katend koosneb piisava tüsedusega materjalidest, mis on kas pigem kuivad ja/või sobiliku terastikulise koostisega.

5. Ehitusgeoloogia ja maaradar

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa ja saGr), milles esineb PA1-1 piirkonnas peen- kuni keskliiva vahekiht. Kõikides puuraukudes esines mullakiht paksusega 5…20 cm. Mullakihi all lasub 15…35 cm paksune peenliiva kiht. Tee aluspinnaseks on möllsavimoreen (voolavuspiir W_L=29,3%, plastsuspiir W_P = 16,0%, plastsusarv I_P = 13,3, looduslik niiskus W_n=13,5%). Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud, maksimaalselt kuid lühiajaliselt (<30 päeva) võib pinnasevee tase asuda maapinnal.

Ehitusgeoloogilised profiilid on näidatud joonisel 6. Kuna piirkond on pigem kuiv ja teekatendis olevad kihid kruusatee kohta suhteliselt tüsedad, on ka kandevõimed head. Katendi all on ka mullakiht, kuid õhukese kihina, mis kandevõimet ei mõjuta.



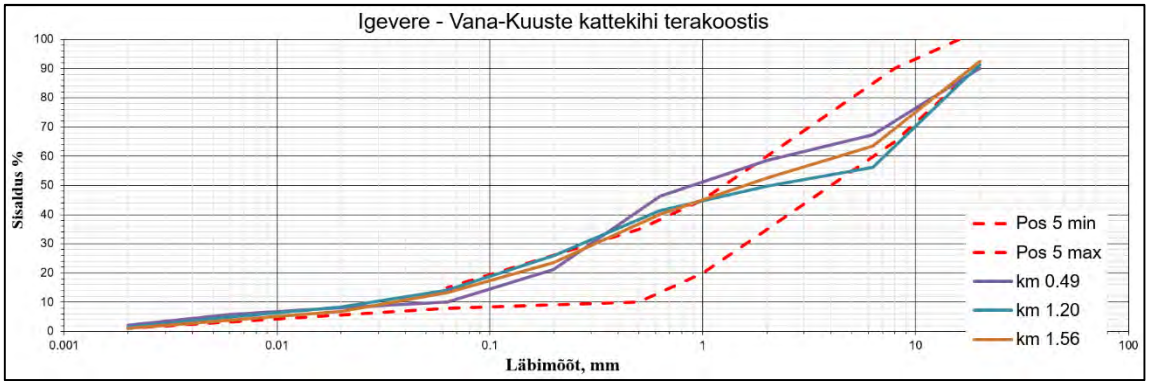
Kandevõime: **173 MPa** **156 MPa** **225 MPa**

Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 1-1 km 0,49 pp	PA 1-2 km 1,20 pp	PA 1-3 km 1,56 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	7	15	15
Kruusliiv		28	55
Peen- kuni keskliiv	26		
Kruusliiv, orgaanikaga	22		
Muld	20	17	5
Peenliiv		15	35
Möllsavimoreen, kruusa 5-15%	125	125	95

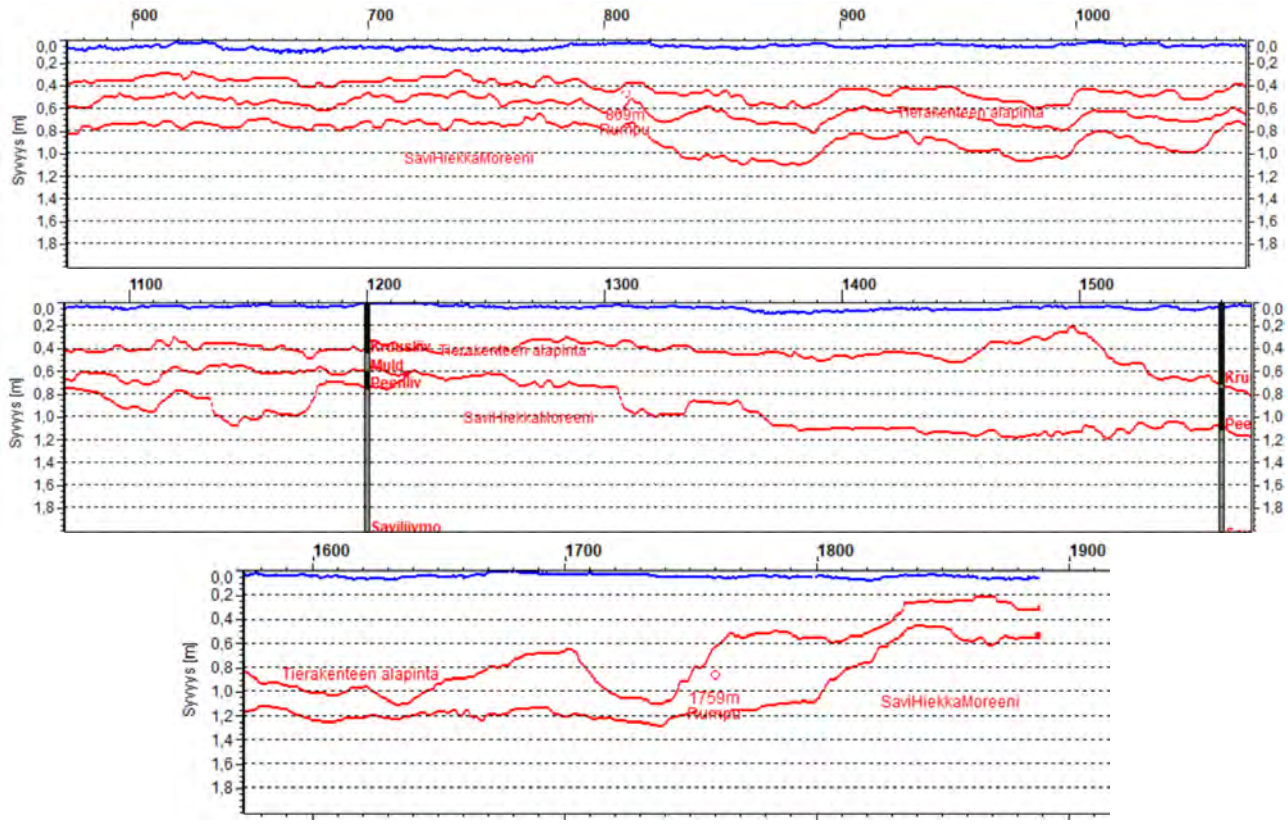
Joonis 6. Ehitusgeoloogilised ristlõiked.

Ka maaradariga leitud tulemus kinnitab seda, et teekatendi kihid on pigem tüsedad. Joonisel 8 on näidatud profiil, milles on nähtaval nende kihtide kogupaksused, mis asetsevad mullakihi peal. Katendi paksuse ja mõõdetud kandevõime vahel on võimalik leida selgeid seoseid – kandevõime on kõrgem seal, kus on suurem kruusakihi paksus ja vastupidi. Kuni km 0.8 on teekatendi paksus väga ühtlane – katte pinnast kuni mullani on 50…60 cm. Alates sealt kihipaksused suurenevad.

Kattekihi terakoostis on esitatud joonisel 7, mille järgi jääb kruus pos. 5 terakoostise piiridesse või väljub sellest veidi liivafraktsiooni piirkonnas.



Joonis 7. Kattekihi kruusa terastikulised koostised kas jäävad pos. 5 piiridesse või väljuvad sellest napilt.



Joonis 8. Maaradaritõlgendused alates km 0.6-st. Enne seda on profiil samasugune kuni km 0.8-ni.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Vaadeldav teelõik on suhteliselt lühike ja ühtlane. Kuna teel on palju liiklust, millest 35% moodustab raskeliiklus, on E_{vaj} madalaklassilise tee kohta väga kõrge (2017. a. andmete kohaselt E_{vaj} = 212 MPa). Uuringud näitasid, et kevade kohta on antud kruusatee kandevõime väga hea, mille tagab suhteliselt paksude katendikihtide (80+ cm) olemasolu ja püsiva liigniiskuse puudumine, tänu millele on võimalik paigaldada tolmuvaba kate ilma suurte ehitustöödeta.

Minimaalsed mõõdetud kandevõimed teel olid 155, 155 ja 156 MPa (vastavalt km 0.2, 0.4 ja 1.2). Tehes katendiarvutuse, saab aluseks võtta, et tee paikneb kruuspinnasel, mille elastsusmoodul on 150 MPa. E_{vaj} on tagatud, kui olemasolevale kruusateele paigaldatakse peale 8 cm mustkate (tabel 4), kusjuures E_{vaj} on valitud 220 MPa arvestades võimalikku liikluskoormuse suurenemist.

Ehitusgeoloogilise uuringu ristlõigetel on näha, et kandvas kihis olev kruusliiv ei erine kulumiskihi materjalist, mistõttu sellest saab järeldada, et katendid ei ole enamasti dreenivad. Mullakaardi alusel sai järeldada, et piirkonnas oleva liigniiskuse põhjuseks on tavaliselt ülavesi, millele võib lisanduda ka kõrge põhjavesi. Põhjavett (pinnasevett) ehitusgeoloogiliste uuringutega ei tuvastatud. Katendit ohustava ülavee sissepääs teesse takistatakse pinnatud mustkatte paigaldamisega ja tee maa-ala kuivendusega.

Tabelis 5 on näidatud katendi külmakerkearvutus esimese 0.8 km osas, kus pinnasekihid tulenevad maaradariprofiilist: arvestatud on, et aluspinnase grupp on D, muldkeha on süvendis ja peenrad kaetud kruusaga, pinnasetegur 6, selle peal 40 cm peenliiva, 40 cm kruusa ja 8 cm mustsegu.

Tabel 4

Katendiarvutus

Koormussagedus: 220.22 normtelge ööp/rajale			Pinnas: Gr - Kruuspinnas		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
ALUS	Gr - Kruuspinnas		**150.0**					43.0	0.010	8.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja			Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			14.2%	198.42	220.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					198.42		
	Gr - Kruuspinnas		Nihkepinged aluspinnasel	0.0432	0.0612	29.4%			-
	Katendi kogupaksus	8.0					Parandustegur Δ		

Tabel 5

Külmakerkearvutus

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	40.0
3	Tm_100 [Fsa - peenliiv, Cu>3]	40.0
	D - tolmne saviliiv, raske tolmne saviliiv, tolmne ker	
	Katendi kogupaksus	88.0

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	85
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	6
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	6.0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	5.9
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	1.4%
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		

7. Objekti ehitustegevused

- Kraavid

Km 0.1…0.7 ja 0.9…1.0 tuleb paremal pool teed kaevata kraav. Ülejäänud tee osas on mõlemal pool teed kraavid olemas, kuid need tuleb puhastada. Koos kraavide puhastamise ja kaevamisega tuleb eemaldada võimalik tee ääres olev servavall, kui see ehitamise ajaks on tekkinud.

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt

võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

- Mahasõidud

Kõik mahasõidud tuleb viia peateega ühtlaselt kokku.

- Katend

Olemasolev kruusatee pind tuleb höövеldada profiili nii, et lõikesügavus ulatuks rohkem, kui on aukude sügavus või min. 5 cm.

Parema kruusakihi nihkekindluse tagamiseks paigaldada 6 cm pos 6. kruusa, mille peale 8 cm teel segatud MSE20.

Mustsegu tuleb pinnata kahekordse pindamisega.

Teekatte laiuseks arvestada 7.0 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	882.00	6.17	5 445.47
30201	Kraavide puhastamine	m		m	2932.00	5.15	15 085.14
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	21.00	18.68	392.36
					Summa kantud kokkuvõttesse		**20 922.97**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	13075.20	2.00	26 150.40
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	275.00	5.00	1 375.00
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	12712.00	4.53	57 554.85
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	12712.00	3.57	45 390.99
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	50.00	7.14	357.07
					Summa kantud kokkuvõttesse		**130 828.32**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Igevere - Vana-Kuuste)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**20 923€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**130 828€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**158 677€**
käibemaks 20%	**31 735€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**190 412€**

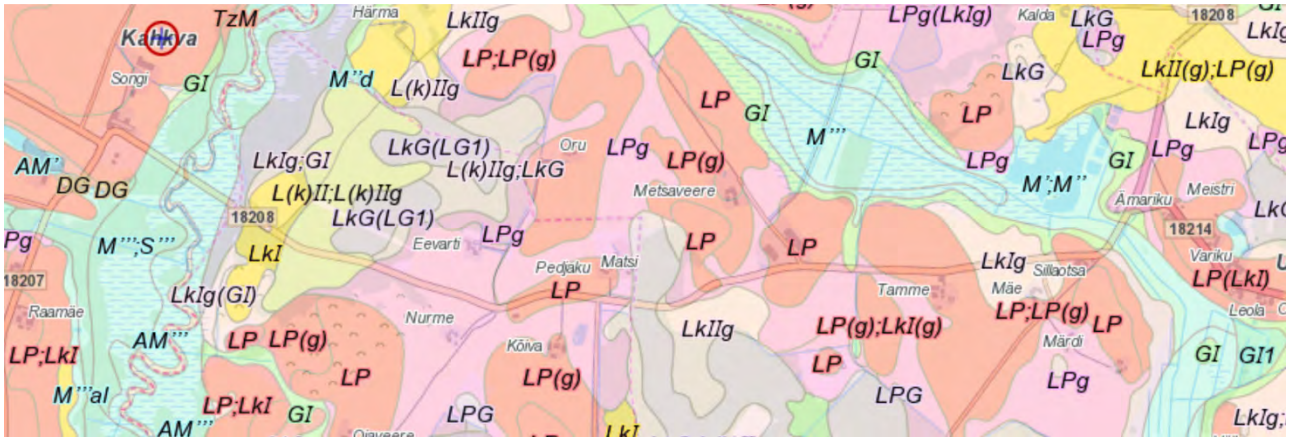
18208 Mikitamäe - Kahkva, km 1.812…4.930

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.



Joonised 1 ja 2. Tee nr. 18208 Mikitamäe - Kahkva, km 1.812…4.390 (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), millest nähtub, et tee asetseb valdavalt leetunud muldade levikualal, lõigu lõpus esineb ka sügavat madal- ja/või siirdesoomulda.

Mullakaardi alusel saab piirkonda iseloomustada kui liigniisket, mis on põhjustatud ülaveest. Seega, et see seisukord püsiks hea, on oluline korralik drenaaž.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „3“.

Liiklussagedus 2017: 57 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 94%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 3%, arvuliselt vastavalt 53, 2 ja 2 a/ööp). Tolmuvaba katte ehitamisel liiklussagedus mingil määral tõenäoliselt suureneb, kuid arvestades olemasolevat väikest liiklussagedust ja seda, et liikluskoosseisus on raskeliikluse osakaal minimaalne, saab katendiarvutuslikult arvestada E_{min} = 130 MPa.

2017. a andmetele põhinedes **$E_{vaj} < E_{min} = 130$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+2*3.76)*0.55 = 7.1 V_1/ööp].

Teeregistris ei ole infot katendikihtide osas. Vaadeldavale lõigule eelneval lõigul on aastal 2016 paigaldatud pinnatud mustkate (bituumenstabiliseerimine).

Objektil mõõdetud tee laius on üldiselt vahemikus 6.0…6.4 m. Tee läheb kitsamaks vahemikus km 4.7 – 4.9, kus laius on ca 5.3 m, kuid kuna selles piirkonnas on tee süvendis ja tõuseb künkale, on seda võimalik lihtsasti laiendada.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 30 mahasõitu ja ristumist kohaliku teega (tabel 1).

Tabel 1

Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

	Asukoht	Parem/vasak pool	Liigitus	Laius	Mahasõidutee kate	Truubi olemasolu mahas.teel	Mahasõidutee kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
1	1813	paremal	eratee	4,0	kattega	truup on	elukohta sissesõit	Talu
2	1991	paremal	muu	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
3	1998	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	Hoovi
4	2023	vasakul	muu	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
5	2133	vasakul	kohalik tee	4,0	kruus	truup on	piiramata otstarbega	4650035 Tereste-Igrise
6	2322	paremal	muu	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
7	2397	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
8	2634	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
9	2635	vasakul	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
10	2657	vasakul	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
11	2659	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
12	2777	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
13	2788	vasakul	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
14	2796	paremal	kohalik tee	5,0	kattega	truup puudub	piiramata otstarbega	4650030 Kotelniki tee
15	2862	paremal	muu	5,0	kruus	truup puudub	tegevuskoht	Lauta
16	2873	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
17	2918	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
18	2936	vasakul	muu	6,0	katteta	truup puudub	muu	Karjatee
19	3301	paremal	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
20	3362	paremal	eratee	3,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
21	3389	vasakul	kohalik tee	5,0	kruus	truup on	piiramata otstarbega	4650012 Igrise-Pedjak
22	3489	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
23	3657	vasakul	eratee	3,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
24	3683	paremal	kohalik tee	3,0	katteta	truup puudub	piiramata otstarbega	4650084 Oru tee
25	3854	paremal	eratee	3,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
26	4197	vasakul	eratee	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
27	4249	paremal	muu	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
28	4277	vasakul	muu	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
29	4296	vasakul	muu	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
30	4350	paremal	muu	4,0	kruus	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	4650030 Kotelniki tee

Truubid:

Tee alt läheb läbi 4 truupi, millest kaks on väga halvas seisukorras ja vajavad välja vahetamist. Tabelis on vähemalt 3 võimalikku viga. Esiteks ja teiseks, maaradariuuringuga ei tuvastatud km 2.1 ega km 4.1 truupide olemasolu, kolmandaks puudub nimekirjast truup km 4.47 (tee ääres on ka piirded, silla nimekirjas seda samuti ei ole).

Tabel 2

Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Truubi pikkus	päised on	Läbimõõt	Seisukord	Materjal
1864	2008	18,0	päiseid ei ole	1,4	väga hea	teras
2102	2009	8,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
2638	1974	11,9	päised on	0,75	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	raudbetoon
4104	1974	10,7	päiseid ei ole	0,5	lülid purunenud (väga halb)	raudbetoon

3. Tee visuaalse vaatluse info

Visuaalse vaatlusega oli nähtavad 5 probleemset kohta, mida oli sõiduautoga raske läbida. Esines väga auklikke kohti, kõnealustes kohtades polnud tee põikprofiil tagatud, tee oli madalam või samal kõrgusel maapinnaga, puudusid korralikud kraavid (foto 1). Tee servas esineb katte materjali valli, mis takistab omakorda veel kattelt eemaldumist. Eriti pehme piirkond on vahemik km 3.7…4.0 (foto 2)

Km 4.5…4.7 on peale silda/truupi üleujutatud, soine ala. Tee on muldel, tänu millele on kandevõime suhteliselt hea. Ülejäänud teele tuleb teha kruusatee rekonstrueerimine koos kraavide kaevamisega, peale mida saaks paigaldada tolmuvaba katte. Olemasolevat kruusateed tuleb hetkeses (kevadises) seisukorras käsitleda pigem kui aluspinnast, millele tuleb uus katend peale ehitada.

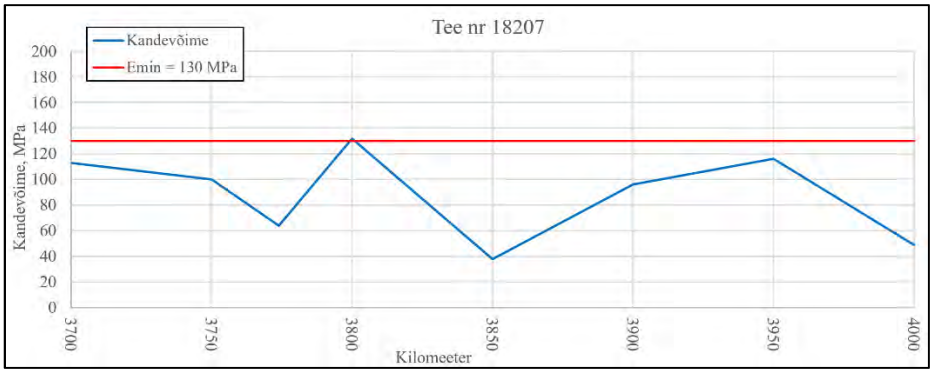
Fotod 1 ja 2. Käsitletav kruusatee on olemasoleva maapinnaga tasa, kraave ei ole. Km 3.7…4.0 oli eriti niiskes keskkonnas, mis halvendab tee läbitavust.

Vaadeldavale teelõigule eelnes 2016. a. tolmuvaba katte alla viidud teelõik. Kandevõimeks sellelt mõõdeti lõigu lõpus ühes punktis 170 MPa. Üldiselt oli kate väga heas seisukorras, kuigi avastati üks läbivajunud koht (fotod 3 ja 4).

Fotod 3 ja 4. Enne vaadeldavat lõiku oli pinnatud tee, mis oli üldiselt hea korras, kuigi leiti üks lagunenud koht.

Vaadeldavale teelõigule järgneb 2016. a. rekonstrueeritud tee nr 18207 Niitsiku – Kahkva, mille käigus kaevati kraavid ja paigaldati 10 cm uus kulumiskiht (foto 5). Laius kraavi äärest kraavi ääreni on 7.0 m. Lõigu lõpust mõõdeti mõnest punktist ka kandevõime, mille tulemused on joonisel 3 ja millest järeldub, et kandevõime tõstmiseks vaid kraavi kaevamisest ja kulumiskihi uuendamisest/höövеldamisest ei piisa, vaid konstruktsiooni on vaja tugevdada vastavalt tee seisukorrale, kuigi tee seisukorra teevad tehtud meetmed vaieldamatult paremaks.

Foto 5. Vaadeldavale teelõigule järgneb Niitsiku – Kahkva maantee, millele on tehtud kruusatee remont.

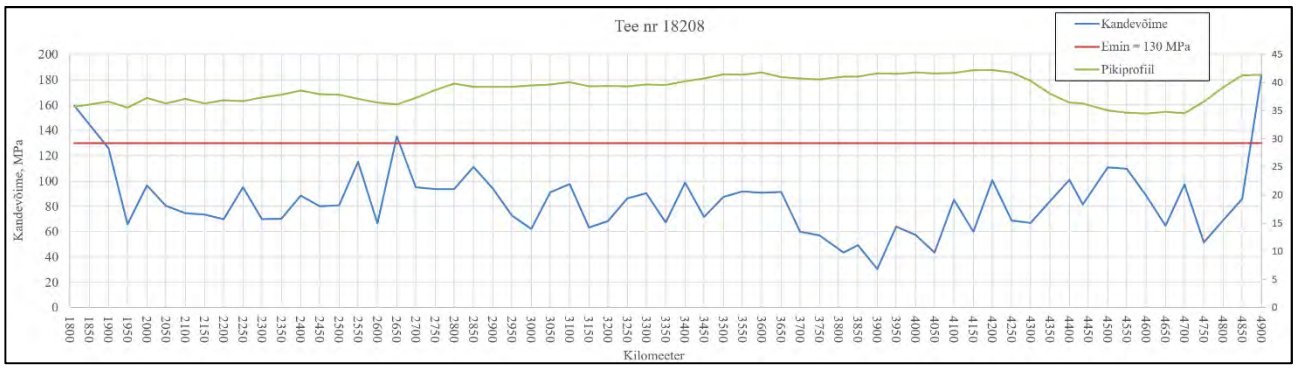


Joonis 3. Niitsiku – Kahkva maantee lõpust mõõdetud kandevõime näitab, et vaid kraavi kaevamise ja kulumiskihi uuendamisega ei ole võimalik nõrga kandevõimega punkte täielikult parandada.

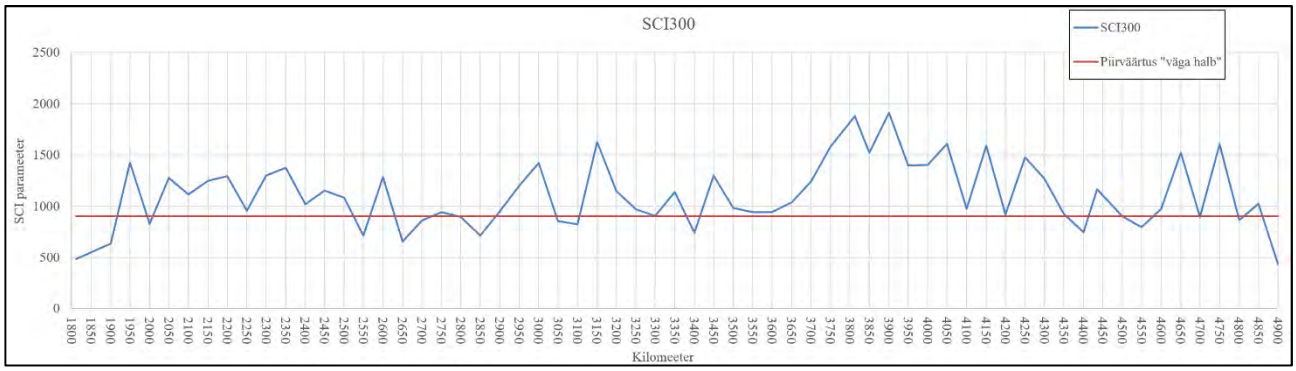
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti teel 29.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Koos vajumikausiparameetritega joonistel 5…7 saab järeldada, et teekatend on kas veeküllastunud või sellele väga lähedal ning materjalid on tugevalt niiskustundlikud. Lisaks võivad katendikihid olla õhukesed. Esmane remondimeede peab olema kraavide kaevamine ja teele põikkalde andmine, et vähendada vee pääsemist katendisse.

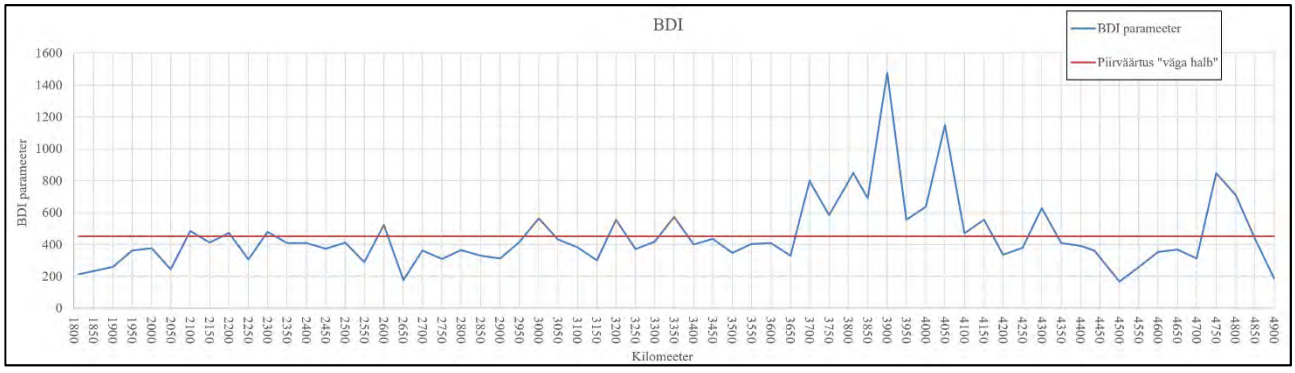
Visuaalse vaatluse põhjal jäi silma piirkond km 3.7…4.1, siis kandevõimetulemustest saab järeldada samuti, et vahemik on väga halvas seisus. Ülejäänud tee on ühtlane.



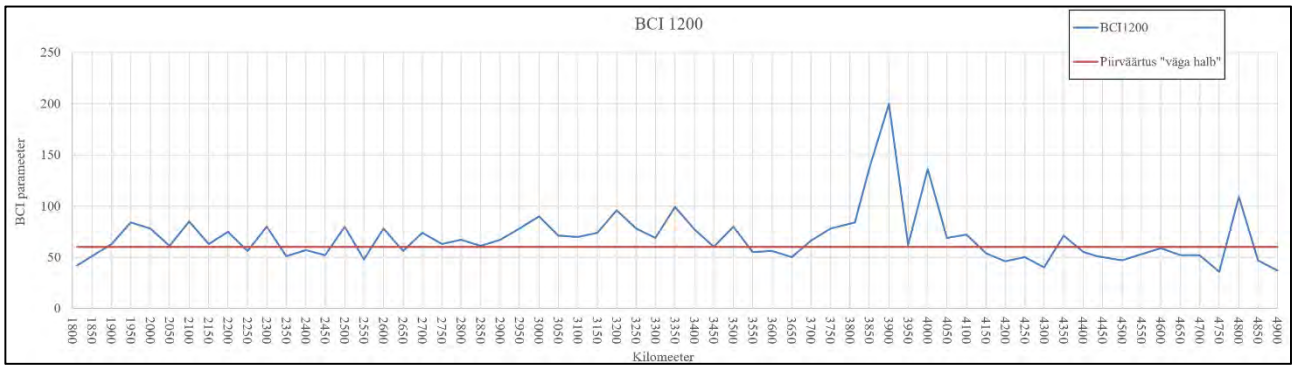
Joonis 4. Mõõdetud kandevõime on kõikjal teel tugevalt alla vajaliku väärtuse.



Joonis 5. SCI parameeter ületab pea kõikjal „väga halb“ piirväärtuse.



Joonis 6. BDI parameeter ületab suures osas teest „väga halb“ piirväärtuse.



Joonis 7. BCI1200 parameeter ületab pea kõikjal „väga halb“ piirväärtuse.

4. Ehitusgeoloogia

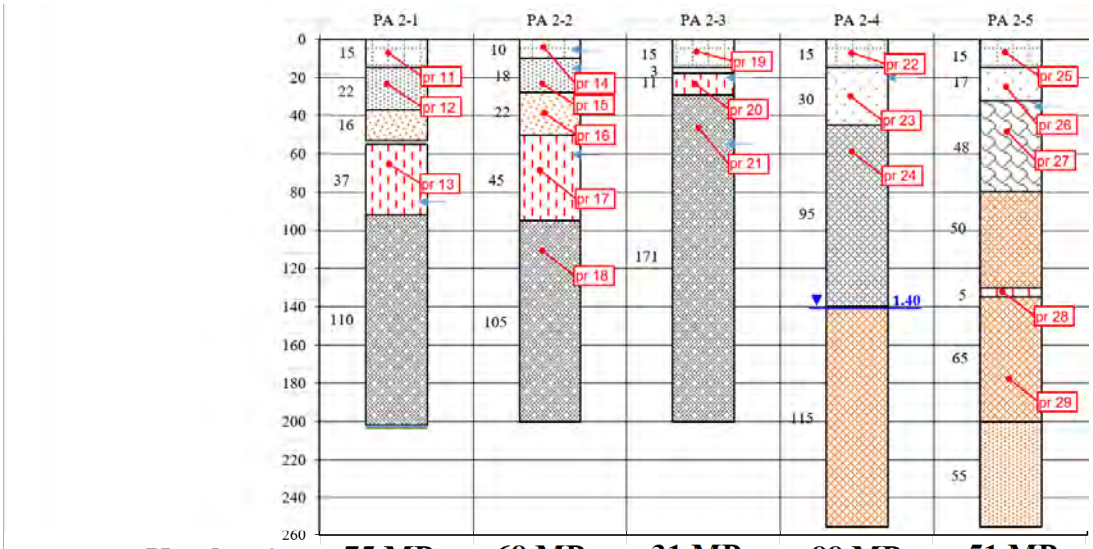
Teekatendi läbilõiked viiest kohast on näidatud profiilidel tabelis 3.

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa ja saGr), milles esineb PA2-1 ja PA2-2 piirkonnas peenliiva vahekiht. Lõigul PA2-1, PA2-2 ja PA2-3 kõikides puuraukudes esines mullakiht paksusega 11-45 cm ning tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen (voolavuspiir WL=18,2%, plastsuspiir WP=13,6%, plastsusarv IP=4,6, looduslik niiskus Wn=12,4%).

PA2-4 jääb Mädasoo ürgoru servaalale, kus kruusliiva lamamiks on möll, mis alates 1,40 meetri sügavuselt kruusatee pinnast on veeküllastunud. PA2-5 paikneb ümbritsevast reljeefist madalamal oleva Mädasoo ürgoru ja oru põhjast järsult kerkiva Kahkva mõisapargi vahelisel nõlvaalal, kus pindmise kruusliiva lamamina on kasutatud nõlvatäitena muu hulgas ka ehitusprahti (punane tellis, munakivid, kivipuru) paksusega 48 cm, mille lamamiks on analoogselt PA2-4 asukohale möll, milles sisaldub orgaanilist ainet.

Tabel 3

Ehitusgeoloogilised lõiked teest



Materjal/Pinnas \ Asukoht	PA 2-1 km 2,11 pp	PA 2-2 km 3,18 pp	PA 2-3 km 3,99 pp	PA 2-4 km 4,62 pp	PA 2-5 km 4,76 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	10	15	15	15
Kruusliiv			3	30	17
Ehituspraht, mullane					48
Peenliiv	22	18			
Kruusliiv, orgaanikaga	16	22			
Mõll				95	
Mõll, orgaanikaga					50
Muld	37	45	11		5
Mõll, orgaanikaga				115	65
Peenliiv, orgaanika viirgudega					55
Savimõllmoreen, kruusa 5-15%	110	105	171		

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Vaadeldava teelõigu saab lõikudeks järgnevalt:

1. km 1.82…3.70: tee laius on 6.0…6.4 m, kraavid puuduvad, tee on maapinnaga tasa. Kandevõime suhteliselt ühtlane, arvutuse aluseks võib lugeda 70 MPa;
2. km 3.70…4.1: tee laius on 6.1 m, kraavid puuduvad, tee on maapinnaga tasa, katend oli kevadel veeküllastunud, mistõttu seisukord väga halb ja kandevõime madal, arvutuse aluseks võib lugeda ca 45 MPa.
3. km 4.1…4.7: tee laius on 6.1, kraavid puuduvad, tee on maapinnaga tasa. Kandevõime suhteliselt ühtlane, arvutuse aluseks võib lugeda 70 MPa;
4. km 4.7…4.9: tee laius on alla 6 m (5.3…5.5 m), mistõttu vajab laiendamist. Tee tõuseb nõlvale, mida on täidetud või laiendatud ehitusprahiga.

Lõikudes 1, 3, ja 4 võib katendi arvutada tabeli 4 kohaselt, milles aluspinnaseks on valitud kruusa- või killustikusegu E-60. Teiseks variandiks oleks jäme kerge saviliiv, kuid selle arvutuslikud

tugevusomadused nihkepingete arvutamiseks on teel esineva kruuspinnase kohta liiga madalad. Katend on küll arvutuslikult üledimensioonitud, kuid arvestades tee praegust olukorda, on tegemist optimaalse lahendusega tagamaks püsiv tolmuvaba kate.

Täiendavalt on punktis 4 vaja teed laiendada. Selleks on vajalik eemaldada tee äärest huumuskiht ja teha tagasitäide.

Lõigu 2 kandevõime tõenäoliselt mingil määral paraneb, kui selle mõlemale poole kaevatakse kraavid. Seega võib sobilikuks katendiarvutuseks lugeda tabelis 5 esitatu.

Tabel 4

Lõikude 1, 3 ja 4 katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A	
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm	
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa	
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas	

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			21.5%	124.75	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					124.75		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0400	0.0882	54.7%	87.39		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0300	0.0661	54.7%			-
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		

Tabel 5

Katendiarvutus lõigule 2 (km 3.7…4.1)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
3	Tm_G (60) - [liiva-, kruusa- ja killustiku segu]	10.0	60					31.0	0.010	6.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**44.5**					34.7	0.011	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			4.4%	107.25	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					107.25		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0387	0.0882	56.1%	74.48		
3	Tm_G (60) - [liiva-, kruusa- ja killustiku segu]	10.0	Nihkepinged	0.0258	0.0661	61.0%	46.79		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0163	0.0182	10.4%			0.763
	Katendi kogupaksus	38.0					Parandustegur Δ		0.000

6. Objekti ehitustegevused

- Kraavid

Lõigu algusest kuni km 4.75 kuni tuleb kaevata mõlemale poole teed kraavid. Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

- Raadamine

Km 4.78…4.83 on puud teele lähedal, mis võivad takistada tee laiendamise korral liiklemist, mis tuleb seega eemaldada.

- Mahasõidud

Mahasõitude alla tuleb paigaldada truubid. Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

- Truubid

Km 2.638 tuleb välja vahetada truup.

Kuna andmed Teeregistrist ja maaradarist osade truupide puhul ei kattunud, tuleb need eraldi üle vaadata.

- Mullatööd

Km 4.7…4.9 tuleb teed laiendada. Selleks eemaldada mõlemalt poolt teed 0.5 m laiuses ehituseks sobimatu pinnas. Lükata olemasolev tee mõlemale poole laiali, vajadusel teha tagasitäide kruuspinnasega. Keskmiseks kaeve- ja täitesügavuseks on arvestatud 0.5 m.

Kurvide km 3.0 ja 3.5 siseküljed vajavad enne katendi ehitus täitmist saavutamaks optimaalset profiili.

- Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Paigaldada kogu lõigus 20 cm kruuspinnas, mille peale 8 cm MSE20. Kruuspinnasena käsitleda alust, mille nõuded on käsitletud Tee ehitamise kvaliteedi nõuete §12.

Teha seotud kihile kahekordne pindamine.

Pinnatud teekatte laiuseks saab olla 6.2 m, vastasel juhul on vaja muldkeha laiendada.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	50.00	3.09	154.35
20306	Truupide demonteerimine	m		m	11.90	51.45	612.26
					Summa kantud kokkuvõttesse		**766.61**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30101	Kasvupinnase eemaldamine	m3		m^3	100.00	3.81	380.73
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	6683.95	6.17	41 266.71
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	21.00	18.68	392.36
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	100.00	13.39	1 339.02
					Summa kantud kokkuvõttesse		**43 378.82**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht (sõidutee)	m3	20	m^2	19955.20	3.50	69 843.20
40507	Purustatud kruusast aluskiht (mahasõidud)	m3	10	m^2	750.00	3.00	2 250.00
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	10	m^2	750.00	4.00	3 000.00
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	19643.40	4.53	88 937.46
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	19331.60	3.57	69 027.73
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	225.00	7.14	1 606.82
					Summa kantud kokkuvõttesse		**234 665.21**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	80	m	11.90	189.00	2 249.10
51001	Plastiktruup (mahasõitude alla)	diameeter (m)	40	m	189.00	95.60	18 068.40
					Summa kantud kokkuvõttesse		**20 317.50**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Mikitamäe - Kahkva)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**767€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**43 379€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**234 665€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**20 318€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**306 054€**
käibemaks 20%	**61 211€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**367 264€**

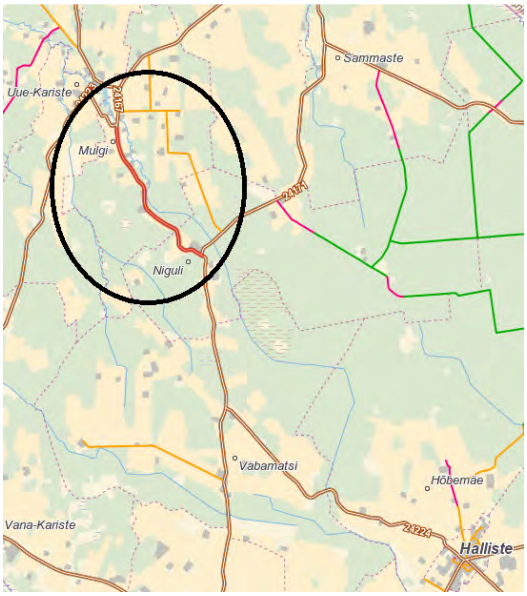
T-24167 Heimtali – Uue-Kariste – Abja-Paluoja km 15.181…18.296

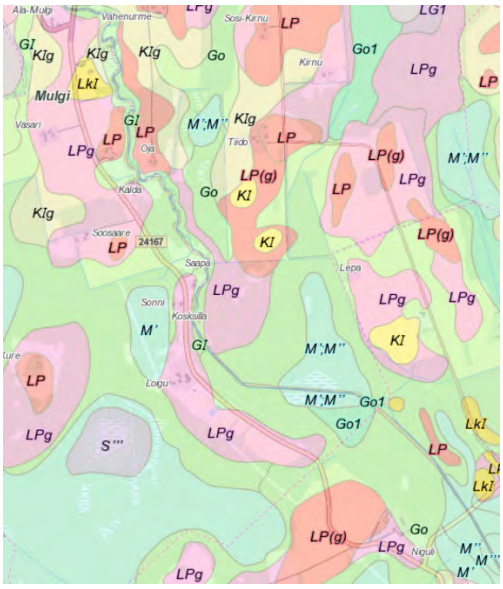
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.





Joonised 1 ja 2. 24167 Heimtali – Uue-Kariste – Abja-Paluoja km 15.181…18.296 asukoht (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), millest nähtub, et tee asetseb valdavalt gleistunud kahkja leetunud mulla, veidi ka leostunud mulla levikualal.

Tee asetseb valdavalt gleistunud kahkja leetunud mulla (LPg) levikualal. Need on karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud mullad, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Kahes lühikeses lõigus on tee ka leistunud gleimulla (Go) levikualal, mida liigitletakse alaliselt liigniisketeks muldadeks, kus liigniiskus on tingitud pidevalt mullaprofiili ulatuvast põhjaveest.

Seega mullakaardi järgi on enamik teest pigem kuivas või niiskes keskkonnas, kuid kohati võib esineda ka liigniiskust.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on valdavalt „3“, lõigus km 17.523…18.074 on tase „4“.

Liiklussagedus 2017: 92 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 96%, veoautod ja autobussid 1%, autorongid 3%, arvuliselt vastavalt 88, 1 ja 3 a/ööp). Kuna tegemist on suhteliselt kõrvalises asukohas oleva teega, võib liiklussagedus tolmuvaba katte ehitamisel mingil määral suureneda, kuid mitte sedavõrd, mis tingiks vajaduse oluliste muudatuste, antud kontekstis eelkõige kandevõime märgatava suurendamise järele.

2017. a andmetele põhinedes $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (1*2.67+2*3.76)*0.55 = 7.7 V_1/ööp].

Katendikihtide osas in Teeregistris infot minimaalselt. Alus on ehitatud purustatud kruusast aastal 1974 ja viimati on kulumiskihti uuendatud aastal 2009, kui paigaldati 4 cm paksune uus kruusast kulumiskiht. Vaadeldavale teelõigule eelneb pinnatud kruusatee (kruuskate uuendati 6 cm kruusakihiga ja pindamine tehti aastal 2007), mis on pigem heas seisukorras (foto 1).

Foto 1. Vaadeldavale teelõigule eelnev pinnatud kruusatee on pigem heas seisukorras.

Objektil mõõdetud tee laius on üldiselt vahemikus 6.7…6.8 m, kuid tee läheb Niguli asulas kitsamaks 6.2 m peale. Teeregistri andmetel on tee laius 7.5 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 13 mahasõitu ja ristumist kohaliku teega (tabel 1).

Truubid:

Tee alt läheb läbi 5 truupi, millest kahe seisukord on registri andmetel teadmata. Nende truupide seisukord (vähemalt päiste) on halb ja truubid vajavad kas korrastamist või välja vahetamist (fotod 2 ja 3).

Tabel 1

Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	truup on	Kasutus	Nimi
15290	vasakul	eratee	4,0	kruus		elukohta sissesõit	
15562	paremal	eratee	4,0	kruus		elukohta sissesõit	
15739	vasakul	eratee	5,0	kruus		elukohta sissesõit	
15908	vasakul	eratee	4,0	kruus		elukohta sissesõit	
16055	paremal	eratee	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
16195	paremal	eratee	4,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus	
16394	vasakul	eratee	4,0	kruus		elukohta sissesõit	
16493	paremal	eratee	3,0	katteta		elukohta sissesõit	
16797	paremal	eratee	4,0	kruus		muu	Kosksilla kool,Mulgi muuseum
16835	paremal	eratee	3,0	katteta		elukohta sissesõit	
17949	paremal	eratee	5,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
18075	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
18232	vasakul	eratee	4,0	kruus		elukohta sissesõit	

Tabel 2

Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Sisukord	Materjal	Märkused
15827	2009	12,0	päiseid ei ole	0,8	väga hea	teras	kivikindlustus
16306		9,0	päised on	1,0		raudbetoon	
16571	2007	11,0	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	kivikindlustus
16991		10,2	päised on	1,0		raudbetoon	
18064	2007	12,0	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	kivikindlustus

Fotod 2 ja 3. Raudbetoontruubid vastavalt km 16.306 ja 16.991.

3. Tee visuaalse vaatluse info

Visuaalse vaatluse alusel on tee suhteliselt lai. Kruuskate liivane, tee ääred on sinna valgunud vee tõttu pehmed. Kraave pole või on ebaefektiivsed. Näiteks km 16.8…17.5 on teekate seetõttu pehme ja kandevõime madal. Vahetult tee kõrval on seisev vesi, kuna kraavid on umbes. Kurv km 17.5 on madal ja nõrga kandevõimega, siia tuleks risti teega panna truup (kraavid on, aga miski neid ei ühenda.

Peamiseks probleemiks võib lugeda puudused veerežiimis. Olemasolevad truubid tuleb puhastada (fotodel 4 ja 5 on kujutatud km 18.07 vasaku mahasõidu umbes olev truup) ja nende seisukord üle vaadata, vajadusel välja vahetada. Kraavid tuleb kaevata sügavamaks. Kui teeäärsed kraavid oleks

paremini ühendatud maaparandussüsteemide kraavidega, paraneks tee veerežiim, mis parandab kandevõimet. Lisaks teeäärsete kraavide kaevamisele ja puhastamisele, tuleb tähelepanu pöörata ka maaparandussüsteemi kraavide seisukorrale, et vesi pääseks tee maa-alalt mööda neid ära voolama.

Hetkel on kogu teekatend üleniiskunud (fotod 6 ja 7). Sellegipoolest oli tee suhteliselt heas korras, mis näitab, et kandevõimeprobleemid esinevad üleniiskunud kruusmaterjalist, mitte näiteks sellest, et katendikihid on väga õhukesed.

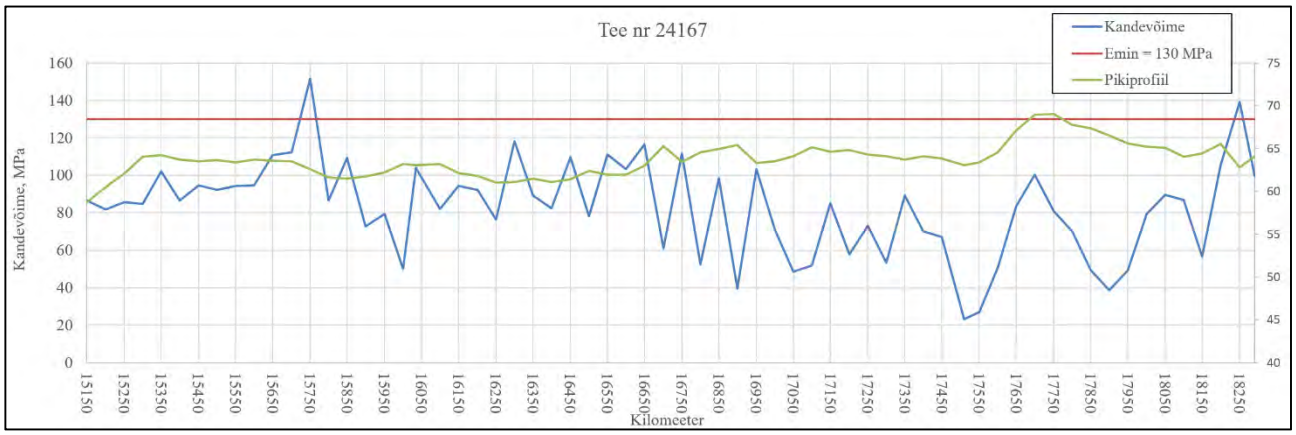
Teel on vaja parandada põikprofiili, eriti viraažidel. Tee servas esineb materjali valli ja paljudes kohtades on tee kausis.

Fotod 4 ja 5. Umbes mahasõidu truup km 18.0 vasakul pool. Vesi seisis kraavis, kuna selle äravool oli takistatud.

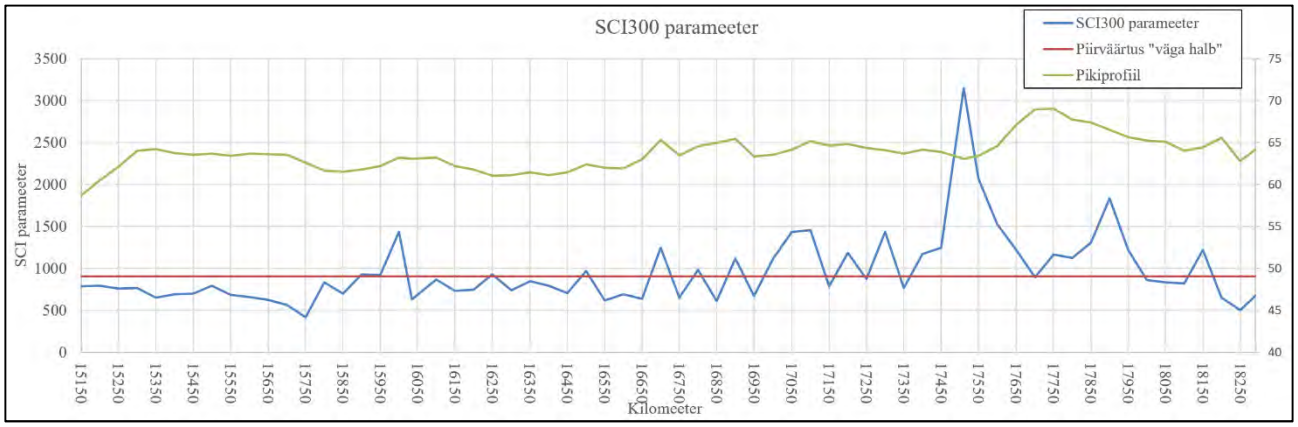
Fotod 6 ja 7. Peamine probleem teega on ebapiisav dreensüsteem, mistõttu teekatend on üleniiskunud.

4. Kandevõime

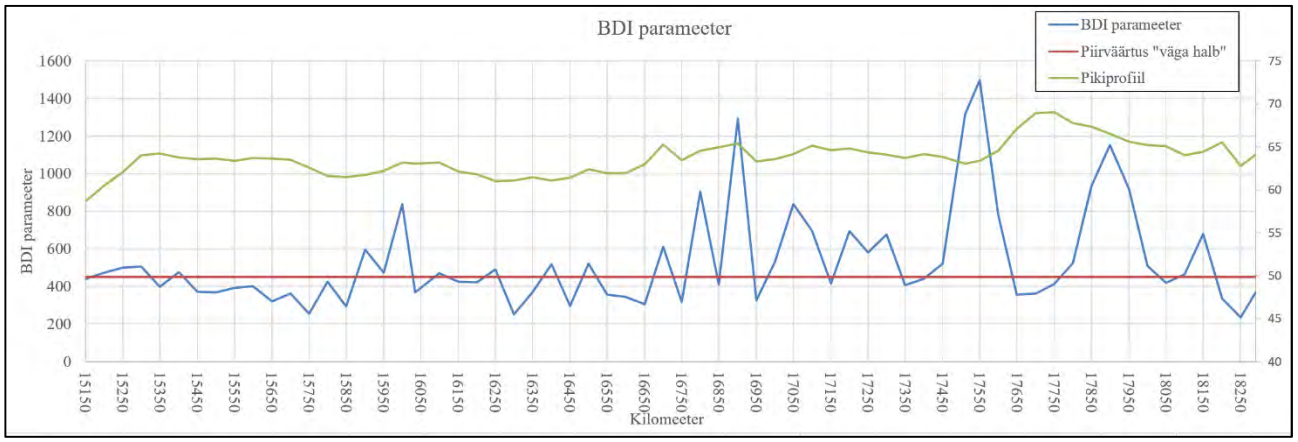
Kandevõime mõõdeti teel 01.05.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Koos vajumikausiparameetritega joonistel 5…7 saab järeldada, et kogu teekatend ja selle alla jäävad pinnased on üleniiskunud ning materjalid on tugevalt niiskustundlikud. Mullakaardi kohaselt on tegemist ajutiselt liigniiske piirkonnaga, mis põhjuseks on ülavesi. Järelikult aitaks tee seisukorda parandada, kui saaks tee ümbruse kuivemaks. Seega peab esmane remondimeede olema kraavide kaevamine ja olemasolevate puhastamine, sh ka tee maa-alast eemale viivate maaparanduslike kraavide puhastamine ja teele põikkalde andmine, et vähendada vee hulka teekatendis.



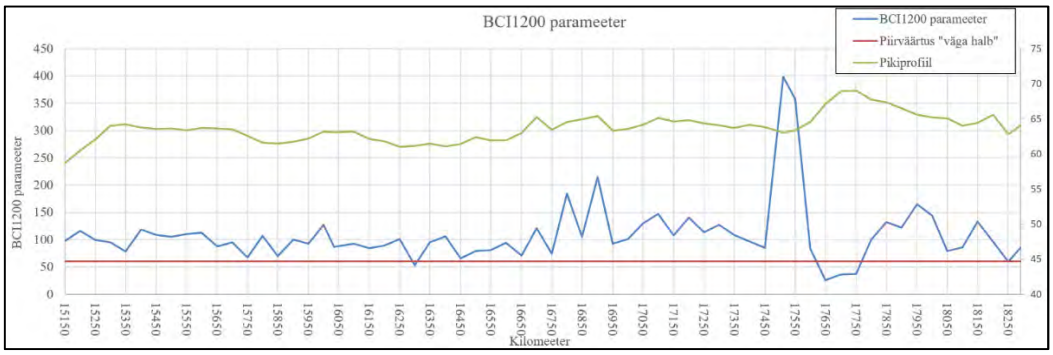
Joonis 3. Mõõdetud kandevõime on kõikjal teel tugevalt alla vajaliku väärtuse.



Joonis 4. SCI parameeter hakkab tõusma alates km 16.65, vasak teepool on nõrgem. Oluline „hüpe“ tuleb alates km 17.0.



Joonis 5. BDI parameeter järgib SCI-ga sama mustrit, mis viitab, et kogu teekatend on tugevalt üleniiskunud.



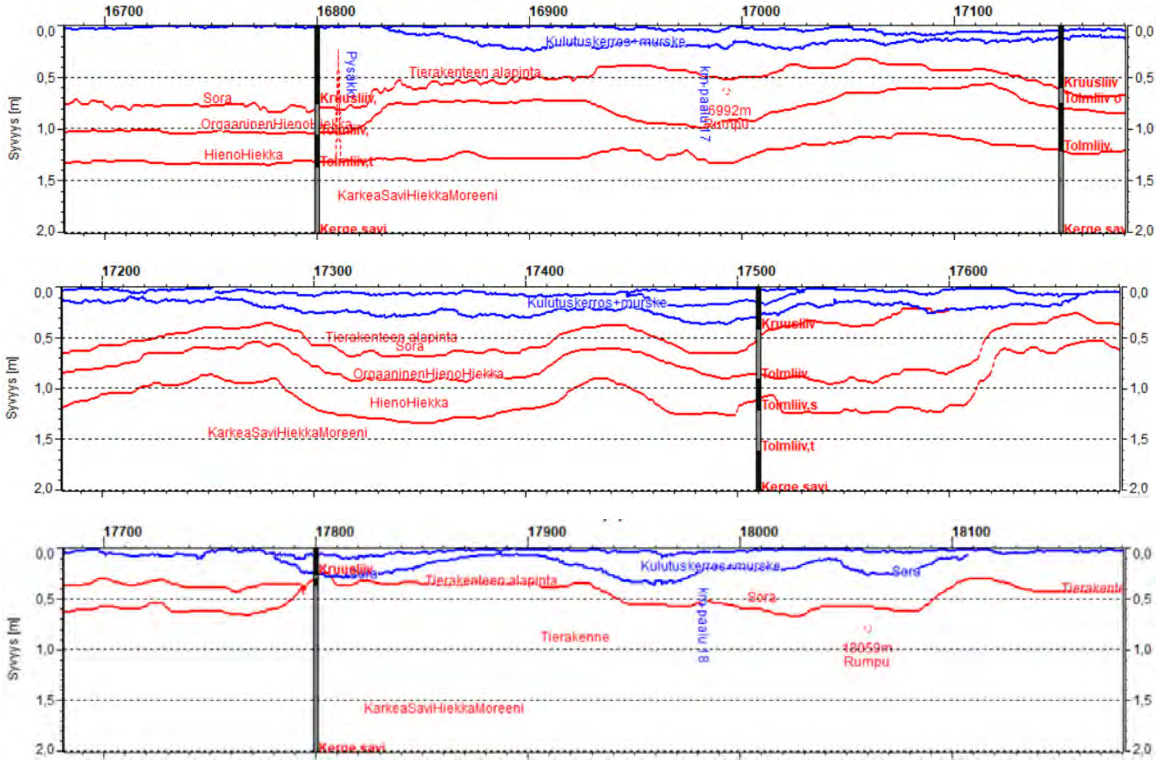
Joonis 6. BCI1200 parameeter ületab pea kõikjal „väga halb“ piirväärtuse, mis näitab, et kogu piirkonnas on probleeme liigveega.

4. Ehitusgeoloogia

Teekatendi läbilõiked viiest kohast on näidatud profiilidel tabelis 3, millelt nähtub, et esimese kolme puuraugu puhul on kruusakihi paksus võrdlemisi suur. Maaradari alusel on kruusakihtide keskmine paksus järgnev:

- km 15.2…16.25: ca 50 cm;
- km 16.25…16.8: ca 80 cm;
- km 16.8…17.5: vaheldumisi vahemikus ca 30…70 cm;
- km 17.5…18.3: ca 40 cm.

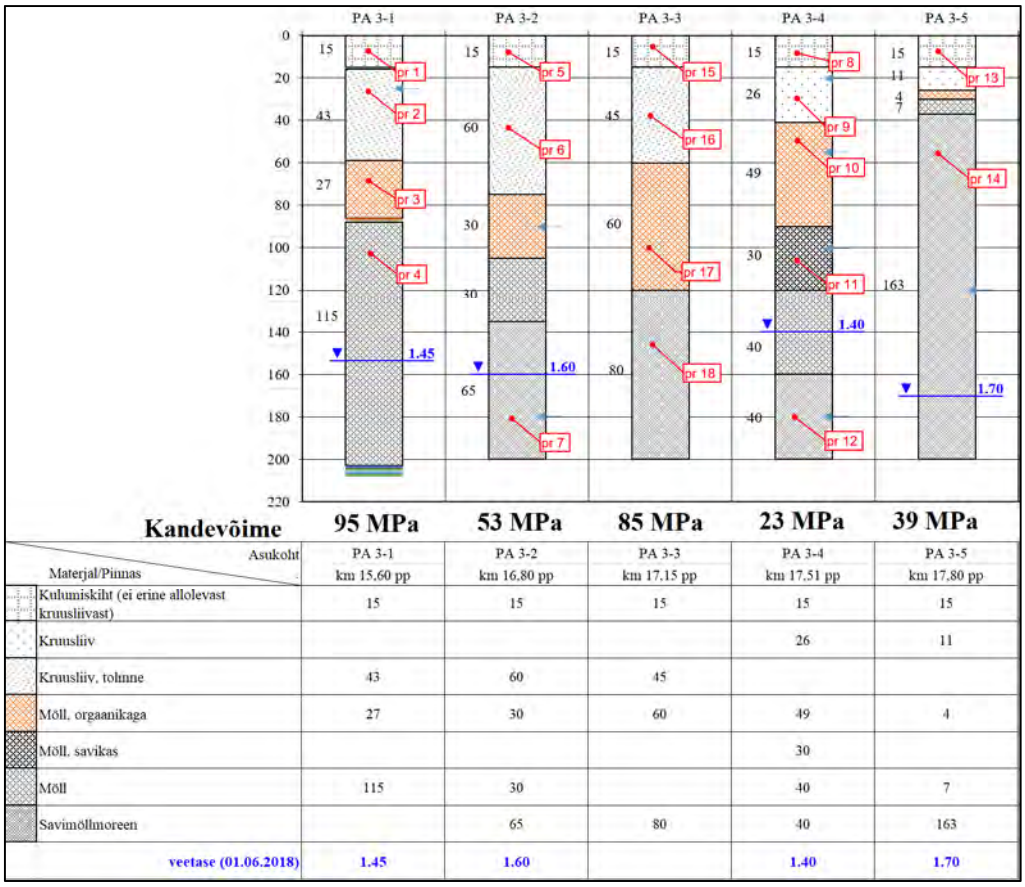
Kõige õhem kruusakihipaksus oli km 17.8 ja see on esitatud ka puuraugu ristlõikel (joonis 7). Kattekihtide terastikulased koostised on esitatud joonisel 8, millelt nähtub, et materjalid väljuvad pos. 5 sõelkõverapiiridest, eriti paistab silma suur liiva osakaal.



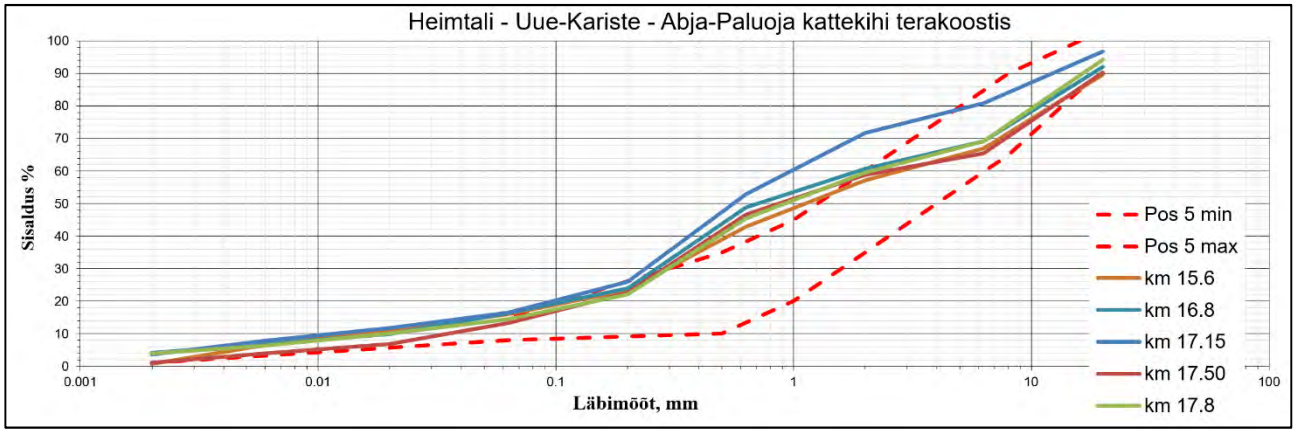
Joonis 7. Väljavõte maaradari tõlgendusest vahemikus km 16.88…18.18. Kõige õhem kruusakihi paksus on km 17.8.

Tabel 3

Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Kandevõime	95 MPa	53 MPa	85 MPa	23 MPa	39 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 3-1 km 15,60 pp	PA 3-2 km 16,80 pp	PA 3-3 km 17,15 pp	PA 3-4 km 17,51 pp	PA 3-5 km 17,80 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15
Kruusliiv				26	11
Kruusliiv, tolmne	43	60	45		
Mõll, orgaanikaga	27	30	60	49	4
Mõll, savikas				30	
Mõll	115	30		40	7
Savimõllmoreen		65	80	40	163
veetase (01.06.2018)	1.45	1.60		1.40	1.70



Joonis 8. Kattekihi terakoostised väljuvad kõik pos. 5 piiridest, eriti silmapaistev on liiva osakaal.

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kuigi mõned kandevõimepunktid näitasid erakordselt madalaid väärtusi, võib öelda, et kogu tee on ühtlane. Peamiseks probleemiks on teekatendi ja selle ümbruse kõrge kevadine veesisaldus. Silmapaistvalt madalad kandevõimeväärtused saadi kohtadest, kus veel ei olnud võimalust teekattelt ära voolata, eriti sisekurvidest, kus lisaks sellele on ka õhem kruusakihi paksus.

Katendikihtide paksused on ehitusgeoloogilise uuringu ja maaradari alusel piisavad. Materjali tuleb juurde tuua sisekurvidesse, kus põikkalded on väljunud optimaalsest ja kihipaksused väiksemad. Kuna kruusakihtide paksused on head, siis madalat kandevõimet põhjustab teekatendis olev vesi, mis ei saa ebapiisava drenaaži tõttu ära kuivada. Seega peaks esmaseks meetmeks tee kandevõime tõstmisel olema kuivendusprojekti koostamine ja selle alusel kraavide kaevamine nii, et pinnavesi saaks juhitud maaparandussüsteemide kraavidesse. Lisaks tuleb anda teele vajalik põikkalle ja eemaldada tee ääres olevad vee äravoolu takistavad vallid. Kui need tööd on tehtud, tõuseb tee kandevõime.

Mõõtmistulemuste alusel võib km 15.18…16.9 kevadiseks kandevõimeks lugeda vähemalt 80 MPa ja 16.9…18.3 vähemalt 60 MPa. Peale kraavide kaevamist, sisekurvide täitmist, tee profileerimist ja vee äravoolu takistavate vallide eemaldamist ei pruugi teekatendi tugevdamist olla vajalik ette võtta ning piisab, kui paigaldada 6 cm pos. 5 kruusakihti, mille peale teha eelpuistega kahekordne pindamine (2xE). Arvamust kinnitab ka see, et teel külmakerkelisi kohti ei olnud ja nõrk kandevõime oli tingitud pinnaveest.

Üldine põhimõte on see, et aluses/kandvas kihis olev materjal ei tohi sisaldada üle 10% peenosist, vastasel juhul ei ole sellel piisavalt vastupanuvõimet püsivatele deformatsioonidele ega veeisalduse kõikumisele. Joonisel 8 esitatud sõelkõveratelt nähtub, et kandvaks kihiks tolmuvaba katte alla jääb kõrge peenosisesisaldusega materjal. Olukord ei ole siiski nii kriitiline arvestades, et raskeliikluse osakaal teel on minimaalne, kuid kui see peaks tõusma, on teekatte püsivus küsimuse all. Seega on vajalik muuta olemasoleva kruusakihi terastikulist koostist nii, et selle peenosisesisaldus jääks alla 10% või võtta ette muid meetmeid vähendamaks kruusmaterjali niiskustundlikkust, kasutades näiteks sideainetega stabiliseerimist (tsement, põlevkivituhk, bituumen).

Km 15.18…16.9 kandevõime oli kevade kohta hea, mistõttu sinna terastikulise koostise muutmist tingimata ette näha ei ole vaja. Kuna km 16.9…18.2 kandevõime oli märgatavalt kõikuvam, samuti üldine trend madalam, siis selles vahemikus on vajalik muuta kruusakihi terastikulist koostist. Olemasoleva kruusa peenosisesisaldus väheneb 8…9% peale, kui sinna sisse segada 50% mahust kruuskillustikku fr 16/32. Segatud kihi paksus peab olema minimaalselt 30 cm.

6. Objekti ehitustegevused

- Kraavid

Üldiselt on kraavid kaevatud sinna, kuhu neid on saanud kaevata, kuid neid tuleb süvendada ning tagada see, et need oleks efektiivsed. Selleks on vaja koostada kuivendusprojekt, mis arvestaks ka maaparandussüsteemide kraavide puhastamisega vajalikus mahus, et tee maa-ala ümbrus saaks kuivemaks. Esialgne kraavide kaevamine või olemasolevate puhastamine ja süvendamine on ette nähtud järgmises vahemikus:

Parem pool: km 15.6…16.45, 16.55…18.2 (kokku 2.5 km);

Vasak pool: km 16.0…18.2 (kokku 2.2 km).

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

- Raadamine

Vajalik vasakul pool: km 16.1…16.2, üksik puu km 16.55, km 16.8…16.95.

Vajalik paremal pool: km 16.84…16.87.

- Mahasõidud

Mahasõitude alla tuleb paigaldada truubid. Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja sissesõit kooli tuleb viia tolmuvaba katte alla.

- Truubid

Raudbetoontruubid km 16.306 ja 16.991 tuleb kas renoveerida (truupide päised), või täielikult uute vastu välja vahetada. Kuna need on tõenäoliselt osa maaparandussüsteemist, tuleb sellega truupide vahetusel arvestada.

- Mullatööd

Kurvide km 16.25, 16.35, 17.45…17.60, km 17.75…18.00 ja km 18.050 siseküljed vajavad enne katendi ehitust täitmist saavutamaks optimaalset profiili.

- Katend

Km 15.18…16.9 tuleb tee profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm. Paigaldada 6 cm kruusasegu pos. 5.

km 16.9…18.2 segada olemasoleva kruusa sisse 15 cm sügavuselt kruuskillustikku fr. 16/32 50% ulatuses (paigaldada 15 cm paksune killustikukiht, mis segada läbi 30 cm sügavuselt). Katend tihendada ja profileerida. Paigaldada 6 cm kruusasegu pos. 5.

Teha eelpuistega kahekordne pindamine 2xE.

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	280.00	1.54	432.18
20208	Üksikpuude langetamine koos kändude juurimisega (freesimisega)	tk		tk	1.00	71.00	71.00
20306	Truupide demonteerimine	m		m	19.20	51.45	987.84
					Summa kantud kokkuvõttesse		**1 491.02**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	5344.00	6.17	32 993.86
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	56.00	18.68	1 046.30
					Summa kantud kokkuvõttesse		**34 040.16**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40101	Olemasoleva katendi freesimine	m2		m^2	8840.00	1.54	13 644.54
40501	Killustikalus paekivi	m3	15	m^2	1326.00	26.65	35 337.37
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	21182.00	2.30	48 718.60
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	325.00	4.16	1 353.30
44005	2xE pindamine (sõidutee)	m2		m2	20247.50	4.13	83 581.68
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	300.00	8.26	2 476.80
					Summa kantud kokkuvõttesse		**185 112.29**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50501	Päiste tüüp x			tk	4.00	776.25	3 105.00
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	63.00	124.20	7 824.60
51002	xy terastruup	diameeter (m)	100	m	19.20	382.95	7 352.64
					Summa kantud kokkuvõttesse		**18 282.24**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Heimtali - Uue-Kariste - Abja-Paluoja)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**1 491€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**34 040€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**185 112€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**18 282€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**245 851€**
käibemaks 20%	**49 170€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**295 021€**

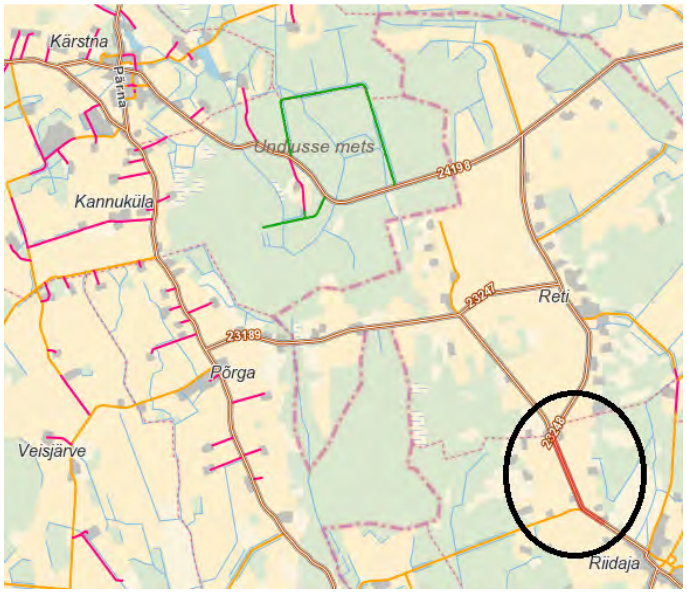
23189 Põrga – Leebiku – Pikasilla, km 4.25…5.332

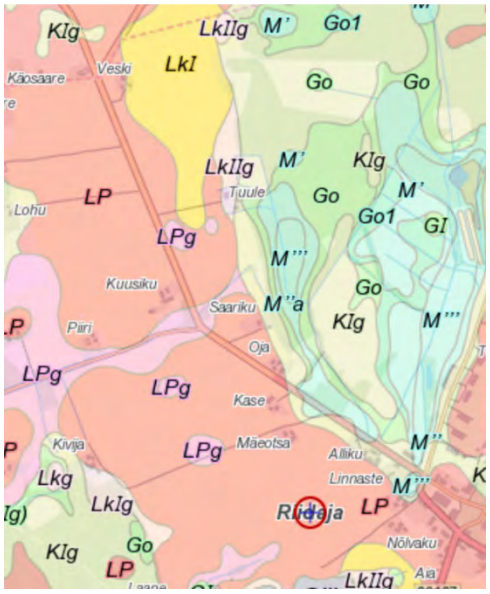
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.





Joonised 1 ja 2. 23189 Põrga – Leebiku – Pikasilla, km 4.25…5.332 asukoht (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), millest nähtub, et tee asetseb kahkja leetunud mulla levikualal.

Tee asetseb kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. See on karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud muld, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Seega mullakaardi järgi on enamik teest pigem niiskes keskkonnas.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „5“.

Liiklussagedus 2017: 109 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 98%, veoautod ja autobussid 1%, autorongid 1%, arvuliselt vastavalt 107, 1 ja 1 a/ööp). Liiklussagedus mingil määral tõenäoliselt suureneb, aga mitte niivõrd, et see hakkaks mõjutama vajalikku kandevõimet, kuna raskeliikluse osakaal liiklusvoost on minimaalne.

2017. a andmetele põhinedes $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (1*2.67+1*3.76)*0.55 = 3.54 V_1/ööp].

Aastal 2010 on vaadeldavale lõigule paigaldatud 10 cm kulumiskiht. Sellele järgneb aastal 2010 ehitatud freespurust pinnatud kate (foto 1). Muud infot katendikihtidest ei ole.

Kandevõimemõõtmisega mõõdeti ka pinnatud kattelt saades väärtuseks E = 103 MPa. SCI300, BDI ja BCI1200 väärtused olid vastavalt 540, 351 ja 117, mis viitab kõrgele veesisaldusele katendis ja materjalide suurele niiskustundlikkusele. Mullakaardilt on näha, et pinnatud lõik asub madalsooturbal. Sellegipoolest on pinnatud kate heas seisukorras ja on õigustanud end hästi, tõenäoliselt tänu sellele, et raskeliikluse osakaal teel on väga väike.

Foto 1. Vaadeldavale teelõigule eelnev pinnatud kruusatee on pigem heas seisukorras hoolimata madalast kandevõimest. Tee ääres on mõned pikipraod.

Objektil mõõdetud tee laius on vahemikus 6.6…6.8 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 12 mahasõitu ja ristumist kohaliku teega (tabel 1).

Tabel 1

Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Truup	Kasutus	Nimi
4315	vasakul	muu	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
4454	paremal	muu	4,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	põld
4599	paremal	muu	4,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	põld
4681	vasakul	muu	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
4882	paremal	muu	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
4890	vasakul	muu	6,0	kruus	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
4924	paremal	muu	7,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
5047	paremal	kohalik tee	3,0	kruus	truup puudub	piiramata otstarbega	valla
5156	vasakul	muu	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
5227	paremal	muu	7,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	
5329	paremal	muu	6,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	
5330	vasakul	muu	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Kattekruus on visuaalselt väga liivane, mistõttu on teekate on veidi treppis ja aukus. Antud pind ei ole kindlasti sobilik pindamise alla ja kruusa terastikulist koostist on vaja korrigeerida.

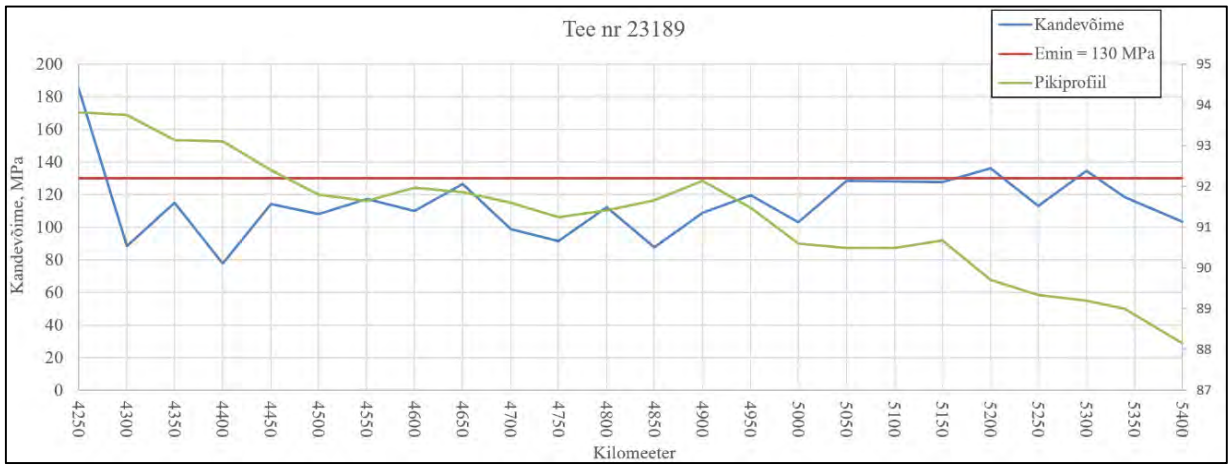
Km 4.55 (+/-25 m) on vesi kattest väljas (foto 2). Km 4.65 on paremal serv ära vajunud.

Teeservas materjali vall, mis ei lase sademeveel ära voolata (foto 3). Tee on kausis ehk puuduvad korralikud profiilid.

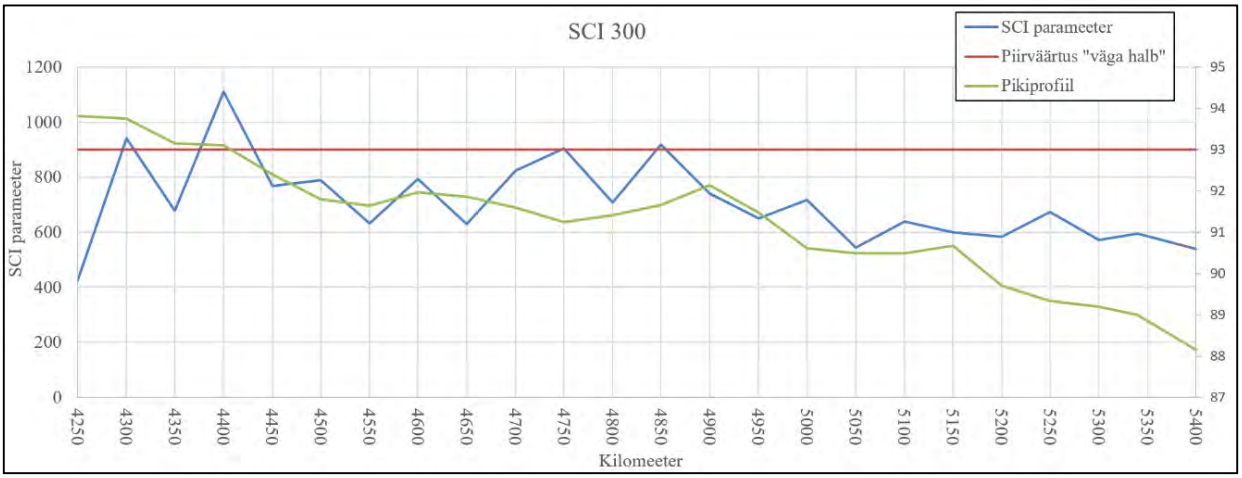
Fotod 3 ja 4. Käsitletava tee seisukord kevadel. Kruuskate on närgatavalt liivane.

4. Kandevõime

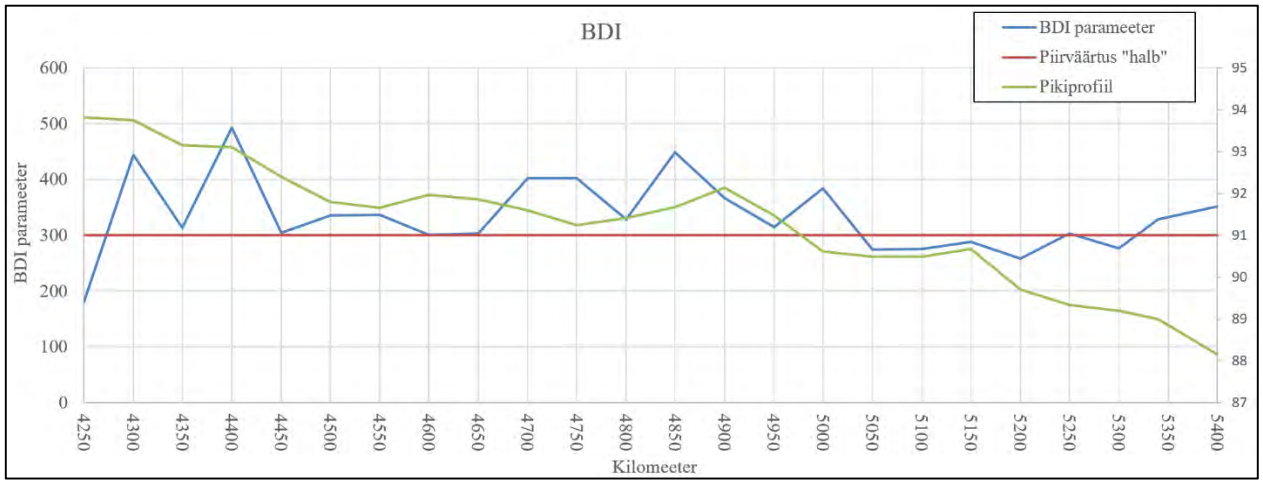
Kandevõime mõõdeti teel 30.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Koos vajumikausi parameetritega joonistel 4…6 saab järeldada, teekatend on üleniiskunud, kuid antud kruusatee on kevadise seisukorra kohta pigem rahuldav, isegi hea. Sellele on kindlasti kaasa aidanud raskeliikluse marginaalne osakaal liikluskoosseisust.



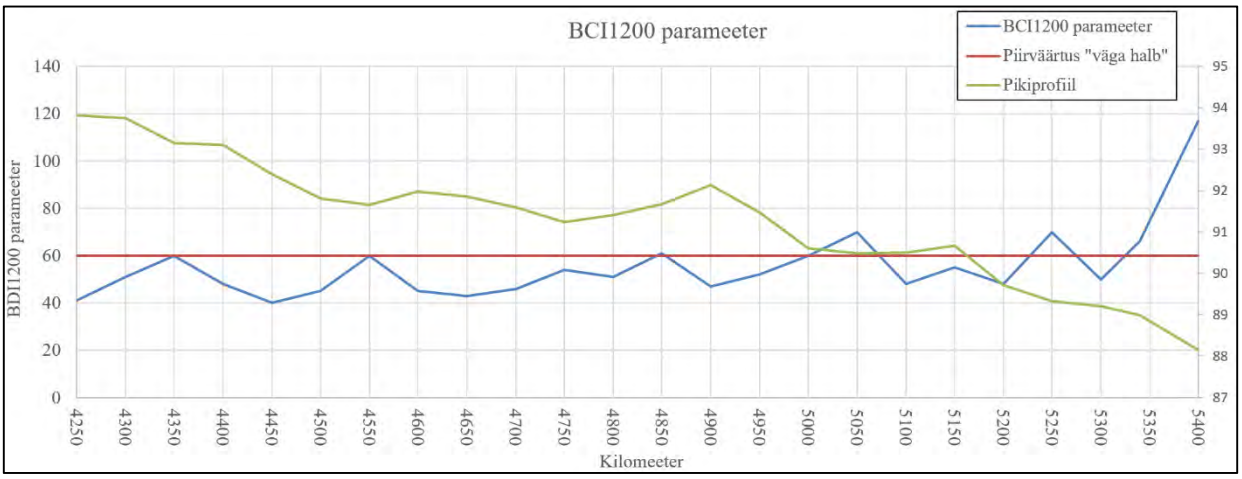
Joonis 3. Mõõdetud kandevõime on kõikjal teel alla vajaliku väärtuse.



Joonis 4. Teekatend on SCI parameetri järgi kevadise kruusatee kohta rahuldav.



Joonis 5. BDI parameeter jääb vahemikku „halb“ ja „väga halb“.

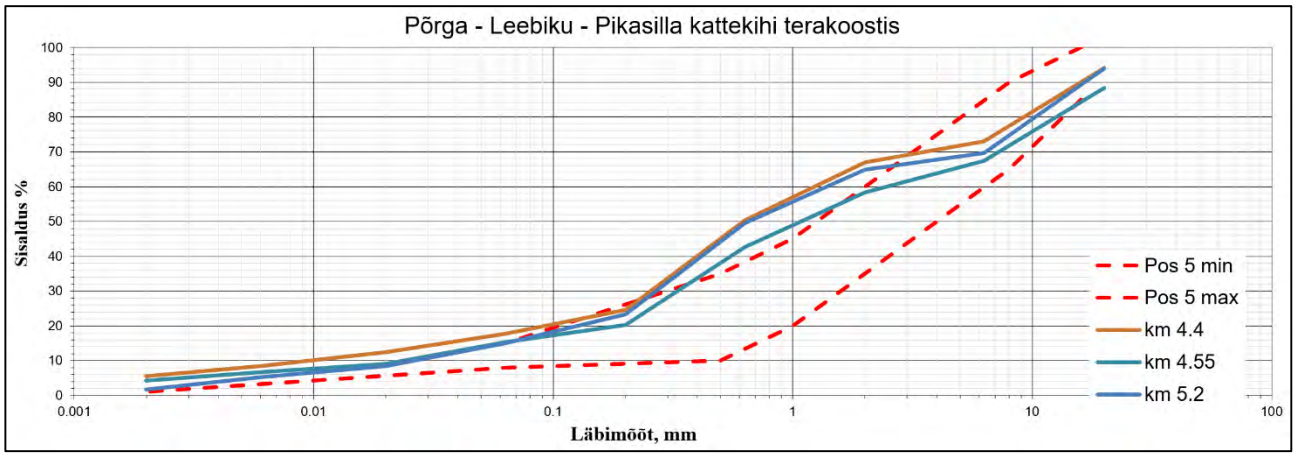


Joonis 6. BCI1200 parameeter jääb enamasti napilt alla „väga halb“ piirväärtuse, mis näitab, et ümbruskond on pigem liigniiske. Lõik läheb lõpus üle turbapinnasele, mistõttu BCI väärtus tõuseb väga kõrgele.

4. Ehitusgeoloogia

Teekatendi läbilõiked viiest kohast on näidatud profiilidel tabelis 2. Lisades juurde ka info maaradarist joonisel 8 on võimalik näha, et kruusakihi paksus teel varieerub vahemikus ca 30…60 cm.

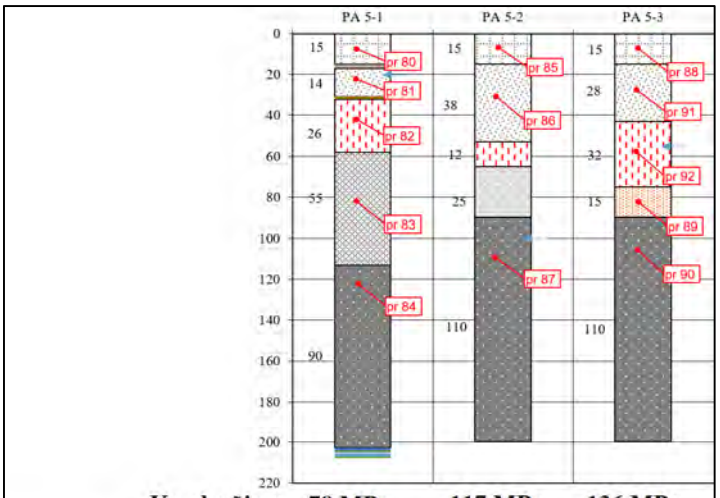
Joonisel 7 on kujutatud kruuskatte terastikulist koostist, mis kinnitab visuaalset vaatlust, et tegemist on märgatavalt liivase materjaliga.



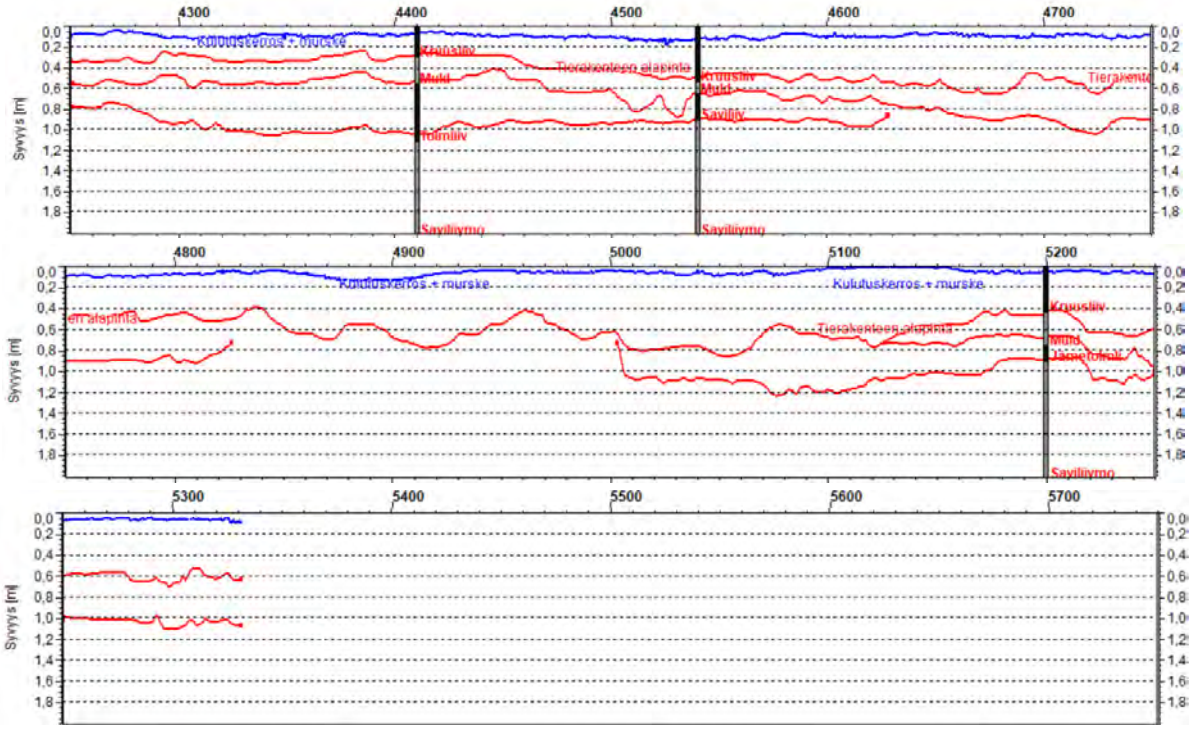
Joonis 7. Põrga – Leebiku – Pikasilla km 4.25…5.332 kattekruusas sisaldub märgataval hulgal liiva.

Tabel 2

Puuraukude läbilõiked



Kandevõime	78 MPa	117 MPa	136 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 5-1 km 4,41 pp	PA 5-2 km 4,54 pp	PA 5-3 km 5,20 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	14	38	28
Muld	26	12	32
Peenliiv, orgaanika viirgudega			15
Möll	55		
Savimöll		25	
Möllsavimoreen, kruusa 5-15 %	90	110	110
veetase (31.05.2018)			



Joonis 8. Teekatendi paksus ja erinevate kihtide jaotumine maaradariuuringu alusel.

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Minimaalne mõõdetud kandevõime teelt oli 80 MPa, mis on kevadise kruusatee kohta hea väärtus. Tee on suhteliselt lühike, arvutuste jaoks võib keskmiseks kandevõimeks lugeda väärtuse vahemikus 80…90 MPa. Vajumikausi parameetrid olid halvad või väga halvad, mis näitab, et teekatend on olnud kas üleniiskunud või ei ole katendis kasutatud materjalid kuigi deformatsioonikindlad. Viimast arvamust toetab ehitusgeoloogiline uuring, mille alusel olid katendimaterjalid väga liivased ja kulumiskihi all olev kruusakiht on tolmne, mille all omakorda muld.

FWD andmetest tagasiarvutusega saab leida, et kruusakihi all oleva mulla arvutuslikuks elastsusmooduliks saab võtta minimaalselt 60 MPa. „Mulla“ näol on tõenäoliselt tegemist madala orgaanikasisaldusega tolmliiva või mölliga. Antud objekti mullaproove ei ole veel analüüsitud, kuna see on järgmise etapi tegevus, kuid vaadates pilte siseruumis loomulikult kuivanud mullast fotodel 5 ja 7, siis nendest võib teha sama järelduse, et tegemist on pigem madala orgaanikasisaldusega mölli või tolmliivaga, mis on hästi tihenenud, kui traditsioonilise tugevalt kokkusurutava ja nõrga tugevusega „põllumullaga“. Objektil tulid need puuraugust välja niisketena, mistõttu paistavad enam mulla moodi (fotod 6 ja 8)

Fotod 5 ja 6. Mullaproovid PA 5-1 peale õhutemperatuuril kuivamist ja puuraugust väljununa.

Fotod 7 ja 8. Mullaproovid PA 5-3 peale õhutemperatuuril kuivamist ja puuraugust väljununa.

Lähtudes eelnevast, on võimalik teha katendiarvutus tabelis 3 näidatud kujul, mis vastab piisavalt täpselt mõõtetulemusele andes E-mooduliks olemasoleva pinna peal 83 MPa. 10 cm optimaalset kruusasegu on vajalik ühtlustamaks alust mustsegu paigaldamiseks. Minimaalne mustsegu kihipaksus on 6 cm.

Tabel 3

Vaadeldava teelõigu katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 3, liigniiske (märg)		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	6.0	180					45.0	0.030	9.5
3	Tm_F (110) - [liiva-, kruusa- ja killustiku segu]	30.0	110					36.0	0.020	7.0
ALUS	B - tolmliiv		**59.1**					33.9	0.011	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			9.5%	112.45	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0					112.45		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	6.0	Nihkepinged	0.0407	0.3141	87.0%	90.32		
3	Tm_F (110) - [liiva-, kruusa- ja killustiku segu]	30.0	Nihkepinged	0.0474	0.1543	69.3%	83.06		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0203	0.0364	44.2%			0.807
	Katendi kogupaksus	42.0					Parandustegur Δ		0.000

6. Objekti ehitustegevused

- Kraavid

Kraavid on olemas kogu tee ääres, kuid need vajavad puhastamist.

- Raadamine

Km 4.9…5.0 on paremal pool vaja kärpida puude võrasid, kuna need ulatuvad teele liiga lähedale. Vasakul pool on km 5.0 üksik puu, mille võra tuleb samuti kärpida.

- Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Mahasõidult km 5.156 (vasakul) tuleb koorida kasvupinnas ja paigaldada kruuskate.

- Truubid

Sõidutee alt läbiminevaid truupe ei ole, kuid mahasõitude all on. Need tuleb puhastada.

- Mullatööd

Eemaldada tuleb tee ääres olev vee äravoolu takistav vall, mida teha koos kraavide puhastamisega.

- Katend

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%.

Paigaldada 6 cm kruusasegu pos. 6, mille peale 8 cm MSE20 (kuigi katendiarvutuse alusel piisaks 6 cm, on otstarbekam lähtuda 8 cm).

Teha kahekordne pindamine.

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20209	Puude võra piiramine			tk	2.00	257.25	514.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**514.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30201	Kraavide puhastamine	m		m	2100.00	5.15	10 804.50
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	56.00	18.68	1 046.30
					Summa kantud kokkuvõttesse		**11 850.80**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	7357.60	2.08	15 318.52
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	375.00	4.16	1 561.50
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	7033.00	4.53	31 842.61
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	7033.00	3.57	25 112.87
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	225.00	7.14	1 606.82
					Summa kantud kokkuvõttesse		**75 442.33**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Põrga - Leebiku - Pikasilla)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**515€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**11 851€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**75 442€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**94 733€**
käibemaks 20%	**18 947€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**113 680€**

18109 Veriora – Soohara, km 6.465…11.68

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

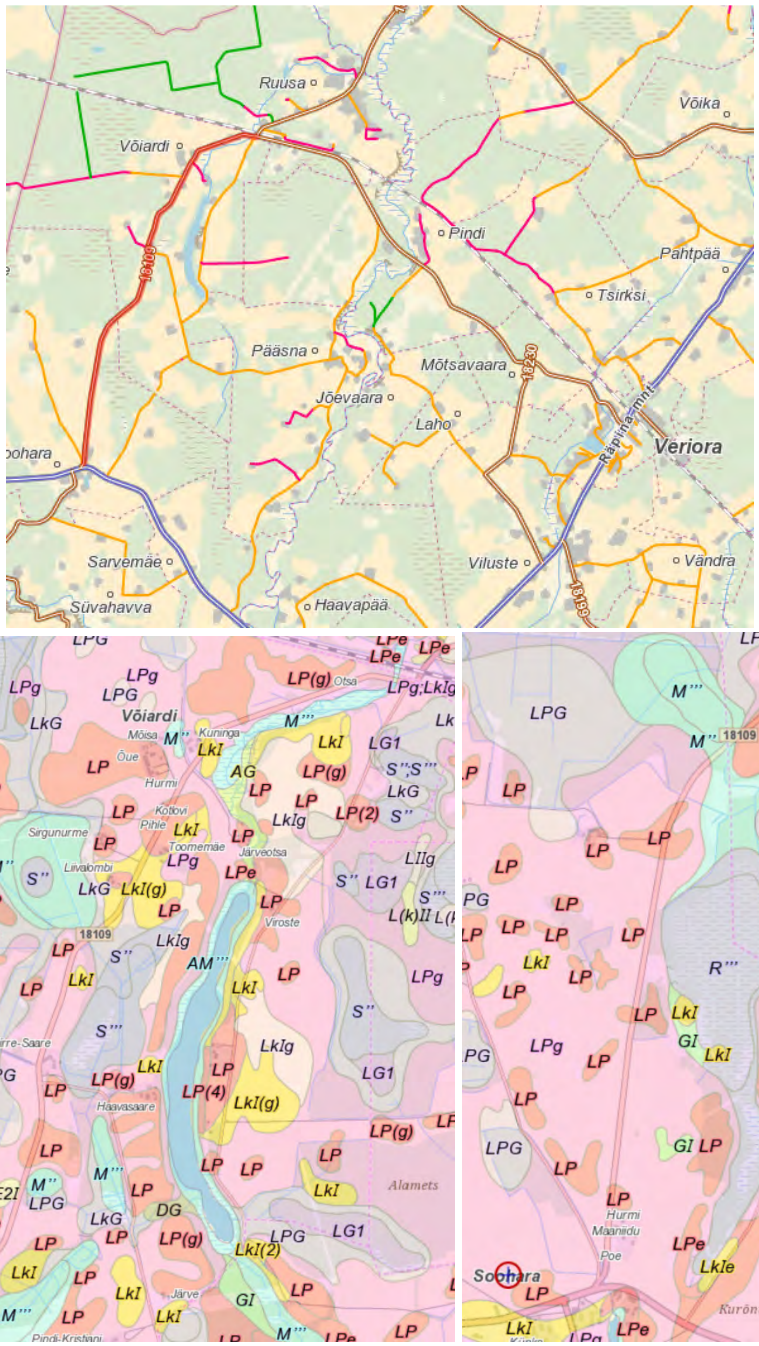
- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.

Tee asetseb valdavalt kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. See on karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud muld, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Vähesel määral jääb tee piirkonda ka nõrgalt leetunud huumusliku leedmulla, siirde- ja madalsoomulla levikuala.



Joonised 1 ja 2. 18109 Veriora – Soohara, km 6.465…11.68 asukoht (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), mille põhjal järeldub, et tee on pigem niiskes paikkonnas, kuid see sõltub suuresti ka pinnavormidest, kuna piirkonna liigniiskus tuleneb ülaveest.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „5“.

Liiklussagedus 2017: 49 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 91%, veoautod ja autobussid 0%, autorongid 9%, arvuliselt vastavalt 45, 0 ja 4 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu. Kuna olemasolev liiklussagedus on niivõrd madal ja

raskeveokite hulk tuleneb tõenäoliselt põllumajandustehnikast, on mõistlik planeerida katendi tugevusarvutustes kasutada E_{min} väärtust.

2017. a andmetele põhinedes **E_{vaj} < E_{min} = 130 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (0*2.67+4*3.76)*0.55 = 8.27 V_1/ööp].

Aastal 2014 on vaadeldavale lõigule paigaldatud 6 cm kulumiskiht purustatud kruusast. Katendikihtide kohta muud infot ei ole.

Teelõik algab aastal 2016 pinnatud kruusateeosaga ja lõppeb aastal 1975 ehitatud mustseguga (foto 2), mis on pinnatud (laiuseks on 5.0 m). Lõigu alguses (foto 1) mõõdeti pinnatud osa kandevõimeks 253 MPa, vahetult pärast seda kruusalt 175 MPa ning lõigu lõpus mõõdeti pinnatud osalt 131, 146 MPa, vahetult enne seda kruusalt 115 MPa.

Fotod 1 ja 2. Vaadeldava teelõigu alustab ja lõpetab pinnatud teekate.

Objektil mõõdetud kruusatee laius on 6.0 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 30 mahasõitu ja ristumist kohaliku teega (tabel 1).

Truubid:

Objektil asub 10 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2.

Tabel 1

Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Nokk	truup puudub	Kasutus	Nimi
6470	vasakul	kohalik tee	6,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	7070045 Ruusa-Hundilaane tee
6776	paremal	eratee	3,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Elamu
6849	paremal	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
7227	paremal	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
7254	paremal	eratee	10,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7407	paremal	eratee	5,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7413	vasakul	eratee	5,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	7073118 Tumala tee
7480	paremal	eratee	3,5	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7495	paremal	eratee	3,5	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7567	paremal	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Elamu
7604	paremal	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Elamu
7641	paremal	kohalik tee	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	7073119 Võiardi metsatee
7662	paremal	muu	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	muu	Vallateele
7768	vasakul	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7810	paremal	eratee	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
7838	vasakul	eratee	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
7918	paremal	eratee	3,5	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
8075	vasakul	muu	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
8663	vasakul	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	tegevuskoht	Maja taha
8681	vasakul	eratee	3,5	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Elamu
8688	paremal	eratee	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	7073120 Sillaotsa tee
8721	vasakul	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	tegevuskoht	Maja taha
8751	vasakul	kohalik tee	5,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	7070046 Võiardi-Pääsna tee
9223	paremal	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
9368	vasakul	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
10137	paremal	eratee	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
10774	vasakul	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
11359	paremal	eratee	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
11539	vasakul	eratee	4,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
11651	vasakul	muu	6,0	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	Kauplus

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Truubi pikkus	päised on	Ava 1 läbimõõt	Ava 2 läbimõõt	Seisukorra hinne	Märkused
6513	2	1977	12,0	päised on	1,0	1,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon
6934	1	1977	15,0	päised on	0,75	0,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon
7145	1	2009	10,0	päiseid ei ole	0,5		väga hea	keermestatud plastik
7296	1	1977	9,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	raudbetoon
7396	1	1977	18,5	päised on	1,0	0,0	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	raudbetoon
8169	1	1977	8,0	päised on	0,75	0,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon
9713	1	1977	11,0	päised on	0,75	0,0	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	raudbetoon
9961	1	1977	11,0	päised on	1,0	0,0	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	raudbetoon
10567	1	2012	10,0	päiseid ei ole	0,5		väga hea	plast
10860	1	2006	12,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	väga hea	keermestatud plastik

3. Tee visuaalse vaatluse info

Antud tee kevadine vaatlus sattus aega, mil hööveldamine oli vahetult enne tehtud. Visuaalselt ühtegi probleemset kohta ei tuvastatud, kuid kandevõimemõõtmise alusel olid mõned nõrgemad piirkonnad. Tee on võrdlemisi hea korras, servades esineb materjali valli, mis ei lase veel kattelt ära voolata. Esineb tugevalt auklikke kohti just küngaste nõlvadel ja künka otsas.

Kraave on tee kõrval vähe, olemasolevad vajavad puhastamist. Näiteks seisis km 9.6 metsa all vesi, mis ei saa voolata maaparanduskraavi ja mistõttu oli seal kandevõime madal.

Mitmed sisekurvid on väga kaldus ja vajaksid täited – näiteks km 7.25, 8.0…8.2, 8.9.

Vanad raudbetoontruubid on kas rahuldavas või halvas seisukorras – näiteks km 9.961 olevast truubist on vesi ühe rõnga ära viinud (foto 3).

Foto 3. Raudbetoontruubid on kas rahuldavas või halvas olukorras. Siin näide km 9.961 truubist.

Visuaalse vaatusega avastati vähemalt üks koht, kus tee pinnal oli võrkpragunenud tavalisest kruusast teistsugune pind. Algselt arvati, et tegemist on saviga, aga maaradari- ja ehitusgeoloogiline uuring näitasid, et tegemist on tuhkstabiliseeritud kihiga, mis mõnedes kohtades tuleb kruuskatte alt välja. Need kohad on vahemikus km 8.6…10.8 kujutatuna fotodel 4…9. Teeregistris ei ole andmeid, et antud tee võiks sisaldada tuhkstabiliseeritud kihti, mistõttu ei ole teada selle vanust. Arvestades aega, millal taolist tehnoloogiat kasutati, võib kihi vanuseks olla ca 30+ aastat.

Fotod 4 ja 5. Teekattele paljanduv tuhkstabikiht km 8.59 ja 8.950.

Fotod 6..9. Maaradari ülesõiduga koos tehtud fotodelt on võimalik tuvastada, et vahemikus km 8.6…10.8 on mitmeid kohti, kus teekatte pinda paljandub kiht, mis on tugevalt pragunenud. Tegemist on õhukese tuhkstabiliseeritud kihiga.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti teel 29.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3 ning vajumikausiparameetrid joonistel 4…6. Kuigi on mõningaid väga madala kandevõimega punkte, on tee seisukord kevade kohta pigem hea.

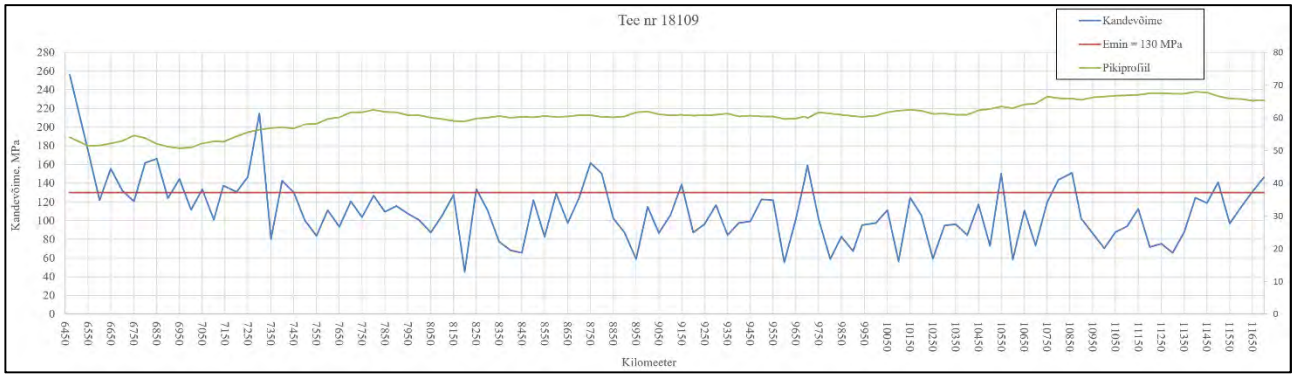
Km 6.46…9.550 keskmiseks kandevõimeks võib lugeda 100 MPa, eranditeks on punktid:

- Km 8.200: 45 MPa – sisekurv (ära vajunud, vee kogunemise koht, katendi kihid õhukesed, foto 10);
- Km 8.400: 68 MPa – katendikiht õhuke, mille all on peenliiv ja muld;
- Km 8.450: 66 MPa – katendikiht õhuke, mille all on peenliiv ja muld;
- Km 8.950: 59 MPa – künkapealne (foto 5), mis ajab tõenäoliselt vett välja, lisaks katendi kogupaksus on ca 15 cm.

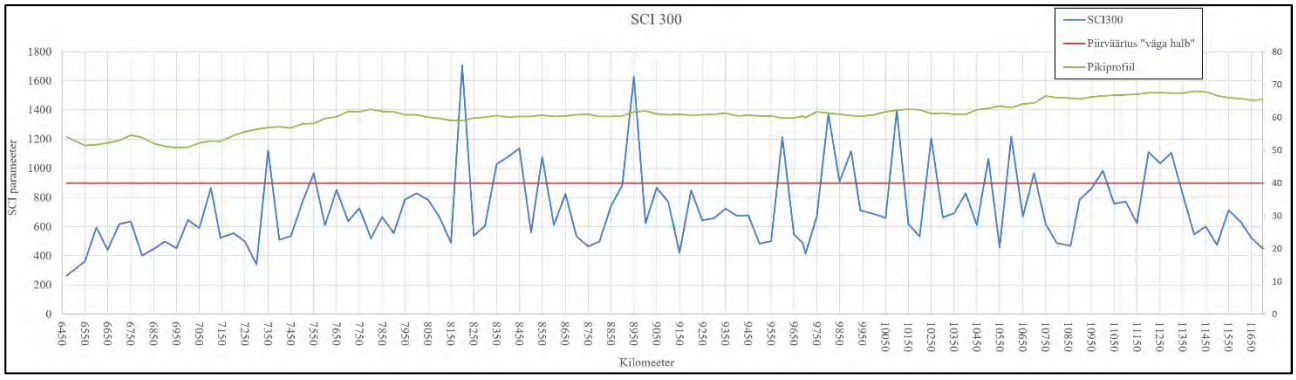
Km 9.550…11.650 keskmiseks kandevõimeks võib lugeda 80 MPa, eranditeks on punktid:

- Km 9.600: 55 MPa – mõõtmisajal oli metsaalune vett täis, kraavi tee ääres ei ole. Nõrk kandevõime tingitud katendi ja selle alla jääva pinnase kõrgest veesisaldusest;
- Km 9.800: 59 MPa - sisekurv (ära vajunud, vee kogunemise koht, katendi kihid õhukesed, foto 11);
- Km 10.100: 57 MPa - künkapealne, mis ajab tõenäoliselt vett välja;
- Km 10.250: 59 MPa – tee ääres ei ole kraave, katend on võrdlemisi õhuke, lisaks on tee looduslikus lohukohas;
- Km 10.600: 59 MPa – künkapealne, mis ajab tõenäoliselt vett välja;
- Km 11.300: 66 MPa - künkapealne, mis ajab tõenäoliselt vett välja.

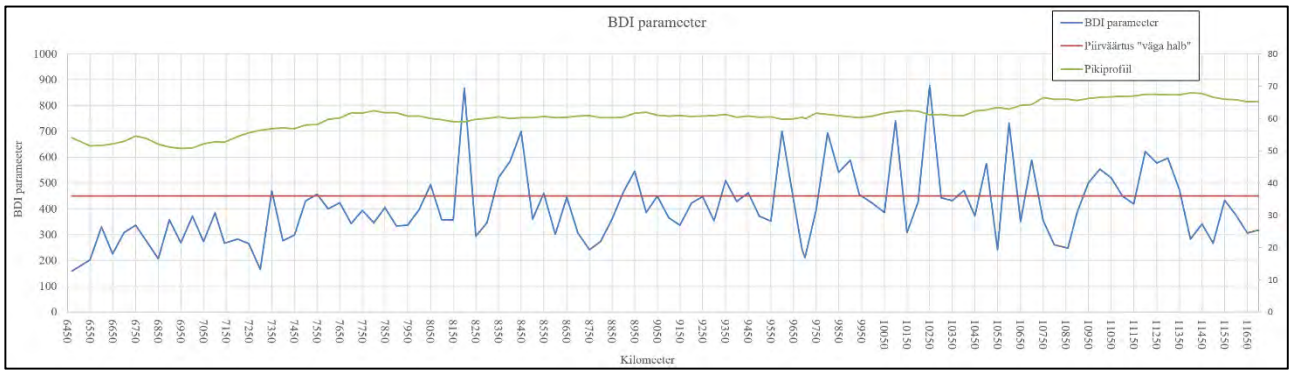
Fotod 10 ja 11. Suure kalde all olev sisekurv. Tihti saadakse nendest kohtadest ülimadalaid kandevõimeid, kuna tee on ajaga sõidetud laiemaks, mis on vähendanud teekatendi paksust. Lisaks vajub sinna vesi, mille äravoolu takistab servavall.



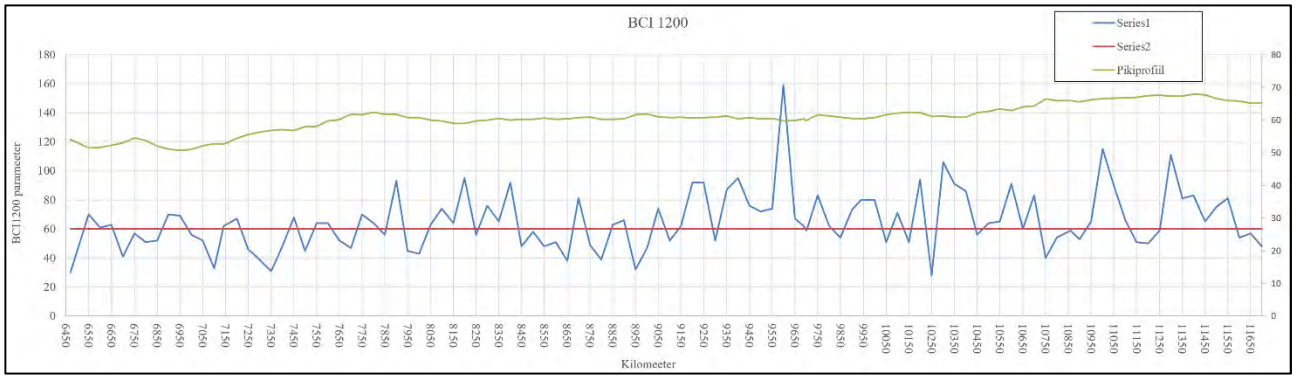
Joonis 3. Mõõdetud kandevõime



Joonis 4. SCI 300 parameeter on mitmetes kohtades üle „väga halb“ piirväärtuse. Kõikides nendes kohtades on ka kandevõime madalam.



Joonis 5. BDI parameeter.



Joonis 6. BCI1200 parameeter.

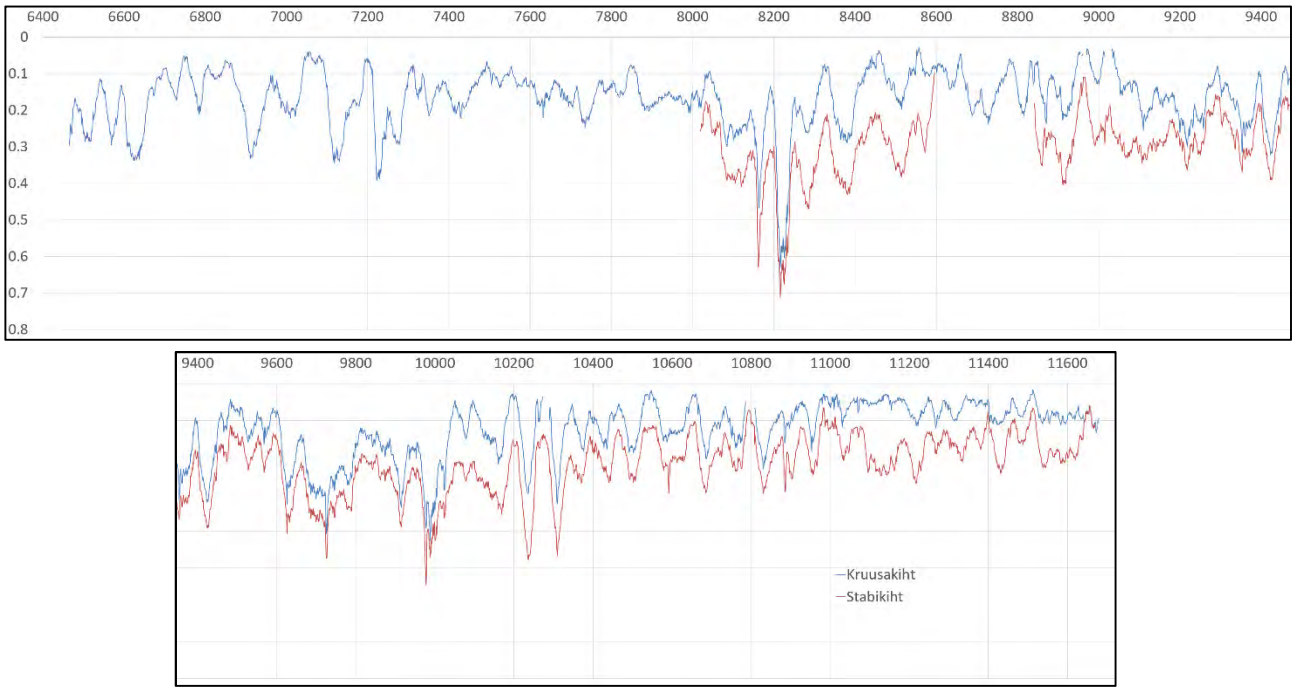
4. Ehitusgeoloogia ja maaradar

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa ja saGr), milles esineb PA6-3, PA6-4, PA6-5 piirkonnas 3-12 cm paksune tuhkstabiliseeritud (vahe)kiht. Kruusliiva lamamina on kasutatud möllist peenliiva. Kõikides puuraukudes esines seejärel mullakiht paksusega 5-35 cm. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul möllsavimoreen (voolavuspiir W_L=27,9%, plastsuspiir W_P=16,0%, plastsusarv I_P=11,9, looduslik niiskus Wn=13,4...14,6%). Pinnasevee tase mõõdeti PA6-1 ja PA6-2 asukohas välitööde ajal 1,45...1,55 m sügavusel kruusatee pinnast (veetaset reguleerib olemasoleva kraavituse toel kruusateest ida pool paiknev pikliku kujuga Virosi järv ühes samanimelise ojaga). Kruusateega ristuvad mõned suuremad (kuivendus)kraavid.

Kihid ristlõigetel on näidatud tabelis 3. Täpsema info kihtide jagunemisest saab maaradarilt, millest nähtub, et kihipaksused varieeruvad suuresti, mis osaliselt selgitab kandevõime kõikumisi. Ülemise kahe kihi osas (kulumis- ja tuhkstabikiht) on väljavõte joonisel 7. Huvitava nüansina saab välja tuua, et km 2.26 tundub olevat stabikihti lapitud pritskillustiku või sarnasega (foto 12). Selle punkti lähedal tehti maaradariga ka tee ristlõike pilt, millest nähtub, et tuhkstabikiht (joonisel 8 nimetatud kui „vanha päällyste“) on väga varieeruva paksusega ka risti tee teljega.

Maaradari alusel on keskmiseks tuhkstabiliseeritud kihi paksuseks vahemikus km 8.0…8.6: 14 cm ja vahemikus km 8.8…11.6: 10 cm.

Kruuskatte terakoostis on esitatud joonisel 8, millest nähtub, et materjalis sisaldub võrreldes muude kruusateedega vähem peenosiseid, kuid liiva osakaal on kõrge, millega saab selgitada teekattes esinevat „treppi“.



Joonis 7. Kulumis- ja tuhkstabikihtide paksused ja jagunemised. Nende kihtide all on väga varieeruva paksusena kruusliiva, mis jätkub peenliivana, mille all on mulda

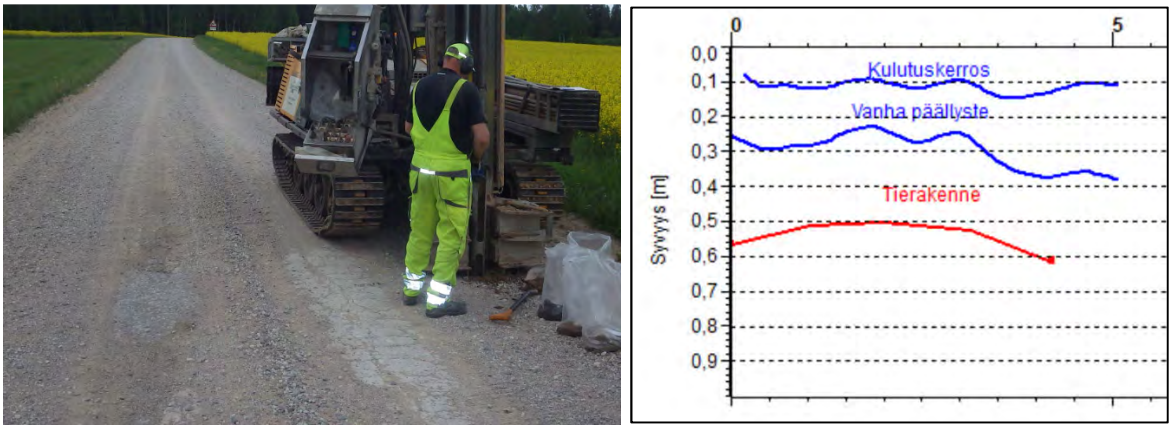
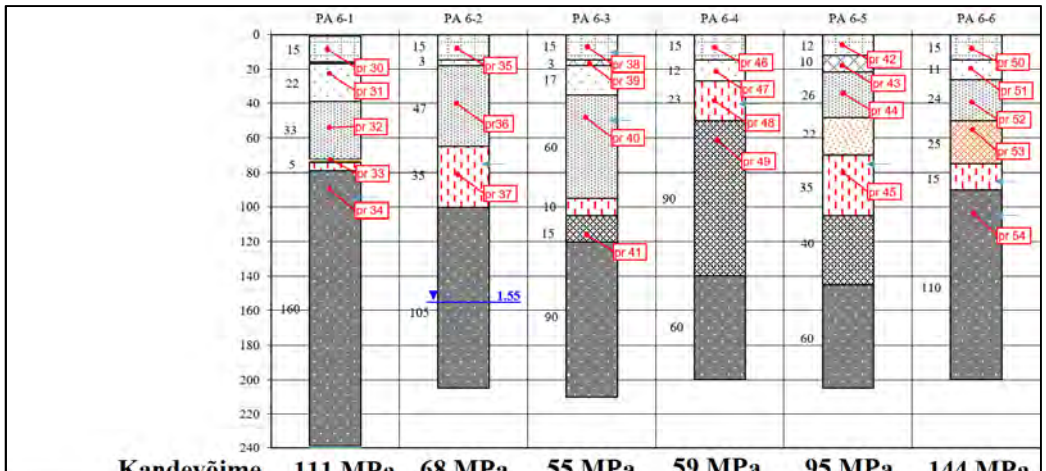


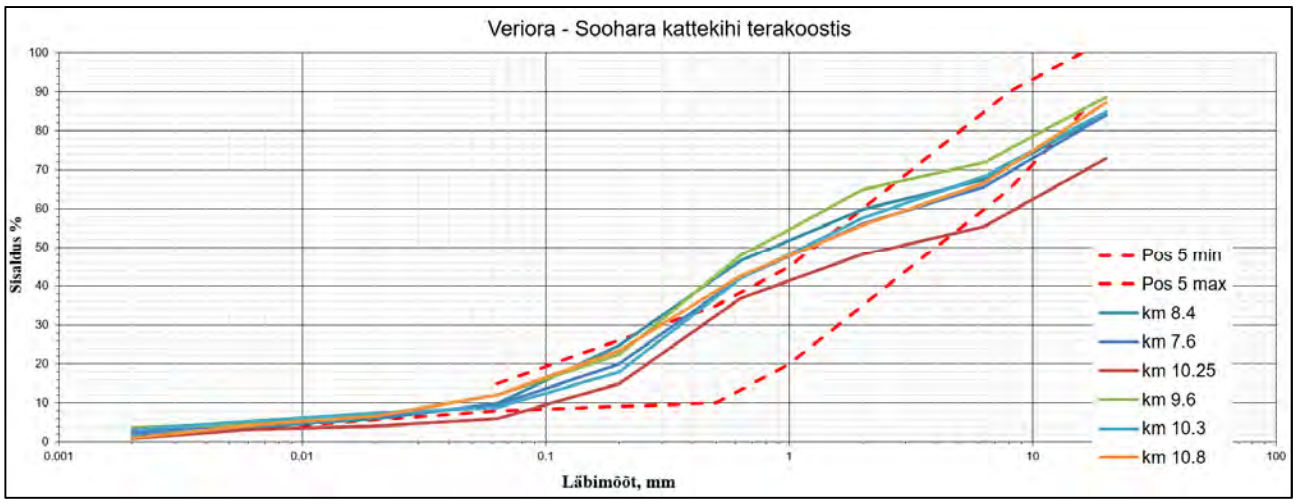
Foto 12, joonis 8. Puuraugu tegemine km 10.26, millest on näha paljanduvat tuhkstabikihti ja tee keskel bituumeniga paigatud lappi.

Tabel 3

Puuraukude ristlõiked



Kandevõime	111 MPa	68 MPa	55 MPa	59 MPa	95 MPa	144 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 6-1 km 7.61 pp	PA 6-2 km 8.41 pp	PA 6-3 km 9.61 pp	PA 6-4 km 10.26 pp	PA 6-5 km 10.31 pp	PA 6-6 km 10.81 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	12	15
Tulkstabiliseeritud kiht			3		10	
Kruusliiv	22	3	17	12		11
Mõlline peenliiv	33	47	60		26	24
Mõll, orgaanikaga						25
Kruusliiv, orgaanikaga					22	
Muld	5	35	10	23	35	15
Mõll, savikas			15	90	40	
Mõllsavimoreen, kruusa 5-15 %	160	105	90	60	60	110
veetase (22.05.2018)	1.45	1.55				



Joonis 8. Veriora – Soohara kattekihi terakoostis

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Suures plaanis saab jagada tee kahte lõiku:

- km 6.46…9.550, mille keskmiseks kandevõimeks võib lugeda 100 MPa;
- km 9.600…11.650, mille keskmiseks kandevõimeks võib lugeda 80 MPa.

Mõlemas nimetatud lõigus olid sees mõned punktid, kus saadi märgatavalt madalamad kandevõimed, millele tuleb pöörata eraldi tähelepanu. Vastav lahendus esitatakse alapeatüki 6 juures.

Antud tee teeb huvitavaks esiteks tuhkstabiliseeritud kihi olemasolu ja teiseks see, et kuigi välja tuli mõned madalama kandevõimega kohad, mis tõenäoliselt on tingitud nõlvadest välja tuleva veega, siis taolisi kandevõimekaotusi ja probleeme, mida esineb rohkesti teistel samadel pinnastel olevatel Lõuna-Eesti kruusateedel, ei leitud. Mitmetel teedel, millel on sarnane ümbruskond, mullakaardi järgi sama pinnas, kuid kruusakihtide paksused kõrgemad, on olnud tõsiseid probleeme isegi sõiduautoga läbi saamisega, rääkimata kandevõimest.

Arvatavasti on antud tee hea säilivuse taganud tuhkstabiliseeritud kiht, kuigi selle eluiga on tõenäoliselt 30+ aastat, see on tugevalt pragunenud ja kihipaksused suhteliselt väikesed (keskmine ca 10 cm). Samuti näitas maaradariuuring, et kiht on väga ebaühtlase paksusega mitte ainult piki- vaid ka risti teega. See tee on heaks näiteks, et tuhkstabiliseerimist saab kruusateede seisukorra parandamiseks edukalt kasutada. Tänapäeval saab tuha doseerimist ja kihipaksuste reguleerimist teha oluliselt täpsemalt, mistõttu võiks sellel olla potentsiaali.

Antud teel ei ole vana tuhkstabiliseeritud kihti vaja eemaldada ega purustada. Sellest ei ole alles jäänud monoliite ega plaate, mis võiksid hiljem põikpragudena peegelduda tolmuvaba katte pinnale. Selle asemel on kiht väiksemate blokkidena, mida võiks käsitleda kui nõrgalt tsementeerunud kihti, mis käitub pigem kui stabiliseerimata materjal.

Km 6.46…9.550 sobilik katendiarvutus on tabelis 4, mille alusel tuleb kasutada 12 cm otpimaalset kruusasegu, mis pinnata. Sellest nõrgemad kohad tuleb lahendada erilahendusega, mida käsitletakse peatüki 6 katendi osas.

Tabel 4

Lõigule km 6.46…9.550 sobilik katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus)	12.0	180					45.0	0.030	9.5
2	Tm_130 [grSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv, Cu>3]	30.0	130					42.0	0.007	7.0
ALUS	B - tolmliiv		**68.6**					35.4	0.013	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			28.4%	113.51	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus)	12.0					113.51		
2	Tm_130 [grSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv, Cu>3]	30.0	Nihkepinged	0.0480	0.0627	23.4%	97.41		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0309	0.0499	38.1%			0.728
	Katendi kogupaksus	42.0					Parandustegur Δ		0.000

Lõigule km 9.550…11.650 sobilik katendiarvutus on tabelis 5, mille alusel tuleb kasutada 15 cm kruuspinnast ja 10 cm optimaalselt kruusasegu, mis pinnata. Sellest nõrgemad kohad tuleb lahendada erilahendusega, mida käsitletakse peatüki 6 katendi osas.

Tabel 5

Lõigule km 9.600…11.650 sobilik katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus)	10.0	180					45.0	0.030	9.5
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	15.0	150					43.0	0.010	8.0
3*	Niiske kruus (90)	20.0	90					40.0	0.005	6.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**48.4**					35.0	0.012	1.5

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			10.3%	97.53	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus)	10.0					97.53		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	15.0	Nihkepinged	0.0459	0.1024	55.2%	83.27		
3*	Niiske kruus (90)	20.0	Nihkepinged	0.0384	0.0384	0.2%	62.68		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0230	0.0230	0.2%			0.708
	Katendi kogupaksus	45.0					Parandustegur Δ		0.000

6. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Suuremal osal teest ei ole kummalgi poolel kraave. Kõikjale neid kaevata ei ole võimalik, kuid seda peaks tegema järgmistes vahemikes:

Parem pool:

- km 6.50…6.73 (kraavi põhja on vajalik kindlustada), km 7.35…7.55, km 7.80…10.0;
- km 10.0…10.15 on kraav olemas, kuid seda peab puhastama;
- km 10.15…10.55 on vaja tee äärde kraavi, kuid vett ei ole võimalik kuhugi suunata. Esmapilgul oleks võimaluseks paigaldada km 10.4 (metsa äär) tee alt läbi truup suunates vesi teisele poole teed ja sealt edasi metsa alla (maapind on vasakule poole kaldus). Km 10.567 on truup olemas, mis kogub kokku ülaltpoolt (kuni km 10.8) tulevat vett suunates selle teisele poole teed. Km 10.56…10.8 tuleb kraav puhastada ja põhi kindlustada.
- km 10.8…11.5 kaevata kraav. Km 10.86 on truup ja maapind sinna poole kaldus, mistõttu saab kogutud vee läbi selle ära juhtida.
- Km 11.5…11.68 (teelõigu lõpuni) tuleb kaevata kraav, mille veed saab suunata maaparandussüsteemi kuivenduskraavi.

Vasak pool:

- Km 7.3…7.7, veed saab suunata läbi truupide km 7.3 ja 7.4 tee maa-alast eemale;
- Km 7.8…8.6;
- Km 8.75…11.5.

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Raadamine

- Üksik puu km 7.15 vasakul tuleks eemaldada.
- Km 7.7 vasakul on puud teele liiga lähedal, kuid tegemist on elumaja hekiga.
- Km 8.05 vasakul ulatub kuuse võra teele. Seda tuleb kas kärpida või puu eemaldada.
- Km 9.65…9.75 vasakul on puud teele liiga lähedal.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Seoses kraavide kaevamisega tuleb paigaldada mahasõitude alla truubid:

- Paremal pool km 7.407, 7.480, 7.495, 7.918, 8.688, 9.223, 11.359;
- Vasakul pool: km 7.413, 7.838, 8.075, 9.368, 10.774.

Truubid

Soovituslik on paigaldada truup km 10.4, kuid enne seda peab veenduma, kas maapinna kalded võimaldavad sellisel viisil kraavitamist, et saaks üleliigse vee tee maa-alalt ära juhtuda.

Kõik halvas ja rahuldavas seisukorras olevad truubid tuleb kas välja vahetada või remontida (km 6.513, 6.934, 7.296, 8.169, 9.961), ülejäänud tuleb puhastada.

Mullatööd

Piirkonnas km 10.2…10.4 tuleb teed tõsta. Selleks paigaldada 20 cm kruuspinnast.

Järgnevad sisekurvid vajavad täitmist: km 6.55…6.60, 7.2…7.25, 8.18…8.25, 8.65…8.70, 8.85…8.95, 9.85…9.95. Täitmismahuna arvestatakse keskmist kruusakihipaksust 20 cm poole tee laiuses.

Katend

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%. Tuleb arvestada, et seoses stabiliseeritud kihi olemasoluga ja kulumiskihi puudumisega ei ole võimalik kõikjal hööveldada.

Km 6.46…9.550 paigaldada 12 cm optimaalset kruusasegu: 6 cm pos. 6, mille peale 6 cm pos. 5. Eraldi tuleb käsitleda järgmisi lõike:

- Km 8.35…8.55 paigaldada täiendavalt 15 cm paksune kruusakiht optimaalse kruusasegu alla;
- Kuna km 8.950 on künka peal nõrk kandevõime, katendi paksus vaid 15 cm ja lisaks piirab küngas pikinähtavust, oleks soovituslik see koht välja kaevata alustades km 8.90 ja lõpetades km 9.05. Keskmine väljakaeve kihipaksus on 30 cm. Tagasitäitel kasutada II profiili geotekstiili, mille peale keskmiselt 20 cm kruuspinnast, mille peale 12 cm optimaalset kruusasegu.

Km 9.600…11.650 paigaldada 15 cm kruuspinnast ja 10 cm optimaalselt kruusasegu. Järgnevates kohtades, kus saadi nõrk kandevõime, tuleb kasutada kruuspinnase all II profiili geotekstiili:

- Km 10.05…10.15;
- Km 10.50…10.65;
- Km 11.25…11.35.

Tee pinnata 2xE.

Teekatte laiuseks arvestada 6.0 m.

Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused.

Kruusatee remondi ja pindamisega tolmuvaba katte ehitamise vahele peaks jääma tehnoloogiline paus, et parandatud teest saaks välja auruda üleliigne niiskus. Kogemused on näidanud, et kui seda ei järgita, kipub pindamine laiguti lagunema. Kui kruusatee remont tehakse sügisel, peaks pindamise tegema alles järgmise aasta suvel.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	280.00	1.54	432.18
20208	Üksikpuude langetamine koos kändude juurimisega (freesimisega)	tk		tk	1.00	71.00	71.00
20209	Puude võra piiramine			tk	2.00	257.25	514.50
20306	Truupide demonteerimine	m		m	23.00	51.45	1 183.35
					Summa kantud kokkuvõttesse		**2 201.03**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30102	Ehituseks sobiva täitepinnase kaevandamine	m3		m^3	285.00	4.12	1 173.06
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	10078.25	6.17	62 223.12
30201	Kraavide puhastamine	m		m	150.00	5.15	771.75
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	61.50	18.68	1 149.07
30401	Muldkeha ehitamine kohalikust pinnasest	m3		m^3	285.00	5.50	1 567.90
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	207.00	13.39	2 771.77
30613	Kraavide ja nõlvade kindlustamine			kogusumma	1.00	1 100.00	1 100.00
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	2831.50	1.54	4 370.42
					Summa kantud kokkuvõttesse		**75 127.08**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^2	33500.00	2.36	79 060.00
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (10 cm, sõidutee)	m3	10	m^2	13800.00	4.62	63 756.00
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	750.00	4.16	3 123.00
44005	2,5xE pindamine (sõidutee)	m2		m2	31290.00	4.13	129 165.12
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	375.00	8.26	3 096.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**278 200.12**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	80	m	32.00	250.00	8 000.00
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	219.00	124.20	27 199.80
51002	xy terastruup	diameeter (m)	100	m	23.00	382.95	8 807.85
					Summa kantud kokkuvõttesse		**44 007.65**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Veriora - Soohara)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**2 201€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**75 127€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**278 200€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**44 008€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**406 461€**
käibemaks 20%	**81 292€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**487 754€**

23193 Piiri – Jeti, km 0.304…12.92

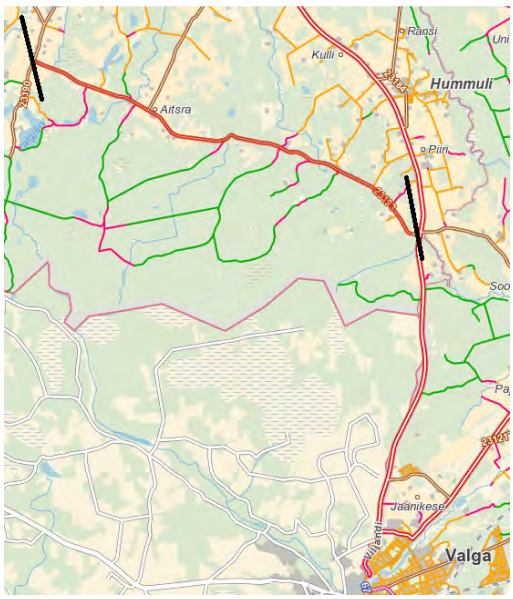
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaarti ei näidata, kuna piirkond on ääretult vaheldusrikas, kuid kokkuvõtlikult saab öelda, et kõige levinumad mullad on:

- kahkjas leetunud muld (LP). See on karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud muld, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.
- Nõrgalt leetunud muld (LkI) ja nõrgalt leetunud leedemuld (LI) – mõlemad on tüüpilised metsamullad.



Joonis 1. 23193 Piiri – Jeti, km 0.304…12.92 asukoht (Teeregister).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „4“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0…9.266: 151 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 89%, veoautod ja autobussid 2%, autorongid 9%, arvuliselt vastavalt 135, 3 ja 13 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu, kuid kuna alternatiive tee kasutamiseks on vähe, siis saab see olema vähene.

Km 9.266…12.920: 54 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 90%, veoautod ja autobussid 8%, autorongid 2%, arvuliselt vastavalt 48, 5 ja 1 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu, kuid kuna alternatiive tee kasutamiseks on vähe, siis saab see olema vähene.

Esimese lõigu $\mathbf{E_{vaj} = 161\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+13*3.76)*0.55 = 31.3 V_1/ööp].

Teise lõigu $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (5*2.67+1*3.76)*0.55 = 9.41 V_1/ööp].

Teeregistri alusel on aluse kruusakiht paigaldatud aastal 1957. Kulumiskihti on viimati uuendatud aastal 2015, kui paigaldati 12 cm optimaalset kruusasegu.

Objektil mõõdetud kruusatee laius on valdavalt 6.3…6.4 m, kõige kitsam koht on km 9.8, kus mõõdeti 6.1 m. Teeregistri alusel on tee laius kogu pikkuses 6.2 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 85 mahasõitu, mille andmed on esitatud lisas 1. Km 9.266 on ristumine teega 23203.

Truubid:

Objektil asub 20 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal
13	1	1960	15,5	päised on	0,75	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
1345	1	2015	9,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
1500	1	2012	11,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
3106	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
3420	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
3796	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
4235	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
5524	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
6501	1	2015	11,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
7202	1	2015	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
8040	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
8411	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,3	väga hea	plast
9255	1	2003	11,8	päiseid ei ole	0,4	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	plast
9738	1	1978	10,6	päised on	1,25	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
9960	1	2012	11,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
10974	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
11450	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
12171	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
12321	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
12739	1	2015	10,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee äärtes on olemas korralikud kraavid, esineb probleeme põikprofiiliga.

Paistab, et viimane materjal, mis on teekatteks paigaldatud, on liiga suure savisisaldusega, sest tee on väga märg ja ligane, tee servad väga pehmed, jalg vajub teekattesse sisse. Visuaalselt näib, et esineb mitmeid kandevõimekaotusega kohti, aga tegelikult võivad probleemid olla tingitud liiga savirikkast kattematerjalist, mis on roopasse sõidetud. Näib, et viimane remont on olnud küsitava kvaliteediga.

Kogu tee ulatuses esineb paiguti väga aukus teekatet.

Peamised probleemid näivad tulenevat kattekihis kasutatud kruusast, mis on liiga peenosiserikas. Võimalik, et kohati on ka katendikihid õhukesed, eriti küngaste pealt. Küngaste piirkonnas ajab ka vett välja, mis nõrgestab teekatendit. On kohti, kus kattekruusa sisse on veetud killustikku, et saavutada sõidetavust ja vähendada peenosise osakaalu.

Visuaalse vaatluse alusel eristati järgnevaid probleemseid kohti:

- Km 0.7…1.25 on probleeme üldise kandevõimega (künkale tõus, arvatavasti pressib vett välja). See tuli välja ka maaradarifotodelt (foto 9), mis oli tehtud mai teises pooles.
- Km 2.15 on künkapealne pehme piirkond;
- Km 3.0…3.05 on künkapealne pehme piirkond;
- Km 3.5 ja 3.65 on künkapealne pehme piirkond;
- Km 6.45…6.55 on kattekruus sisuliselt voolav, mis väljendub ka halvas kandevõimes;
- Km 7.7 künkapealsel on pehme piirkond;
- Km 8.20…8.55 ja 8.80…9.25 (õhuke katend); 9.8…9.9 (küngas ajab vett välja); 11.6…11.8 (metsavaheline, siin võib olla liigniiske), 12.0 (probleemid kruusaga) ja 12.75 (probleemid kruusaga) on pehmed piirkonnad.

Objekti probleemseid kohti on kujutatud fotodel 1…8.

Fotod 1…4. Kattekruus on väga kõrge peenosisesisaldusega, mis ei kannata niiskudes koormust.

Fotod 5 ja 6. Niiskuskahjustused väljendusid nii kogu konstruktsiooni kui vaid kattekruusa probleemidena.

Fotod 7 ja 8. Teekatendi all olev looduslik pinnas (tõenäoliselt savimöll) on ääretult niiskustundlik materjal.

4. Kandevõime

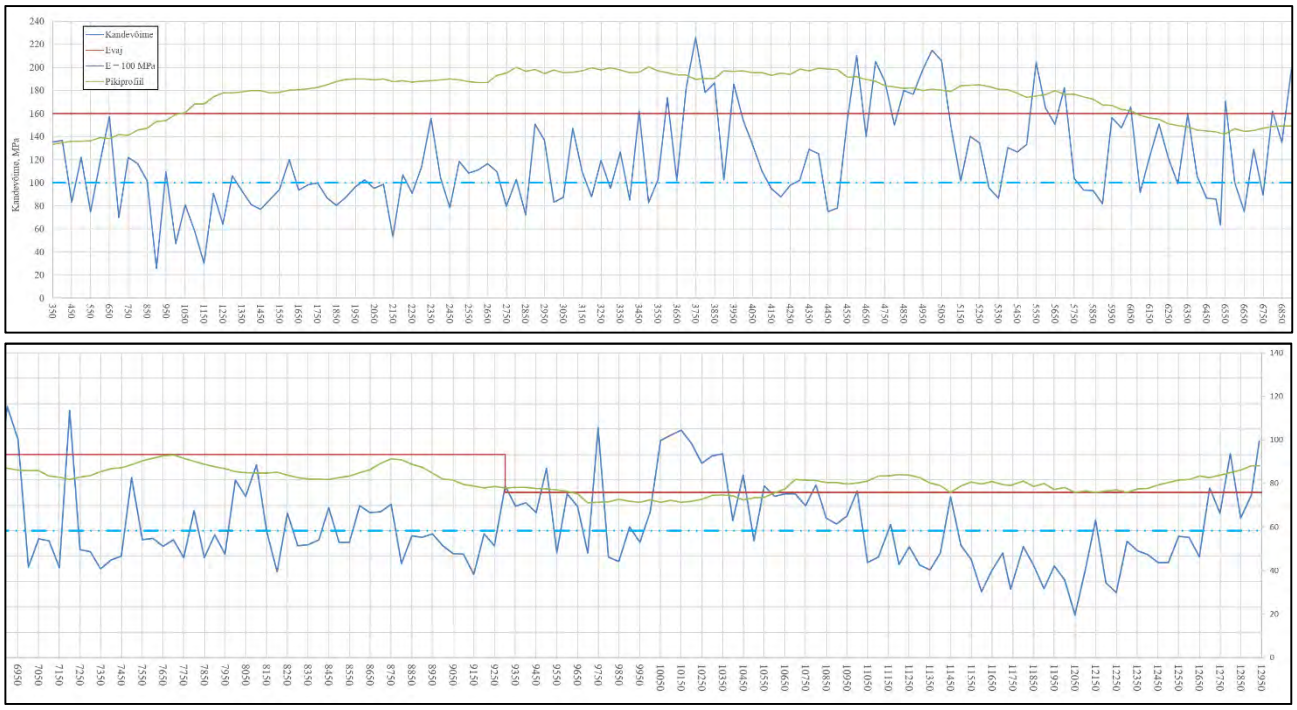
Kandevõime mõõdeti teel 30.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 2. Tee kandevõime vaheldub väga suures ampluaas. Keskmine kandevõime on 111 MPa. Joonistel on kahe joonena märgitud Evaj (punane) ja E = 100 MPa (sinine). Kandevõime alusel võib eristada järgmised piirkonnad:

- km 0.35…0.85: kandevõime 90…100 MPa;

- km 0.85…1.30: kandevõime 50 MPa. Kruusakihi paksus on 10…15 cm, mille all on ca 20 cm savimöllmoreeni (täide), ca õhuke kiht mulda ja savimöll. Seega korralikku teekatendit sisuliselt ei eksisteeri.
- km 1.3…4.550: kandevõime 90…100 MPa;
- km 4.550…5.250 ja 5.40…5.70: kandevõime 150 MPa. Aluspinnas on liiv kuivas keskkonnas.
- km 5.250…5.40 ja 5.70…11.00: kandevõime 90…100 MPa;
- km 11.00…12.65: kandevõime 60…70 MPa. Üleliigne vesi ja katendis ebasobiv kruuspinnas;
- km 12.65…13.00: kandevõime 150 MPa.

Kandevõime suhtes on tee suhteliselt heas seisukorras, kuid välja arvata piirkonnad km 0.85…1.30 ja km 11.00…13.00 ning punktid:

- km 0.9: kandevõime 26 MPa – üleliigne vesi ja õhuke katend;
- km 1.150: kandevõime 30 MPa – üleliigne vesi ja õhuke katend;
- km 2.150: kandevõime 53 MPa – künkapealne ajab vett välja;
- km 6.525: kandevõime 63 MPa – ebasobiv kruuspinnas;
- km 7.000, 7.150, 7.350: kandevõime 70 MPa – õhuke katend, ca 15 cm kruusa savimöllil;
- km 8.200: kandevõime 68 MPa – künkapealne, õhuke katend;
- km 9.150: kandevõime 65 MPa – liigniiske keskkond ja katendis ebasobiv kruuspinnas;
- km 12.05: kandevõime 34 MPa – üleliigne vesi ja katendis ebasobiv kruuspinnas.



Joonis 2. Mõõdetud kandevõime

Fotodel 9…13 on näidatud mõningaid lisafotosid, mis on võetud kuivades oludes, mis kinnitavad eelpool esitatud väiteid probleemsete kohtade põhjuste osas.

Fotod 9 ja 10. Katendi probleemid, mis mõjutavad tee kasutamist ka kuivades oludes. Kruus on väga liivane ega kanna seetõttu koormust.

Fotod 11…13. Ka kuivades oludes on ikka veel võimalik tuvastada mõningaid kohti, mis viitavad, et objektil olev materjal (nii katendis kui selle all) on väga niiskustundlik.

4. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruandes võeti objekt kokku järgmiselt:

Ala reljeef on künklik, küngaste vahel esineb siin-seal väikesi veekogusid (järvi), suurematest vooluveekogudest ristuvad kruusateega Jõku jõgi ja Kõvveroja.

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa, grsiSa, sasiGr, saclGr ja saGr). Kohati esines mullakiht paksusega enamasti 5-34 cm, kuid ühes puuraugus (PA7-11) mõõdeti mullakihi paksuseks 120 cm ning ühes puuraugus (PA7-6) esines turvast paksusega 120 cm.

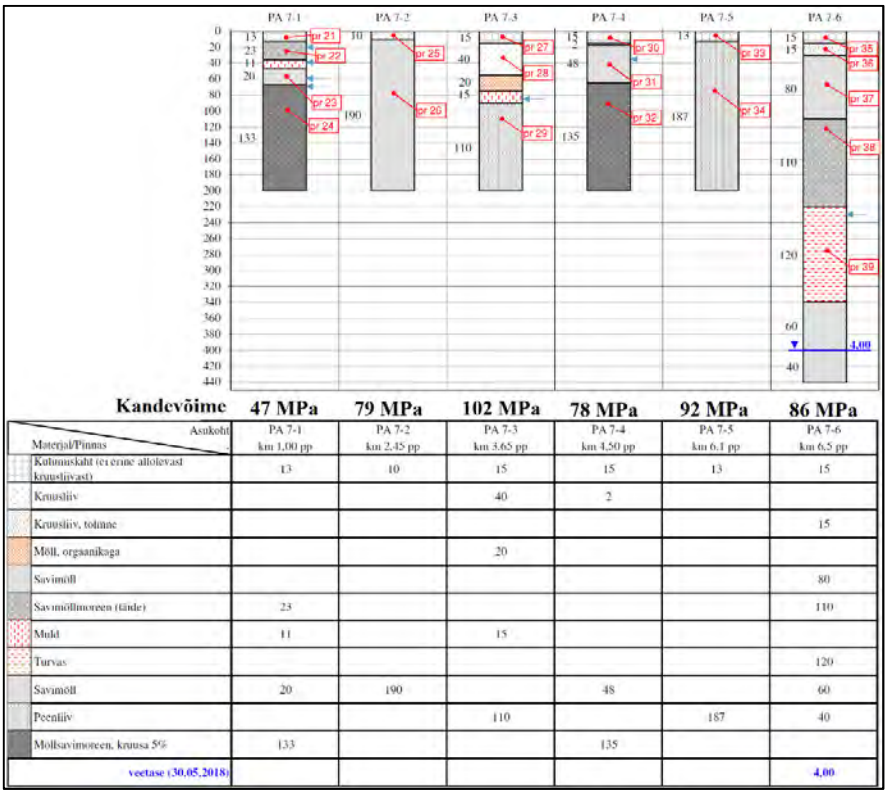
Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul peenliiv, savimöll (voolavuspiir W_L=31,5%, plastsuspiir W_P=23,1%, plastsusarv I_P=8,4, looduslik niiskus W_n=12,8…17,7%) ja/või möllsavimoreen (voolavuspiir W_L=29,1%, plastsuspiir W_P=15,0%, plastsusarv I_P=14,1, looduslik niiskus W_n=11,2...12,3%).

Ehitusgeoloogilised läbilõiked on esitatud tabelites 2 ja 3, lisaks on joonisel 3 ja tabelis 4 näidatud kattekihi terastikulised koostised. Nii nagu mullastiku tingimused kui ka kandevõime, on suure vahelduvusega ka pinnaseolud ja kruusa terakoostised. Eriti paistavad silma kruusakihi tagasihoidlikud paksused, selle liivasus ja kõrge peenosisesisaldus. Teise nüansina paistab, et

mullakihi olemasolu pigem ei mõjuta kandevõimet negatiivselt, vaid põhjus on pinnaste veesisalduses.

Tabel 2

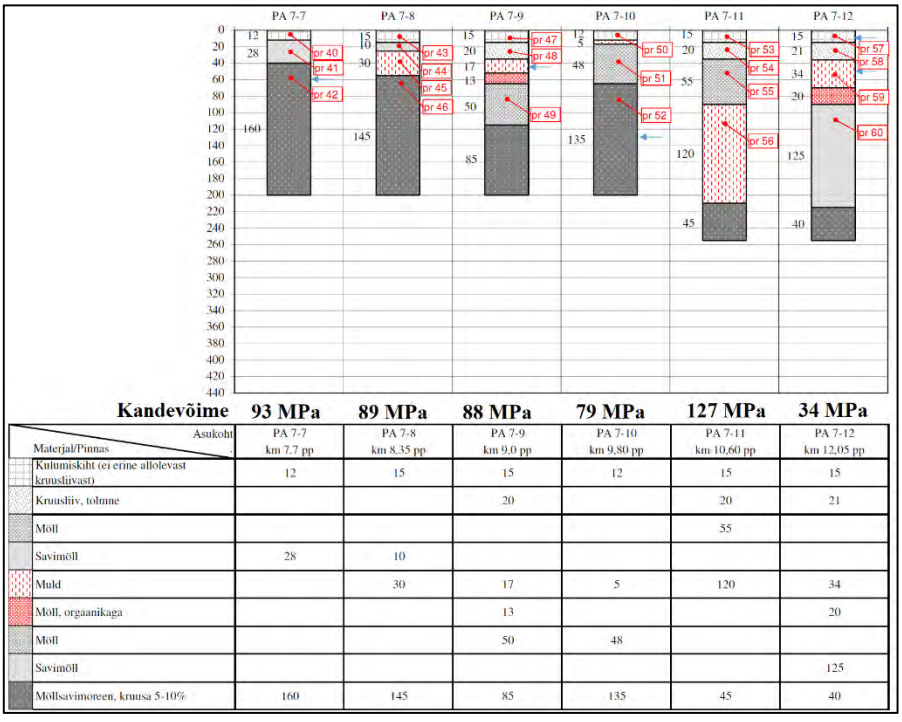
Ehitusgeoloogilised lõiked km 1.0…6.5



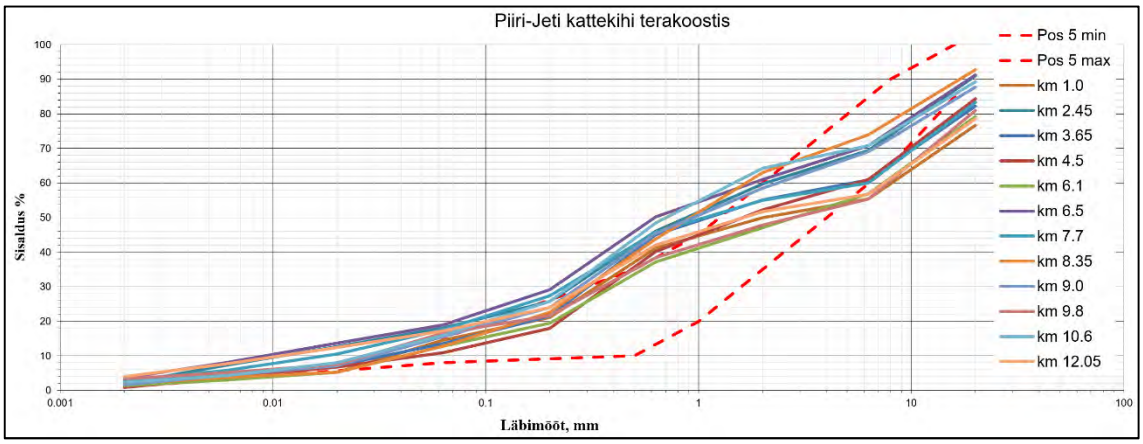
Kandevõime	47 MPa	79 MPa	102 MPa	78 MPa	92 MPa	86 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 7-1 km 1,00 pp	PA 7-2 km 2,45 pp	PA 7-3 km 3,65 pp	PA 7-4 km 4,50 pp	PA 7-5 km 6,1 pp	PA 7-6 km 6,5 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	13	10	15	15	13	15
Kruusliiv			40	2		
Kruusliiv, tolmne						15
Möll, orgaanikaga			20			
Savimöll						80
Savimöllmoreen (tände)	23					110
Muld	11		15			
Turvas						120
Savimöll	20	190		48		60
Peenliiv			110		187	40
Möllsavimoreen, kruusa 5%	133			135		
veetase (30.05.2018)						4,00

Tabel 3

Ehitusgeoloogilised lõiked km 7.7…12.05



Kandevõime	93 MPa	89 MPa	88 MPa	79 MPa	127 MPa	34 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 7-7 km 7,7 pp	PA 7-8 km 8,35 pp	PA 7-9 km 9,0 pp	PA 7-10 km 9,80 pp	PA 7-11 km 10,60 pp	PA 7-12 km 12,05 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	12	15	15	12	15	15
Kruusliiv, tolmne			20		20	21
Möll					55	
Savimöll	28	10				
Muld		30	17	5	120	34
Möll, orgaanikaga			13			20
Möll			50	48		
Savimöll						125
Möllsavimoreen, kruusa 5-10%	160	145	85	135	45	40



Joonis 3. Kattekruusa terastikulased koostised graafikul

Tabel 4

Kattekruusa terastikulased koostised tabelis

PA nr.	Pr. nr		>20	20.0	6.3	2.0	0.63	0.2	0.063	0.02	0.006	0.002
7-1	21	km 1.0	100.0	76.7	55.3	50.0	41.1	21.1	14.5	5.3	3.3	1.8
7-2	25	km 2.45	100.0	91.0	69.4	59.8	46.0	25.7	18.0	12.6	7.3	2.0
7-3	27	km 3.65	100.0	82.2	60.9	55.1	45.0	21.5	13.5	7.2	4.4	2.5
7-4	30	km 4.5	100.0	84.3	61.0	52.2	40.1	17.9	10.9	6.8	3.6	0.8
7-5	33	km 6.1	100.0	79.2	56.9	47.0	37.1	19.5	12.8	5.2	3.0	1.4
7-6	35	km 6.5	100.0	91.3	70.8	61.0	50.2	29.1	18.9	13.7	8.0	3.6
7-7	40	km 7.7	100.0	83.4	60.0	55.0	45.8	27.4	17.5	10.5	5.7	2.8
7-8	43	km 8.35	100.0	92.7	73.9	63.0	43.8	22.6	12.8	5.3	3.8	1.8
7-9	47	km 9.0	100.0	87.7	69.0	58.5	45.4	24.0	15.6	7.2	4.4	1.6
7-10	50	km 9.8	100.1	81.0	55.3	47.8	38.4	21.6	16.6	7.5	5.1	3.3
7-11	53	km 10.6	100.0	89.3	70.8	64.2	48.5	25.7	15.9	8.0	4.2	2.3
7-12	57	km 12.05	100.0	78.6	56.7	51.7	42.0	23.9	17.2	12.4	7.6	4.0

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kevadel näis visuaalse vaatlusega, et probleemseid ja väga nõrga kandevõimega kohti on rohkem, kui tegelikult kandevõimemõõtmiste alusel välja tuli. Tee peamine probleem on kasutatud kattekruusas, selle suures liivasuses, peenosise-, sh savisisalduses. Mõningates piirkondades oli põhjuseks ka katendikihtide vähene paksus koos liiga peeneteralise kruusaga liigniiskes keskkonnas.

Km 0…9.266 on E_{vaj} vähemalt 160 MPa, km 9.266…12.920 on E_{vaj} = 130 MPa. Tugevusarvutuse seisukohalt saab tee jagada lõikudeks vastavalt järgnevatele kandevõimetele ja KAPiga arvutatud vajaminevale katendile tagamaks minimaalset vajaminevat elastsusmoodulit (tabel 5):

- km 0.35…0.85: kandevõime 90…100 MPa; *8 cm MSE20*
- km 0.85…1.30: kandevõime 50 MPa; *geotekstiil + geovõrk, 20 cm kruusa, 8 cm MSE20*
- km 1.3…4.550: kandevõime 90…100 MPa; *8 cm MSE20*
- km 4.550…5.250: kandevõime 150 MPa; *8 cm MSE20*
- km 5.250…5.40: kandevõime 90…100 MPa; *8 cm MSE20*
- km 5.40…5.70: kandevõime 150 MPa; *8 cm MSE20*
- km 5.70…9.27: kandevõime 90…100 MPa; *8 cm MSE20*
- km 9.27…11.00: kandevõime 90…100 MPa; *8 cm MSE20*
- km 11.00…12.65: kandevõime 60…70 MPa; *geotekstiil, 20 cm kruusa, 8 cm MSE20*
- km 12.65…13.00: kandevõime 150 MPa. *8 cm MSE20.*

Tabel 5

Katendiarvutus KAPiga

KATENDI ARVUTUS - KAP v2.0
Näidistee

Koormussagedus: 30.6 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 3, liigniiske (märg)	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03	Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	30.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	B - tolmliiv		**59.1**					33.9	0.011	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			9.2%	137.98	160.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					137.98		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	30.0	Nihkepinged	0.0408	0.0792	48.5%	98.10		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0197	0.0327	39.6%			0.807
	Katendi kogupaksus	38.0					Parandustegur Δ		0.000

Kuna olemasolev kruuspinnas on nii peenosiserikas ja selle all olev materjal samuti niiskustundlik, tuleks teha kõikjal pinnase omaduste muutmine viisil, et selle niiskustundlikkus väheneks, vastasel juhul teekate kevadistele sulamistele ja raskeliikluse koormusele vastu ei pea. Samuti on probleemiks mõned künkapealsed, mis ajavad vett välja ja teised oluliselt madalama kandevõimega kohad, kus katendikihtide paksus on väike, kuid need kohad saavad lahendatud, kui sinna rakendada järgmist metoodikat:

- km 2.150: 53 MPa -> vaja oleks dreenkihti või liigniiskusele vastupidavamat materjali;
- km 6.525: 63 MPa -> kattekruusa terakoostise parandamine;
- km 7.0, 7.15, 7.35: 70 MPa -> kattekruusa terakoostise parandamine;
- km 8.2: 68 MPa -> kattekruusa terakoostise parandamine;
- km 9.15: 65 MPa -> kattekruusa terakoostise parandamine.

Kattekruusa probleemide parandamiseks on võimalus teha sellele stabiliseerimine kas sideainetega (tsement, põlevkivituhk või bituumen) või mehaaniliselt (terakoostise muutmine läbi mille vähendatakse peenosiste ja liiva protsentuaalset osakaalu).

6. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Lisakraavide kaevamine ning kraavide puhastamine ei ole vajalik.

Raadamine

Raadamistööd ei ole vajalikud.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Truubid

Välja tuleks vahetada või korrastada truup km 9.738.

Mullatööd

Mullatöid teha ei ole vaja.

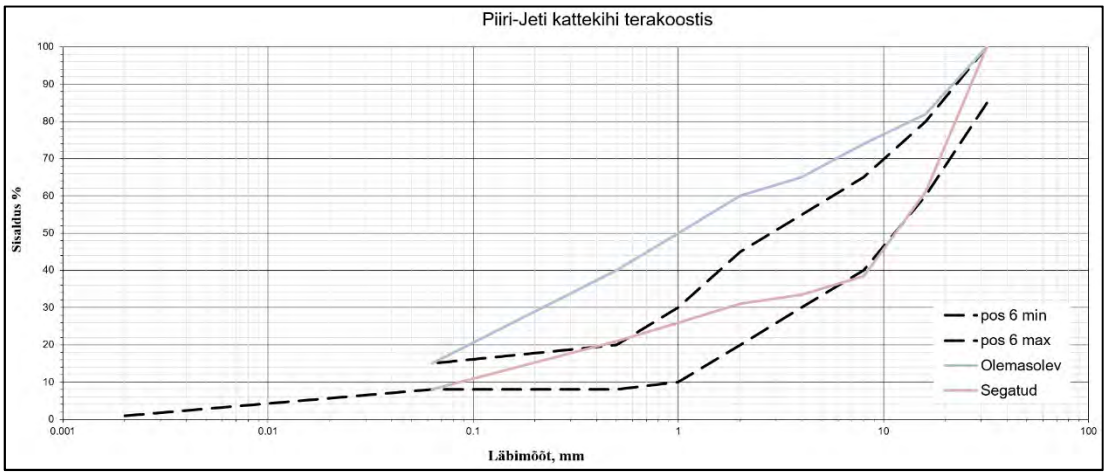
Katend

Kuna peamine probleem teega on kõrge peenosisesisaldusega kruusas, kohati liigniiskuse ja liiga õhukese katendiga, on optimaalseimaks lahenduseks olemasoleva kruuspinnase stabiliseerimine. Võimaluseks on fraktsioneeritud jämetäitematerjali fr. 16/32 lisamine (mehaaniline stabiliseerimine) või stabiliseerimine tsemendi, põlevkivituha või muu sideainega, mis tagab vajaliku toimivuse. Stabiliseerimisega saab lahendada ka kandevõimemõõtmisega välja tulnud nõrgemad piirkonnad.

Võrdluse mõttes tehakse antud teelõigul stabiliseerimist nii sideainetega kui mehaaniliselt:

- Km 0.304…2.30 teha stabiliseerimine kasutades tsementi (CEM II, EVS-EN 197-1) ca 2…3%. Täpne sideaine kogus tuleb määrata laboratoorsete katsetega. Segamissügavus peab olema min 25 cm. Valmis segu 28 päeva survetugevus peab olema ≥ 0.5 MPa ja tugevuse kadu peale 24 h vees hoidmist ei tohi olla üle 50%.
- Km 2.30…13.0 teha mehaaniline stabiliseerimine. Selleks lisada teekattele kogulaiuses 10 cm killustikku fr. 16/32 (võimalik on ka jämedama killustiku kasutamine) ja segada kokku 20 cm sügavuseni läbi. Segamine võimaldab tekitada joonisel 4 näidatud terakoostise 20 cm sügavuselt, mis on oluliselt vastupidavam koormusele ja niiskusele, kui praegune kruuskate.
    - Km 2.30 üleminekukoht on tasane ala, mis võimaldab vahetut võrdlust täpselt samadel tingimustel mehaanilise ja sideainega stabiliseerimise vahel. Kuna killustiku segamisega teekattesse selle pind tõuseb, siis tuleb arvestada vajadusega kaks lõiku omavahel ühtlaselt ühendada.

Paigaldada kogu teele 8 cm MSE20 segu, mis pinnata kahekordselt. Teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.



Joonis 4. Kattekihi terastikuline koostis juhul, kui selle sisse segatakse 50% ulatuses killustikku fraktsiooniga 16/32 mm.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	4 000.00	4 000.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	2 000.00	2 000.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**9 820.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20306	Truupide demonteerimine	m		m	10.60	51.45	545.37
20310	Truubi päiste lammutamine			tk	2.00	102.90	205.80
					Summa kantud kokkuvõttesse		**751.17**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	198.00	18.68	3 699.43
30301	Tee all olevate truupide puhastamine	m		m	200.00	18.68	3 736.80
					Summa kantud kokkuvõttesse		**7 436.23**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40101	Mehaaniline stabiliseerimine (freesimine)	m2		m^2	71690.00	2.00	143 380.00
40501	Killustikalus paekivi	m3	10 cm	m^2	71690.00	3.40	243 746.00
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	2325.00	4.16	9 681.30
41001	Tsementstabiliseerimine	m2 per cm	1	m^2	13400.00	5.00	67 000.00
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	83278.80	4.53	377 053.09
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	82017.00	3.57	292 859.74
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	475.00	7.14	3 392.18
					Summa kantud kokkuvõttesse		**1 137 112.32**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51002	xy terastruup	diameeter (m)	125	m	10.60	382.95	4 059.27
					Summa kantud kokkuvõttesse		**4 059.27**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Piiri - Jeti)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**9 821€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**751€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**7 436€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**1 137 112€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**4 059€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**1 159 179€**
käibemaks 20%	**231 836€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**1 391 015€**

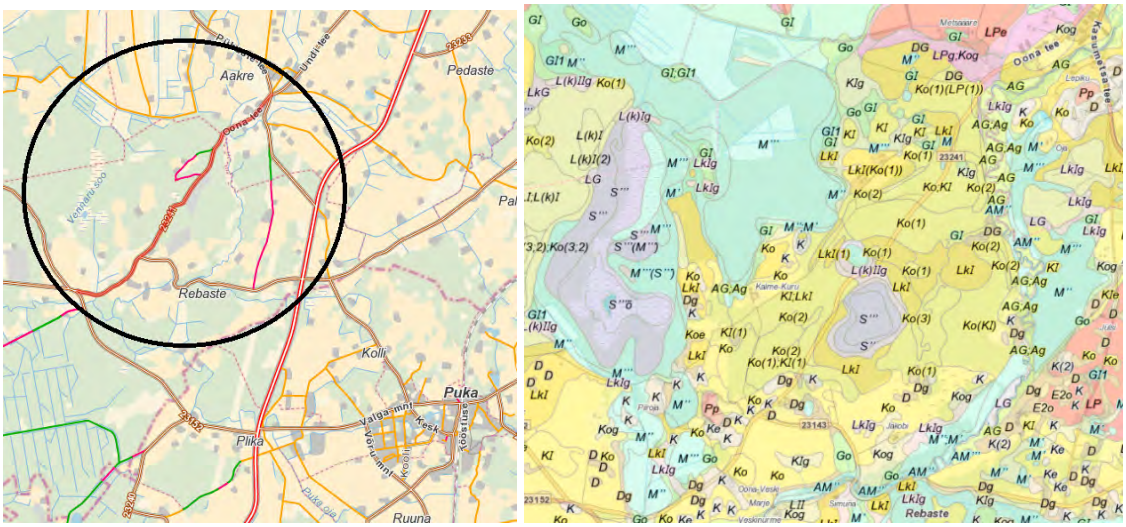
23241 Ülpre - Kure km 3,48…7,544 (4,064km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.



Joonised 1 ja 2. 23241 Ülpre - Kure km 3,48…7,544 asukoht (Teeregister) ja näidatuna mullakaardil (Maa-amet).

Tee asetseb valdavalt leostunud (Ko) ja leetunud (KI) muldade levikualal. Kihisemine algab B-horisondi kesk- või ülaosas, tingimata aga lähtekivimis, enamasti 30-100 cm sügavusel. Reaktsioon (pH) on haritava maa mulla ülemistes horisontides neutraalne kuni nõrgalt happeline, metsades nõrgalt kuni keskmiselt happeline. Leetumistunnused puuduvad või esinevad nõrgalt.

Objekti keskel asetseb sügav siirdesoomulla levikuala, mida tee riivab arvestatavas lõigus ning lõpuks ka läbib. Turba sügavus on siirdesoomulla levikualal üle 100 cm ja mullaprofiil koosneb ainult T-horisondist. Turbalasundi pealmine 20-40 cm tüsedune turbakiht on enamasti halvasti lagunenud ja koosneb turbasammalde ja puhmastaimede jäänustest. Siirdesoo on tugevalt liigniiske keskkond, mis on liigniiske aastaringselt ning on ümbritsetud nõrgalt leetunud mulla levikualaga.

Ühes arvestatavas lõigus puutub tee kokku ka õhukese madalsoomulla levikualaga. Madalsoomullad on põhja- ja üleujutusveega toituvad toitaineterikkad (eutroofsed) soomullad. Happelised liiv (liiv liivsavil) või harvemini saviliiv liival mullad.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on km 3,48...4,057 „tase 3“ , km 4,057...4,602 „tase 4“ , km 4,602...4,872 „tase 3“ , km 4,872...7,052 „tase 4“ , km 7,502...7,544 „tase 3“.

Liiklussagedus 2017:

Km 3,48...7,544: 64 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 77%, veoautod ja autobussid 4%, autorongid 19%, arvuliselt vastavalt 49, 3 ja 12 a/ööp).

Lõigu **E_{vaj} = 158 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+12*3.76)*0.55 = 29.2 V_1/ööp].

Katendikihtide suhtes on Teeregistris minimaalne informatsioon. Kuid on teada, et alus on ehitatud aastal 1969 ja materjaliks kruus. Katte kohta on teada, et aastal 2012 on paigaldatud uus kulumiskiht purustatud kruusast, materjaliks purustatud kruus segu nr 3.

Teeregistri andmetel on tee laius 6.2 m. Tegelikkuses on laius vahemikus 5.9...6.9 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
3680	vasakul	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega	angaarid
3741	vasakul	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	angaarid
3794	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
3863	vasakul	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
3902	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
3945	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
4001	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
4027	vasakul	muu	4	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	
4035	paremal	muu	6	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	
4047	paremal	muu	7	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	
4058	vasakul	muu	6	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	muu	
4063	paremal	muu	4	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	
4113	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4253	paremal	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4306	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4328	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4416	vasakul	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4578	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4981	paremal	muu	3	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
6254	vasakul	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
6426	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
6712	vasakul	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu	
6745	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
6757	vasakul	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu	
7255	vasakul	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega	
7505	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega	

Truubid:

Teeregistri andmetel on näha, et truubid on hiljuti vahetatud ning seisukord väga hea.

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
4229	2012	12	päiseid ei ole	0,8	väga hea	plast	
4348	2012	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
5521	2012	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
5868	2012	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
7215	2012	12	päiseid ei ole	0,8	väga hea	plast	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Visuaalse vaatluse alusel on tee väga heas korras, tee ääres on enamasti kraavid, v.a Aakre asulas. Nii põik- kui pikiprofiilid üsna hästi paigas, mõnes kohas vaja pisut parandada. Vaatluse ajal oli väljas 8t massipiirang. Tee laius kraavi äärest kraavi ääreni on 6.5 m.

Detailsemad vaatlusandmed olid järgnevad:

- km 3.8 on madal kurv, mille sisekülge tuleb tõsta;
- km 4.2 oli tee keskel pehmem koht;
- km ca 5.0 on küngas, mille taha ei ole võimalik näha, kuid kus on ristumine teise teega. Liiklusohutuse mõttes tuleks seda õgvendada. Sama jutt km 5.1. Nende kahe künka vahel on auk. Künkad tuleks ajada auku parandades siin pikinähtavust. Liiklusohtlikkust suurendab veel ka see, et vasakul pool on toimiv karjäär (Helmi-Aakre II, Trev-2). Madaldamist vajav küngas on veel ka km 5.4 ja km 5.9.
- km 5.45 on ära vajunud kurv, mida peaks tõstma. Sama km 5.55 (siin ka madal kandevõime – 64 MPa, kuna katendi paksus väike). Km 4.6 ja km 4.35 on samuti kurv vajunud;
- km 5.75 on kurv vajunud ja alumine liiv väljas. Kurvi sisekülge peab tõstma ja katendi kihipaksusi suurendama;
- km 7.2 on kurv vajunud ja kõrvale võiks kaevata kraavi, et vesi saaks paremini ojasse voolata (kuigi kandevõime on väga hea).

Tee muldkeha on veidi liiga kitsas, äärtes on visuaalselt kohati ka katendit liiga õhukeselt, mistõttu on oht, et tolmuvaba kate hakkab servast ära vajuma, murenema ja lagunema. Pindamine tuleks teha kas kitsamalt (6 m asemel 5.5 m) või tuleb katendit äärtest tugevdada.

Km 7.3…7.5 peaks paremat teepoolt tugevdama, lisaks peaks teed laiendama kuna tee laius saab olla kohati vaid kuni 5 m (elektripost on ees ja peaks teisaldama, kuna on liiklusohtlik, foto 1). Teed peab paremalt poolt veidi tugevdama lisades täitematerjali.

Foto 1. Km 7.30...7.50 vaade tee lõpus olevale liialt kitsale kohale.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 28.04.2018 , mille tulemused on näidatud joonisel 3. Tee kandevõime on väga hea, keskmiselt 149 MPa olles seega väga lähedane E_{vaj}, kuid mõned piirkonnad jäävad märgatavalt väiksemaks (joonis 3):

1. km 3.50...3.85 (keskmiseks arvestada 110 Mpa).
2. km 4.15...4.25 (keskmiseks arvestada 60 Mpa);
3. km 5.40...5.65 (keskmiseks arvestada 60 Mpa);

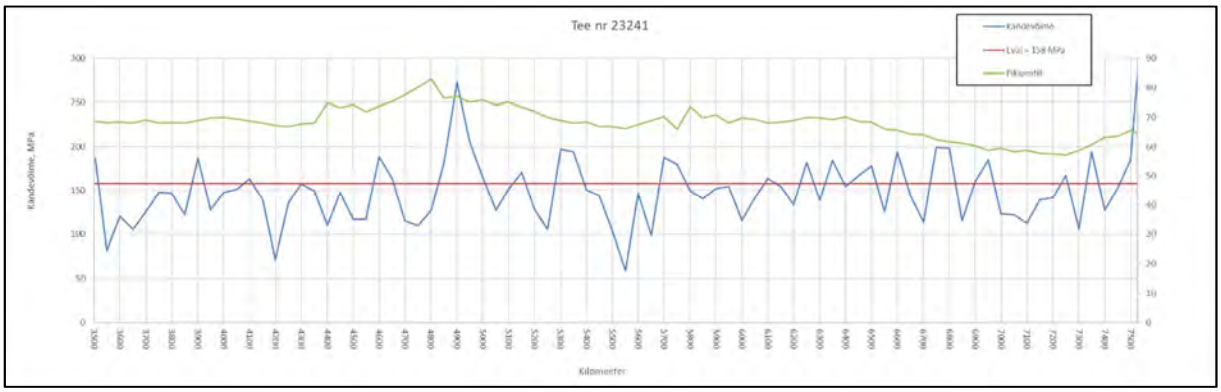
SCI parameetri näitajad on üldiselt kevadise kruusatee kohta väga head, kuid eristub kolm üksikut kohta, kus näitaja ületab lubatud piirmäära (piirväärtus „väga halb“ ≥ 900, joonis 3):

1. Km 4.20 (SCI300 = 1135)
2. Km 5.55 (SCI300 = 1303)
3. Km 6.85 (SCI300 = 931)

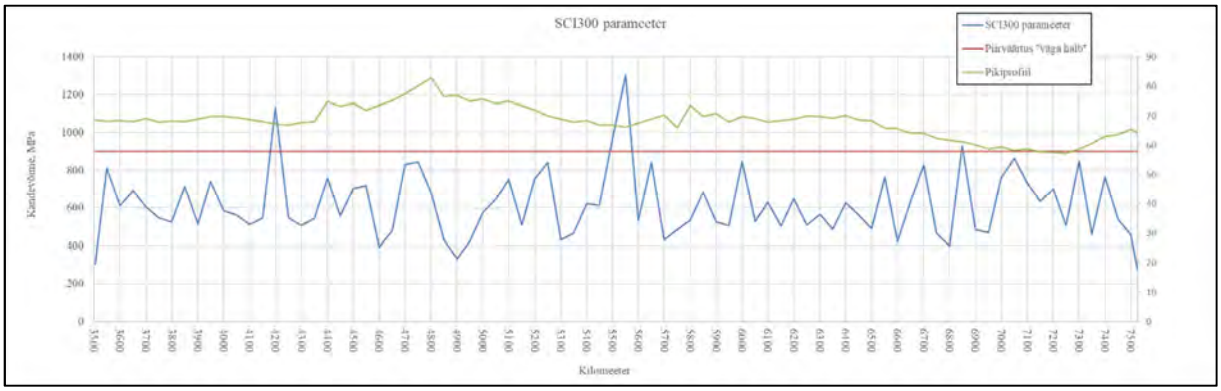
BDI näitajad (joonis 4) toetavad SCI parameetrit, millest järeldub, et selle põhjustajaks on pigem ülalt teekatendisse imbuv vesi. Objekti vahetu algus on ainus koht, kus BCI väärtus ületab piirväärtuse (joonis 6)

Objekti üksikud nõrgema kandevõimega kohad on seotud sisekurvi sattunud mõõtmiskohaga, kuhu koguneb liigniiskust (punkt km 5.550), või üldise liigniiskusega kas kattekihtides (km 4.20) või allpool (km 3.550).

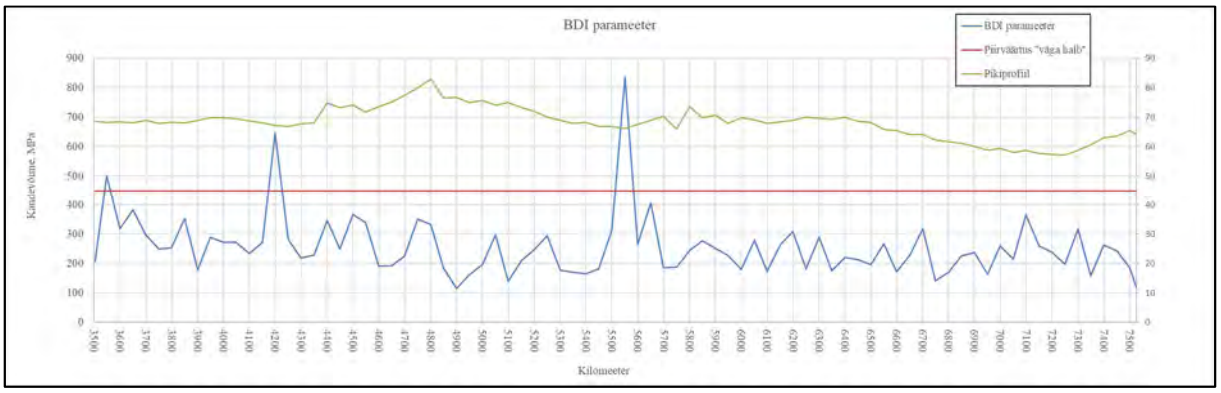
Objekti algusepoole nõrgemat kandevõimet (kuni km 4.2) võib põhjustada kohati suhteliselt paks mullakiht ca 40 cm paksuse teekatendi all (joonised 7 ja 8) ja pinnasevee liikumine.



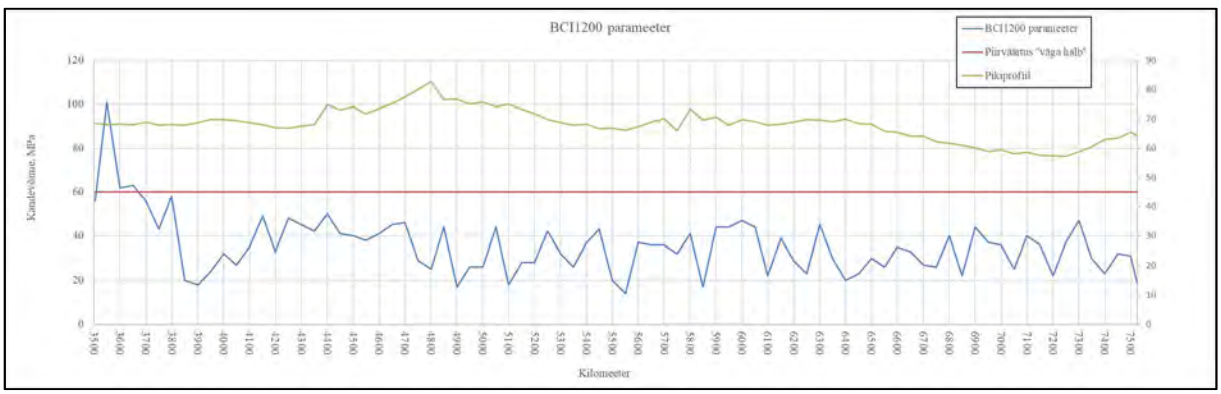
Joonis 3. Ülpre - Kure kandevõime



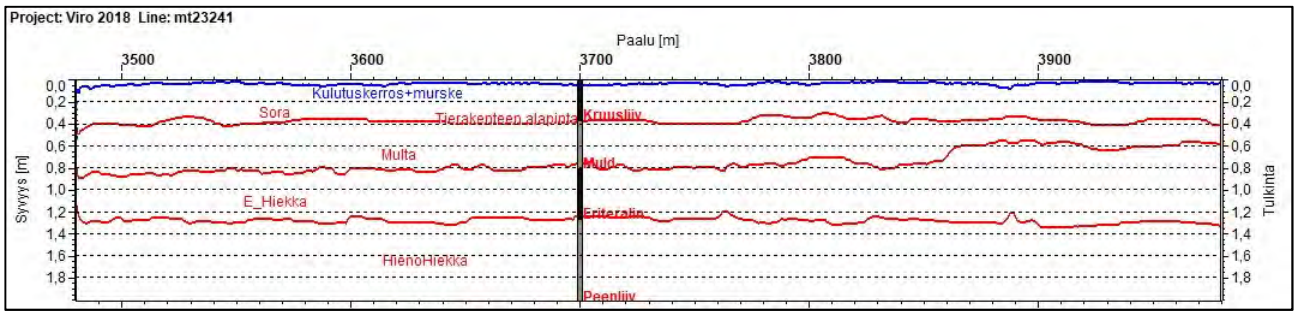
Joonis 4. Ülpre - Kure SCI300 parameeter



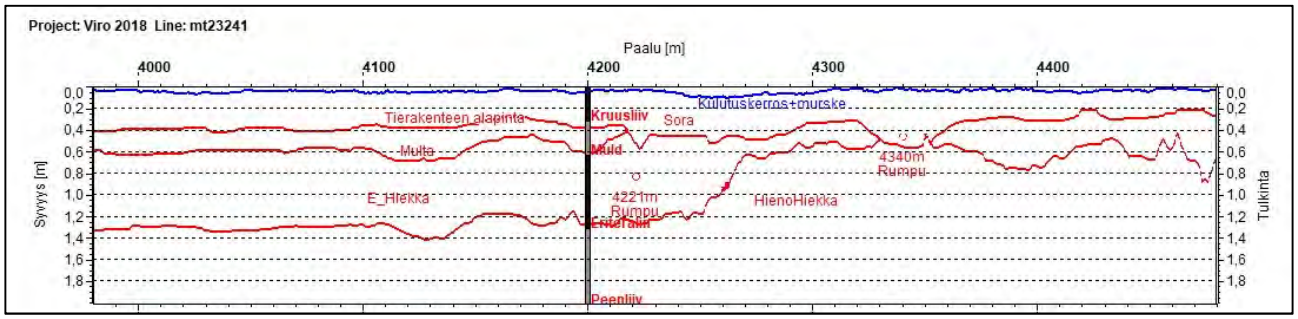
Joonis 5. Ülpre - Kure BDI parameeter



Joonis 6. Ülpre - Kure BCI1200 parameeter.



Joonis 7. Ülpre – Kure Maaradar Km 3.48...3.98



Joonis 8. Ülpre – Kure Maaradar Km 3.98...4.48

5. Ehitusgeoloogia

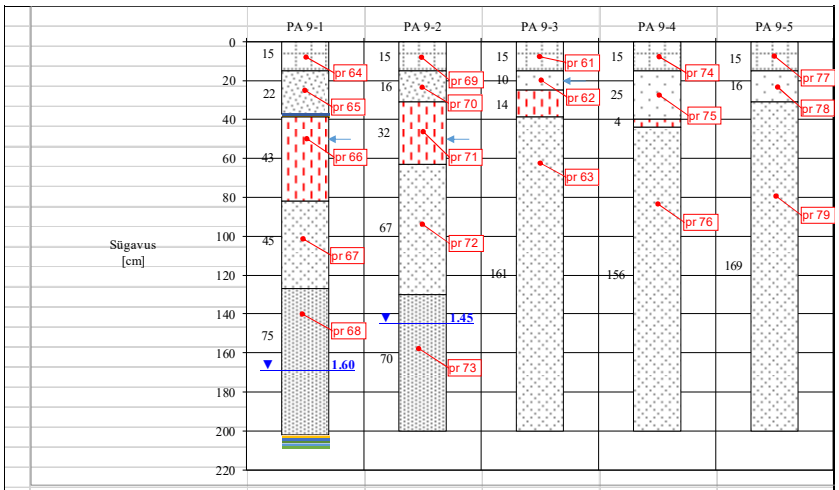
Ehitusgeoloogilises uuringus kirjeldati piirkonda järgnevalt:

„Ala reljeef on valdavalt tasane, kohati lainjas, väheldase tõusuga kagust loode suunas. Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grclSa ja grsiSa), mille lamamiks on kõikides puuraukudes esinenud mullakiht paksusega 12-32 cm. Mullakihi all esineb 15-55 cm paksune orgaanikaga peenliiva, mölli või savimölli kiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul kõikjal möllsavimoreen (voolavuspiir WL=28,6%, plastsuspiir WP=15,8%, plastsusarv IP=12,8, looduslik niiskus Wn=14,1%).“

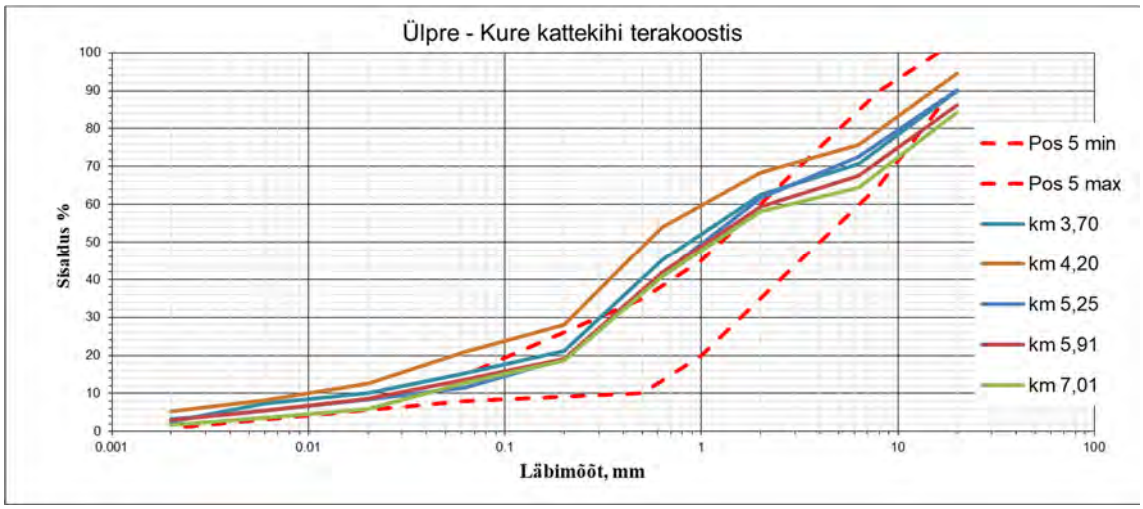
Ehitusgeoloogilised ristlõiked on esitatud tabelis 3 koos nendes punktides mõõdetud kandevõimega, millest saab järeldada, et teekatend on kruusatee kohta piisav, kuid madalamaid kandevõimeid põhjustab katendis kasutatud kruusa niiskustundlikkus.

Kattekruusa terakoostised on esitatud joonisel 9, mille järgi on need väga liivased. Paigaldades selle peale tolmuvaba katte on oht, et raskeveokite sõiduga saavad nihkepinged materjalis ületatud põhjustades teekattesse roopaid. Hoolimata valdavalt väga heas kandevõimest oleks soovituslik parandada kattekihi terastikulist koostist viimaks see vastavusse pos 5 või 6 nõetega.

Tabel 3. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Kandevõime	126 Mpa	71 Mpa	106 Mpa	152 Mpa	123 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 9-1 km 3,70 pp	PA 9-2 km 4,20 pp	PA 9-3 km 5,25 pp	PA 9-4 km 5,91 pp	PA 9-5 km 7,01 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15
Kruusliiv			10	25	16
Kruusliiv, tolmne	22	16			
Muld	43	32	14	4	
Mõlline peen- kuni keskliiv	45	67	161	156	169
Peenliiv	75	70			
veetase (31.05.2018)	1.60	1.45			



Joonis 9. Ülpre – Kure kattekihi terakoostis

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Teelõigule tolmuvaba katte paigalduse osas saab teha tabelis 4 esitatud katendiarvutuse. Seoses liivase ja deformatsioonialti kattekruusa olemasoluga tuleb enne mustsegu paigaldamist uuendada olemasolevat kruusa vedades peale 6 cm pos. 6 kruusa, kuigi parem (ja oluliselt kallim) lahendus oleks olemasoleva kruusa terakoostise muutmine.

Tabel 5

Teelõigule sobiv katendilahendus

KATENDI ARVUTUS - KAP v2.0
Näidistee

Koormussagedus: 28.65 normtelge ööp/rajale			Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			26.6%	158.05	158.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					158.05		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	Nihkepinged	0.0393	0.2843	86.2%	115.74		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0478	0.1396	65.8%			-
	Katendi kogupaksus	14.0					Parandustegur Δ		

Kandevõime on objekti lõikes ühtlane, kuis madalamate väärtustega eristusid ainult kolm üksikut lõiku.

Esimeses lõigus (km 3.50...3.85) ületab BCI väärtus tugevalt piirväärtuse ning kandevõime on madalapoolne (82 MPa). Teekatendi all paikneb ühtlane mullakiht konstruktsioonis ning puudub kraavitus. Antud lõigu kattekihi terakoostis väljub pos 5 terakoostise väljast (joonis 9). Maaradari andmetel on kattekihi paksus piisav (keskmine 37 cm tolmne kruusliiv) (joonis 7).

Mustkatte paigaldamiseks piisab, kui kaevata tee äärde kraavid ja teekate profileerida. Katendit eraldi tugevdada ei ole vaja ning võib paigaldada üldise konstruktsioonilahendi (Tabel 5).

Teises lõigus (km 4.20) on nõrgemapoolse kandevõimega koht (71 MPa), kõrged on nii SCI kui BDI väärtused, mis viitavad, et teekatted on üleniiskunud. Mõõtepunkti ees ristub teega maaparanduslik kuivenduskraav või oja (foto 2 ja joonis 10), mistõttu võib järeldada, et nõrgem kandevõime on põhjustatud ebapiisavast drenaažist. Olukorda saab parandada kraavide puhastamisega, sh tagades ka ristuva oja veerežiim tee vahetus ümbruses.

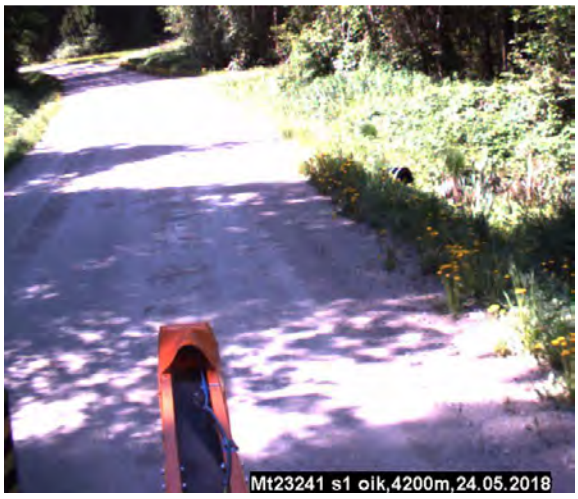
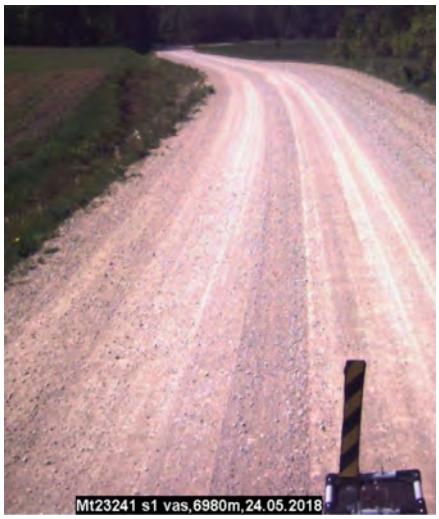


Foto 2 ja joonis 10. Km 4.2 nõrgem kandevõime on põhjustatud ebaefektiivsest drenaažist.

Kolmas lõik (km 5.40...5.65) on kõige nõrgema kandevõimega lõik (60 MPa). Mullakaardilt lähtub, et antud lõik asub madalsoo vahetus läheduses (Joonis 2). Kõige nõrgem näit on saadud antud lõigus sisekurvis ning kui vaadata maaradarit, siis on näha, et kattekihi all paikneb ühtlane mullakiht (kihipaksus ca 30 cm) ja katendikihtide paksused on madalad (ca 20 cm). Sisekurvi tõstmisega saavutatakse vajalik kandevõime: katendiarvutusega tabeli 6 järgi on vajalik paigaldada minimaalselt 20 cm kruusa.

Vaatluse info kohaselt on osad sisekurvid antud teel ära vajunud (fotod 3 ja 4) ning seetõttu pole tagatud nõutud põikallet kui ka kihipaksust. Sisekurvide tõstmisega saavutatakse lisaks nõutud põikprofiili tagamisele ka vajalik kandevõime.



Fotod 3 ja 4. Kõige nõrgema kandevõimega punkt saadi km 5.550 sisekurvist, kuhu oli jäänud seisma vesi ja mille katendi paksus oli hööveldatud õhukeseks.

Tabel 6

Sisekurvi (km 5.53...5.60) kantendiarvutus

Koormussagedus: 28.65 normtelge ööp/rajale			Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{tuk}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{tub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{tub}				
			Üldine elastusmoodul			-0.1%	124.75	158.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					124.75		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0400	0.0798	49.9%	87.39		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0300	0.0598	49.9%			-
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		

Täiendavalt madalama kandevõimega kohtadele asub lõigus km 4.96...5.00 liiklusohtlik lõik. Ohtlikuks muudab selle asjaolu, et paremal pool olev mahasõit jääb tõusu/mäenuki varju ning teel liikleja ei näe mahasõidul olijat ja vastupidi (fotod 5 ja 6).

Liiklusohutuse parendamiseks tuleb tee antud lõigus madalamaks kaevata, et parandada pikinähtavust. Teekatte pinda tuleb langetada ca 0.5 meetrit. Kaevata eelkõige välja vana teekonstruktsioon ning seejärel ülejäänud pinnas vastavalt kõrgusarvule. Looduslik pinnas piirkonnas on peenliiv, mille alusel tehtud katendiarvutus on esitatud tabelis 7.

Fotod 5 ja 6. Liiklusohtlik tõusule lähenedes km 4.91 ning teiselpool, mahasõidul olles. Künka tagant lähenevat autot ei ole võimalik näha ning pööre peateele tuleb sooritada pimesi.

Tabel 7

Liiklusohtliku koha km 4.96…5.00 parandamiseks ettenähtud katendilahendus

Koormussagedus: 28.65 normtelge ööp/rajale			Pinnas: FSa - Peenliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul $E_{ükv}$ arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{tmak}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{tlub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	FSa - Peenliiv		**100.0**					38.0	0.005	5.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			32.2%	164.95	158.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					164.95		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0421	0.0798	47.3%	121.30		
	FSa - Peenliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0246	0.0249	1.2%			-
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		

7. Objekti ehitustegevused

Kraavid

- Km 3.48...3.61 – kaevata kraav (Parem pool, edaspidi PP)
- Km 3.62...3.79 – kaevata nõva (PP)
- Km 3.79...3.90 – kaevata kraav (PP)
- Km 3.90...4.10 – kaevata kraav (PP)
- Km 4.07...4.58 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (PP)
- Km 4.58...4.88 – kraav kaevata (PP)
- Km 4.88...6.37 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (PP)
- Km 6.37...6.45 – kraav kaevata (PP)
- Km 6.45...7.04 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (PP)
- Km 7.04...7.54 – kraav kaevata (PP)
- Km 3.48...4.06 – kraav kaevata (Vasak pool, edaspidi VP)
- Km 4.06...4.32 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (VP)
- Km 4.32...4.79 – kraav kaevata (VP)
- Km 4.79...6.20 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (VP)
- Km 6.20...6.41 – kaevata nõva (VP)
- Km 6.41...7.35 – kraav puhastada ja vajadusel süvendada (VP)
- Km 7.35...7.54 – kraav kaevata (VP)
- Km 4.22 põhitee truubi ees- ja äravoolukraav puhastada ja vajadusel süvendada, et tagada vee liikumine Purtsi jõkke (eesvool 50 m ja äravool 73 m)
- Km 5.52 põhitee truubi ees- ja äravoolukraav puhastada ja vajadusel süvendada, vastavalt 25 meetrit ja 25 meetrit

- Km 5.86 põhitee truubi ees- ja äravoolukraav puhastada ja vajadusel süvendada, vastavalt 25 meetrit ja 25 meetrit

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Raadamine

- Km 3.91...3.98 – eemaldada võsa
- Km 7.35...7.54 – vasak teeäär puhastada ja raadata
- Km 4.19 – eemaldada paremal pool üksik tuulemurd
- Km 7.32 – eemaldada paremal pool üksik mänd
- Km 4.22 – ees- ja äravool täies pikkuses raadata (50+73 meetrit)
- Km 5.52 – ees- ja äravool täies pikkuses raadata (25+25 meetrit)
- Km 5.86 – ees- ja äravool täies pikkuses raadata (25+25 meetrit)
- Km 7.21 – paremal pool äravool raadata (piirab sisekurvi nähtavust liiklusohutuse seisukohalt)

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla. Mahasõidud ehitada vastavalt tüüplahenditele. Järgnevatele mahasõitudele tuleb paigaldada truup:

- Km 4.25 (paremal)
- Km 6.74 (paremal)
- Km 7.13 (paremal)

Truubid

Kõik truubid on teeregistri andmetel paigaldatud 2012-ndal aastal ning heas seisukorras (Teeregister).

Mullatööd

Km 4.96...5.00 (40 meetrit) teostada väljakaeve. Kõigepealt eemaldada vana teekonstruktsioon, seejärel ehituseks sobimatu pinnas projekteeritud kõrgusarvuni. Eesmärk on langetada konstruktsioonipinda kõige kõrgemast punktist teekattel 0.5 meetrit. Väljakaeve asendada tabelis 7 esitatud katendilahendusega.

Sisekurvidesse paigaldada uus kruusakiht, et taastada optimaalne põikkalle:

- Kurv 1 km 5.42...5.51 (pikkus 90 meetrit; täiteks arvestada pool tee laiust ehk 3 meetrit ning kihipaksuseks ca 20 cm)
- Kurv 2 km 5.53...5.60 (pikkus 70 meetrit; täiteks arvestada pool tee laiust ehk 3 meetrit ning kihipaksuseks ca 30 cm)
- Kurv 3 km 5.74...5.78 (pikkus 40 meetrit; täiteks arvestada pool tee laiust ehk 3 meetrit ning kihipaksuseks ca 20 cm)

- Kurv 4 km 7.21...7.24 (pikkus 30 meetrit; täiteks arvestada pool tee laiust ehk 3 meetrit ning kihipaksuseks ca 20 cm)

Katend

Tee täies mahus profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Peale profileerimist paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu ning seejärel 8 cm MSE 20.

Lõpetuseks teha kahekordne pindamine (2x). Teekatte laiuseks arvestada 6.0 meetrit.

Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused.

Kruusatee remondi ja pindamisega tolmuvaba katte ehitamise vahele peaks jääma tehnoloogiline paus, et parandatud teest saaks välja auruda üleliigne niiskus. Kogemused on näidanud, et kui seda ei järgita, kipub pindamine laiguti lagunema. Kui kruusatee remont tehakse sügisel, peaks pindamise tegema alles järgmise aasta suvel.

Liiklusohutuse seisukohalt on vaja ümber tõsta km 7.47 asuv elektripost, mis asub sisuliselt tee peal ning on väga liiklusohtlik (foto 1), kuid sellega ei ole arvestatud antud tööde mahus ega eelarves.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	450.00	1.54	694.58
20324	Õhuliini postide ümberpaigutamine			tk	1.00	0.00	0.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**694.58**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30103	Ehituseks sobimatu pinnase kaevandamine	m3		m^3	235.20	4.63	1 089.09
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	2783.00	6.17	17 182.24
30201	Kraavide puhastamine	m		m	5200.00	5.15	26 754.00
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	0.00	2.57	0.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**45 025.34**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^2	970.00	3.50	3 395.00
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	26416.00	2.30	60 756.80
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	875.00	4.16	3 643.50
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	24790.40	4.53	112 241.02
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	24384.00	3.57	87 068.44
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	150.00	7.14	1 071.22
					Summa kantud kokkuvõttesse		**268 175.97**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	18.00	124.20	2 235.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**12 693.24**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Ülpre - Kure)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED		**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE		**695€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD		**45 025€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND		**268 176€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID		**12 693€**
	KANTUD KOGU SUMMASSE	**333 515€**
	käibemaks 20%	**66 703€**
	KOKKU käibemaksuga 20%	**400 218€**

23140 Sihva – Vidrike – Kärgula - Järvere km 3,988…6,561 (2,573km)

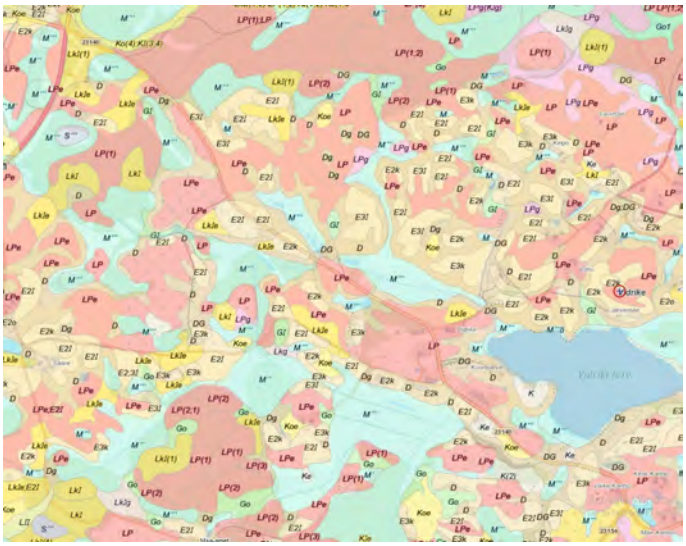
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1, Mullakaart joonisel 2.

Joonised 1. 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula - Järvere km 3,988…6,561 asukoht (Teeregister)



Joonis 2. 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula - Järvere km 3,988…6,561 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb valdavalt kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. Karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud mullad, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Tee vaheldub kogu objekti lõikes keskmiselt erodeeritud rähkmulla levikualaga. Esinevad tavaliselt 5-10° kallakutel. Erosioonile viitavad tunnused selgelt välja kujunenud. Künnikiht koosneb harilikult mitme horisondi segust ja on värvuselt muutunud vastavalt juurdeküntud materjali värvusele. Künnikihi huumusesisaldus vähenenud. Geneetilistelt omadustelt sarnaneb rähkmuldadele.

Kogu tee lõikes puutub vahelduva eduga kokku sügava madalsoomulla levikualaga. Tegemist on põhja- ja üleujutusveega toituvate toitaineterikaste (eutroofsed) soomuldadega.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel on antud maanteele omistatud V klass.

Kruusatee seisukorra tase on km 3,988...6,561 „tase 4“.

Liiklussagedus 2017:

Km 3,988...6,561: 210 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 94%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 13%, arvuliselt vastavalt 199, 5 ja 6 a/ööp).

Lõigu **E_{vaj} = 146 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (5*2.67+6*3.76)*0.55 = 19,8 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on alus ehitatud kruusast aastal 1984. 2012ndal aastal paigaldati antud lõigule purustatud kruusliivast 12 cm kiht.

Teeregistri andmetel on tee laius vaadeldavas lõigus 6 m, katte laius 7.5 ja mulde laius 7,5 m.

Tegelikkuses varieerub laius 6.9...8.2 m piires.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
3819	paremal	muu	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
4075	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu	alajaam
4180	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
4360	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
4649	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4769	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	tee 6360478 Tammemäe
5306	paremal	muu	10	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
5307	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
5583	vasakul	kohalik te	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega	tee 6360601 Vidrike-Truuta
5619	vasakul	muu	10	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
5628	paremal	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
5710	vasakul	eratee	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	tee 6360480 Koorejaama
5774	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	tee 6360476 Saare-Vidrike
5857	vasakul	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
5877	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	
5950	paremal	eratee	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	Kuuse talu
6000	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
6278	paremal	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
6463	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
6511	vasakul	eratee	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	tee 6360481 Väike Kantso
6526	paremal	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
6680	paremal	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	
6750	vasakul	muu	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
6828	paremal	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
7313	paremal	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
3990	2011	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
4170	2003	14	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
4496	2003	14	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
5140	2011	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
5355	2011	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
5720	2011	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	
6201	2011	14	päiseid ei ole	1	väga hea	teras	
7500	2014	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee oli kandevõime mõistes väga keerulises seisukorras, kuna esines mitmeid kohti, kus teekattes oli nähtaval pragusid, pind õõtsus ning tee keskelt ajas koos veega välja pehmet pinnast. Sõiduautode liiklust oli vaatluse päeval palju.

Tee ääres on kohati kraavid, kuid need on enamasti madalad ja täis kasvanud, mistõttu vajaksid puhastamist/süvendamist.

Tee asetseb väga vahelduval pinnareljeefil ja taolistele kohtadele tüüpiliselt ajavad nõlvad ja künkad vett välja, mis nõrgestab kandevõimet.

Detailsemad vaatlusandmed:

Km 4.140 võiks panna truubi tee alt läbi ja kaevata teisele poole teed kraavi nii, et vesi saaks juhitud orgu (Foto 1). Tee käitub tammina takistades vee loomulikku liikumist. Mets on teisel pool teed kärbunud.

Foto 1. Tee alguses on paremal pool metsa all väga palju vett, mida saaks juhtida teisele poole teed kasutades truupi parandades nii niiskusolusid

Km 4.300…4.5 on väga pehme lõik. Siit edasi kuni km 5.35 on laiguti savi väljas ehk kattekihi paksus näib olevat minimaalne või on see segunenud saviga. Kevadel on veetud teele uut kruusa, et tagada sõidetavus, kuid ka see oli vaatluse ajaks saviga segunenud.

- Soomes näiteks parandatakse need kohad nii, et maha pannakse geotekstiil ja peale 30 cm purustatud kruusa.

Km 5.14 on truup umbes ja vajab puhastamist.

Km 5.6 on künkapeale ülipehme ja peaks künka välja kaevama, asendama uue kruusaga.

Km 5.9 ja 6.1 savi väljas ja koht väga pehme.

Küngas km 6.3…6.55 kruus tuleks välja kaevata ja kogu konstruktsioon asendada uuega. Peale vedamine ei aita, kuna alus on segamini ja siia söödetakse pidevalt sisse uut vett. Välja kaevamisega tuleks madaldada km 6.35 ja täita km 6.25 (ära saaks kasutada väljakaevatud kruusa). Põhja asetada tekstiil, geovõrk ja teha tagasitäide killustikuga, mille peale tolmuvaba kate.

Tee probleemseid piirkondi iseloomustavad hästi järgmised fotod (fotod 2…7).

Fotod 2…7. Mõningad fotod probleemsetest kohtadest võetuna nii kevadel kui suvel.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 29.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, millelt nähtub, et kandevõime vaheldub suuresti ja nagu visuaalne vaatlus näitas, leidub mitmeid väga madala kandevõimega kohti.

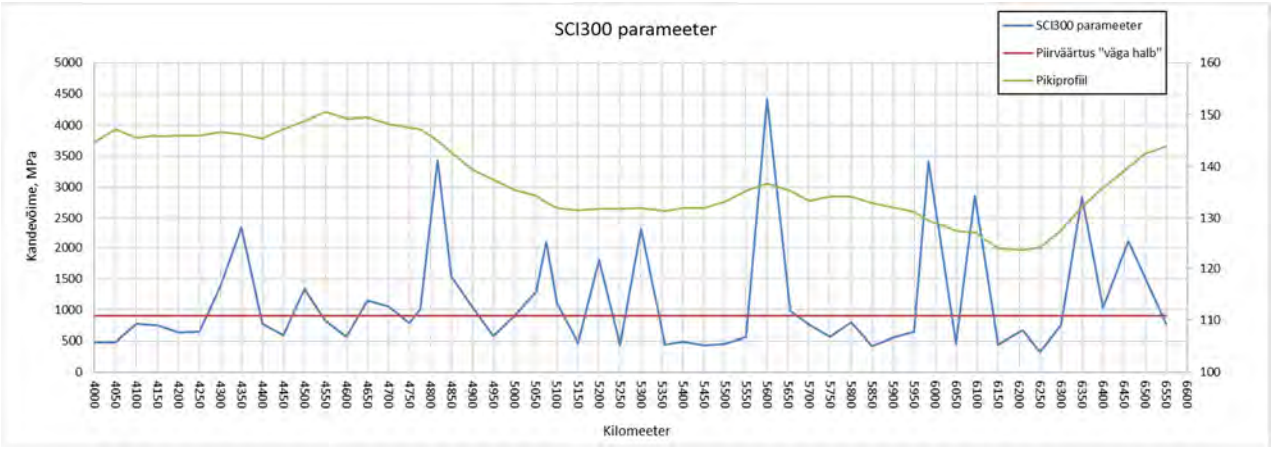
Km 3.98...4.30 keskmiseks kandevõimeks saab arvestada ca 110 Mpa, ülejäänud teel ca 60 MPa, kuid lisaks eristuvad väga kehvas seisus kohad, kus tuleb rakendada erilahendit (Tabel 5):

- Km 4.30...4.35 (keskmine 37 Mpa);

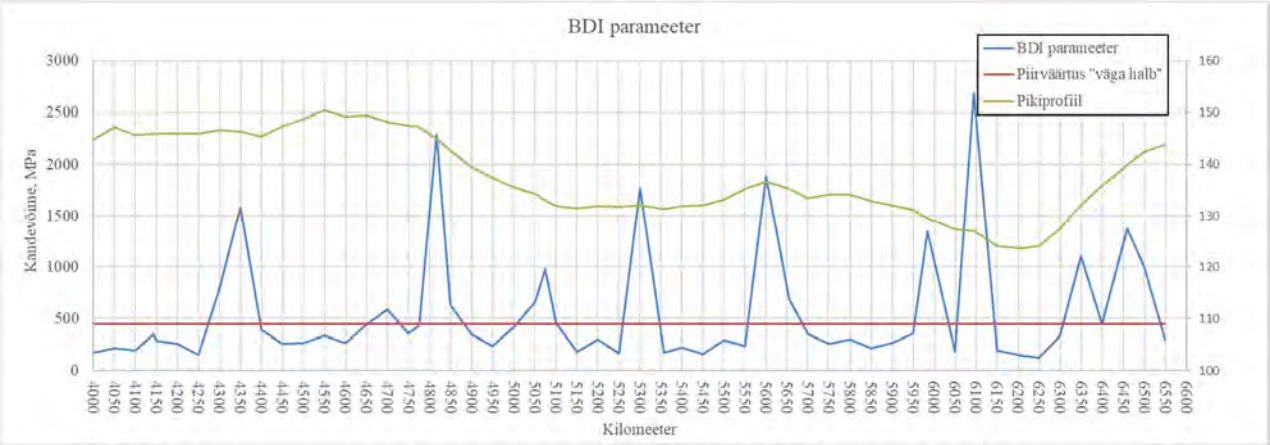
- Km 4.80...4.85 (keskmine 42 Mpa);
- Km 5.05...5.10 (keskmine 51 Mpa);
- Km 5.20…5.25 ja 5.31…5.37 (ca 50 Mpa);
- Km 5.60...5.70 (keskmine 42.5 Mpa);
- Km 5.92…6.13 (ca 25 Mpa);
- Km 6.32...6.56 (keskmine 36.6 Mpa).

Vajumikausi parameetrid joonistel 4…6 peegeldavad kandevõime tulemusi, mistõttu ei ole vaja neid eraldi välja tuua. Väga nõrkade kandevõimega kohtade probleemiks on veega üleküllastunud pinnased ja see, et teekatend ei ole dreeniv.

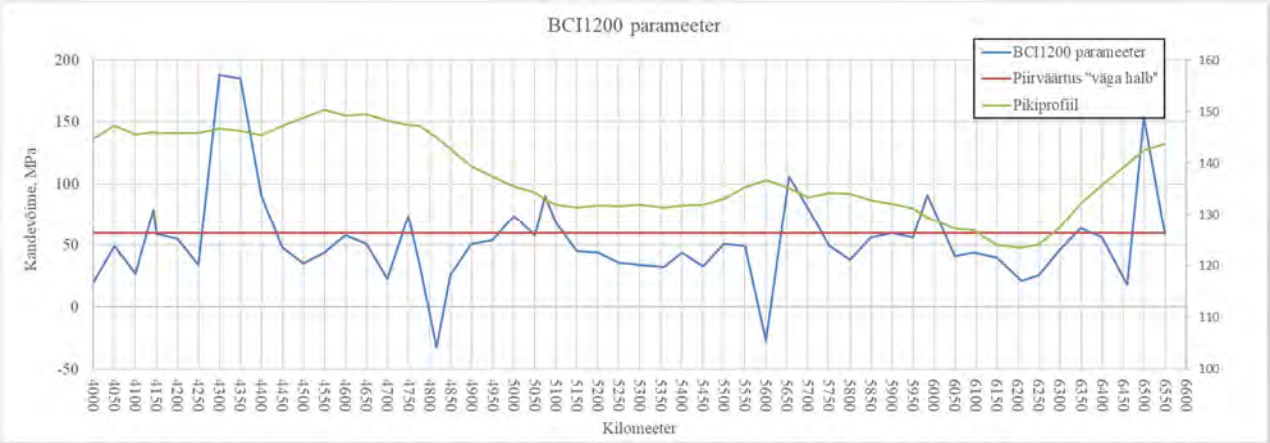
Joonis 3. Sihva kandevõime



Joonis 4. Sihva SCI300 parameeter



Joonis 5. Sihva BDI parameeter



Joonis 6. Sihva BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia

Täpsema pinnaseolukorra kirjeldamiseks saab kasutada ehitusgeoloogilises uuringus toodut:

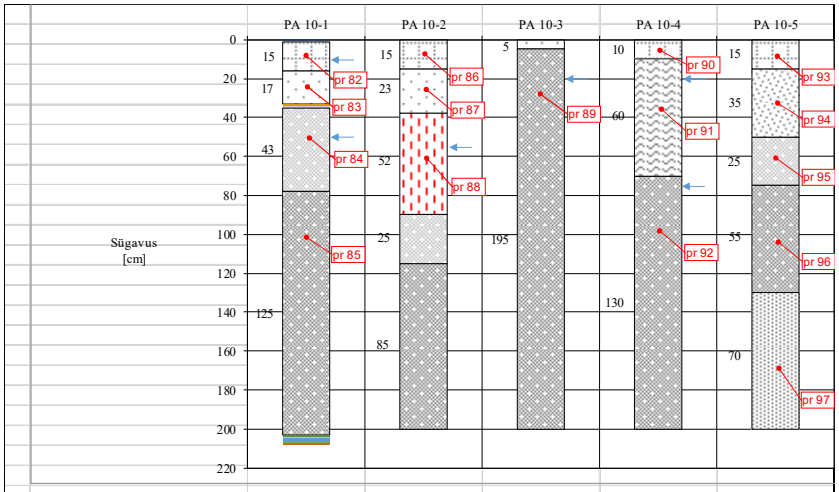
„Uuritud kruusatee paikneb Otepää kõrgustiku lõunaosas. Ala reljeef on künklik, küngaste vahel esineb siin-seal väikesi veekogusid (järvi). Uuringuala kagupoolses otsas jääb teest mõnesaja meetri kaugusele kirde poole Vidrike järv (maapinna reljeef langeb järsult kruusatee poolt Vidrike järve poole).

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa, grsiSa, saclGr ja saGr). Ühes puuraugus (PA10-2) esines mullakiht paksusega 52 cm. Ühes puuraugus (PA10-4) esines kõva konsistentsiga savikiht (voolavuspiir W_L=51,0%, plastsuspiir W_P=26,7%, plastsusarv I_P=24,3, looduslik niiskus W_n=16,5%). paksusega 60 cm. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul enamasti savimöll ja savimöllmoreen (voolavuspiir W_L=22,6%, plastsuspiir W_P=13,6%, plastsusarv I_P=9,0, looduslik niiskus W_n=8,2...12,5%).

Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud, reljeefi madalamates osades (PA10-3 lähistel) võib pinnasevee tase perioodiliti, kuid lühiajaliselt, ulatuda maapinnani. Uuringuala kagupoolses otsas reguleerib veetaset kruusateest kirde pool paiknev Vidrike järv, kuhu suunas maapinna reljeef järsult langeb.

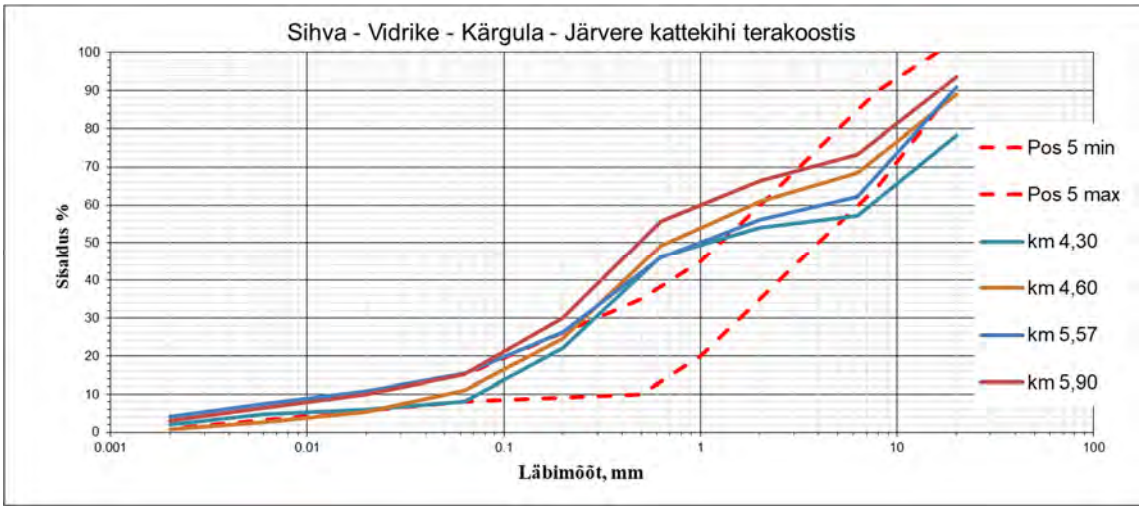
Puuraukude ristlõiked koos samade punktide kohalt saadud kandevõimetega on esitatud joonisel 7, mille alusel on kõige madalamate kandevõimetega kohtades katendikihtide paksuses olematud (nt PA 10-3 5 cm ja PA 10-4 10 cm). Lisaks kohati maapinnani ulatuva pinnaseveetaseme ja olemasoleva saviga põhjustab see eelnevalt kirjeldatud madalate kandevõimetega kohti.

Kruuskatte terakoostised on esitatud joonisel 8, mille alusel on materjal liivane väljudes pos 5 terakoostise piiridest.



Kandevõime	46 Mpa	134 Mpa	61 Mpa	21 Mpa	128 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 10-1 km 4,30 pp	PA 10-2 km 4,60 pp	PA 10-3 km 5,20 pp	PA 10-4 km 5,57 pp	PA 10-5 km 5,90 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15		10	15
Kruusliiv	17	23	5		
Kruusliiv, tolmne					35
Muld		52			
Savi				60	
Savimöllmoreen, kruusa 5-15%	43	25			25
Savimöllmoreen, kruusa 5-15%	125	85	195	130	55
Peen- kuni keskliiv, mölline					70

Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 8. Sihva kattekihi terakoostis

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Antud kruusatee ei ole kas korralikult välja ehitatud, probleemsetes kohtades on aja jooksul hööveldatud kattekihid väga õhukeseks või on materjal segunenud all oleva saviga. Kuna kruusatee on keerulises seisukorras, vajab see enne tolmuvaba katte paigaldamist põhjalikku remonti, mis tõstab ühe kilomeetri ehitusmaksumuse kõrgeks. Kohtades, mis ajavad vett välja, on vaja kasutada dreenivaid materjale ning need eraldada alla jäävast pinnast.

Km 3.98...4.30 keskmiseks kandevõimeks saab arvestada ca 110 Mpa, ülejäänud teel ca 60 MPa, kuid arvestada tuleb eelnevalt nimetatud probleemsete kohtadega.

Km 3.98...4.30 piisab, kui profileerida tee ja eemaldada tee ääres olevad servavallid, kaevata kraavid, puhastada olemasolevad kraavid, misjärel paigaldada 6 cm pos 5, mille peale 8 cm MSE 20 (tabel 3). Lisaks tuleb tee pinnata kahekordse pindamisega (2x). 6 cm pos. 6 on vaja paigaldada selleks, et tagada olemasoleval kihil nõutud profiil ja materjali homogeensus. Terakoostise tabelist on näha, et kattekihi terakoostis väljub nõutud piiridest (joonis 8).

Tabel 3

Sihva-Vidrike km 3.98…4.30 katendiarvutus

Koormussagedus: 22.02 normtelge ööp/rajale				Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110				Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A		
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79		Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast				Ratta jälje läbimõõt: 37 cm		
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75		Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0				Erisurve kattele: 0.6 MPa		
	Normhälbetegur	1.06						Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas		
ARVUTUSE KÄIK										
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{jkv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{tkal}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{tlub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0
ARVUTUSE TULEMUSED										
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa: t_{arv}	Nihkepinged MPa: t_{lub}	Varu %		Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutusliik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			33.4%		158.05	150.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0						158.05		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	Nihkepinged	0.0393	0.2928	86.6%		115.74		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0478	0.1438	66.8%				-
	Katendi kogupaksus	14.0						Parandustegur Δ		

Jättes esialgu arvestamata kõige nõrgemad kohad, on sobilikuks katendilahenduseks ülejäänud teele tabelis 4 esitatud lahendus. Väga nõrkadeks kohtadeks, mis vajavad erilahendust, on (põhinedes kandevõimemõõtmiste ja visuaalsele vaatlusele, kilomeetrid tulenevad maadaradimõõtmise andmetest):

- Km 4.30...4.35 (50 m);
- Km 4.83...4.87 (40 m);
- Km 5.06...5.11 (50 m);
- Km 5.20…5.25 (50 m);
- Km 5.32…5.36 (40 m);
- Km 5.60...5.75 (150 m, seda ei pea välja kaevama, vaid saab peale täita);
- Km 5.92…6.05 (130 m, seda ei pea välja kaevama, vaid saab peale täita);
- Km 6.075...6.13 (55 m);

- Km 6.34…6.39 (50 m);
- Km 6.47…6.57 (100 m).

Tabel 4

Katendiarvutus km 4.30…6.561 (v.a väga nõrga kandevõimega piirkonnad)

Koormussagedus: 22.02 normtelge ööp/rajale | | | Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60 | Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5 | Tugevustegur: | 0.79 | Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast | Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend | Töökindlustegur: | 0.75 | Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0 | Erisurve kattele: 0.6 MPa
| Normhälbetegur | 1.06 | | Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{akv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	16.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			-1.1%	117.18	150.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					117.18		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	16.0	Nihkepinged	0.0395	0.0822	52.0%	81.92		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0346	0.0616	44.0%			-
	Katendi kogupaksus	24.0					Parandustegur Δ		

Väga nõrkade ja probleemsete kohtade keskmine kandevõime oli 39.2 Mpa, kuid tee remondiga olukord paraneb ja arvutuslikuks kandevõimeks võib võtta suurema väärtuse – antud juhul arvestatakse kerge saviliiva parameetritega. Antud lõikudes on kevadel veetud teele uut kruusa, et tagada sõidetavus, kuid ka see oli vaatluse ajaks saviga segunenud (Foto 8). Antud kohtadesse ei ole mõistlik vedada peale õhukese kihina kruusa, kuna aja möödudes seguneb see alumises kihis paikneva savikihiga (Foto 9).

Katendiarvutuse kohaselt tuleks antud kohtade lahendamiseks paigaldada 24 cm (dreenivat) kruusa ja 8 cm MSE segu (tabel 5). See tagab nii hädavajaliku dreenivuse kui kandevõime.

Tabel 5

Nõrga kandevõimega kohtade katendiarvutus kasutades kruusalust geotekstiilil

Koormussagedus: 22.02 normtelge ööp/rajale | | | Pinnas: A - kerge saviliiv | Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5 | Tugevustegur: | 0.79 | Niiskuspaikkond: 2, niiske | Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend | Töökindlustegur: | 0.75 | Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.05 | Erisurve kattele: 0.6 MPa
| Normhälbetegur | 1.06 | L1.T3 p1; -0,05=-0.05 | Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{akv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	24.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**51.0**					35.5	0.013	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			1.6%	120.44	150.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					120.44		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	24.0	Nihkepinged	0.0397	0.0822	51.7%	84.27		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0201	0.0200	-0.4%			0.675
	Katendi kogupaksus	32.0					Parandustegur Δ		0.000

Kuna kõik probleemsed kohad asuvad küngastel, siis nendele muust teest paksema kihi paigaldamine tõstab künkad veel kõrgemaks, mis halvendab sõidetavust ja liiklusohutust. Seega tuleks probleemsed kohad välja kaevata ning asendada dreeniva pinnasega, kuid kuna see tõstab oluliselt kulusid, arvestatakse siiski pealeveoga koos geotekstiili paigaldamisega.

Fotod 8 ja 9. Vaade künkale, mis ajab vett välja ja kohale, kuhu on paigaldatud hiljuti uus kruusakiht, kuid see on juba segunenud saviga

7. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Kraavid tuleb kaevata/puhastada:

- Km 3.99...4.37 (parem pool/kraav puhastada)
- Km 4.37...4.80 (parem pool/kraav kaevata)
- Km 4.80...5.38 (parem pool/kraav puhastada)
- Km 5.38...5.80 (parem pool/kraav kaevata)
- Km 5.80...6.19 (parem pool/kraav puhastada)
- Km 6.29...6.56 (parem pool/kraav kaevata)
- Km 3.99...5.30 (vasak pool/kraav puhastada)
- Km 5.65...6.37 (vasak pool/kraav kaevata)
- Km 6.46...6.56 (vasak pool/kraav kaevata)

Lõigu algusest kuni km 4.75 kuni tuleb kaevata mõlemale poole teed kraavid. Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Mahasõidud

Mahasõitude km 4.65, km 5.63 ja km 5.95 alla tuleb paigaldada truubid. Truupide pikkusteks arvestada 6 meetrit ja läbimõõduks 400 mm. Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega.

Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Km 3.99...4.30 paigaldada 6 cm pos. 6, mille peale 8 cm MSE 20.

Ülejäänud tee, v.a erilahendid, paigaldada 16 cm kruusa, mille peale 8 cm MSE 20.

Teel on märkimisväärselt palju kohti (künkad), mis ajavad vett välja, kus kruuspinnas on segunenud saviga ja/või kus katendikihtide paksused on väga õhukesed. Katendiarvutuse järgi oleks nõutava kandevõime saamiseks peale vaja paigaldada 24 cm dreenivat kruusa, mille peale paigaldada 8 cm MSE20 segu. Probleemseteks kohtadeks on:

- Km 4.30...4.35 (50 m);
- Km 4.83...4.87 (40 m);
- Km 5.06...5.11 (50 m);
- Km 5.20…5.25 (50 m);
- Km 5.32…5.36 (40 m);
- Km 5.60...5.75 (150 m);
- Km 5.92…6.05 (130 m);
- Km 6.08...6.13 (50 m);
- Km 6.34…6.39 (50 m);
- Km 6.47…6.57 (100 m);
    - Kaks viimast punkti tuleks ühendada ning paigaldada geotekstiil + paksem kruusakiht vahemikus km 6.3…6.57 (270 m).

Seega kokkuvõte vajaminevatest materjalidest:

- 310 m kruusasegu pos. 6;
- 1440 m 16 cm paksune kruuspinnas;
- geotekstiili ja paksemat kruusakihi paksust vajatakse kokku 830 m (geotekstiili ca 5900 m^2).

Kogu teele paigaldada 8 cm MSE20. Teha seotud kihile kahekordne pindamine (2x).

Seoses suhteliselt kõrge liiklussagedusega peaks pinnatud teekatte laiuseks arvestama 7.0 meetrit, kuid olemasolev kruusatee võimaldaks kasutada kuni 7.5 m laiust teekatet.

Muud

Geotekstiilina kasutada II-profiili.

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused (sobilikud on lisa 10 positsioonid 1…4).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	1941.00	6.17	11 983.73
30201	Kraavide puhastamine	m		m	2660.00	5.15	13 685.70
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	42.00	18.68	784.73
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	5900.00	1.54	9 106.65
					Summa kantud kokkuvõttesse		**35 560.81**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3	16	m^2	10800.00	2.40	25 920.00
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3	24	m^2	6225.00	4.00	24 900.00
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	2325.00	2.30	5 347.50
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	600.00	4.16	2 498.40
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	18525.60	4.53	83 876.51
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	18011.00	3.57	64 312.24
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	350.00	7.14	2 499.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**209 354.15**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50501	Päiste tüüp x			tk	4.00	776.25	3 105.00
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	60	m	12.00	186.30	2 235.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**5 340.60**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Sihva - Vidrike)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**35 561€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**209 354€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**5 341€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**257 181€**
käibemaks 20%	**51 436€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**308 617€**

18120 Kanepi – Varbuse km 0,387…1,744 (1,357km)

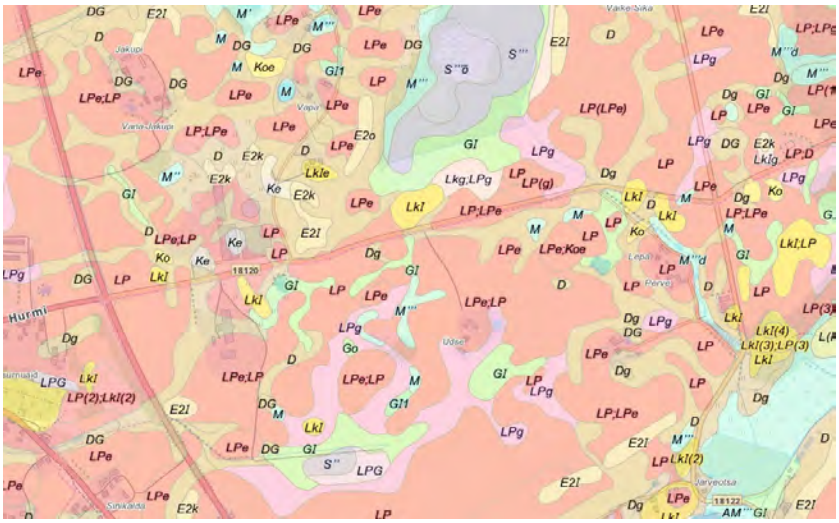
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1, mullakaart joonisel 2.

Joonised 1 ja 2. 18120 Kanepi – Varbuse km 0,387…1,744 asukoht (Teeregister)



Joonised 2. 18120 Kanepi – Varbuse km 0,387…1,744 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Antud tee asetseb valdavalt kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. Karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud mullad, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Tee üksikud lõigud paiknevad gleistunud deluviaalmulla levikualal, kus materjali pealeuhe ületab ärauhtumise ning millele on iseloomulik tüse (üle 30 cm) huumushorisont. Mullad paiknevad nõlva alumisel kolmandikul pealeuhtevööndi keskosas või kühmude- ja künnistevahelistes nõgudes, kuhu valguvad pinnaveed ning kus põhjavesi on ajutiselt kõrge. Mullaprofiil on sarnane deluviaalmullaga, lisanduvad vaid liigniiskusele viitavad roostetäpid huumushorisondis ning gleilaigud alumistes horisontides.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel on antud maanteele omistatud V klass.

Kruusatee seisukorra tase on „tase 3“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0,387...1,744: 161 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 88%, veoautod ja autobussid 5%, autorongid 7%, arvuliselt vastavalt 141, 9 ja 11 a/ööp).

Lõigu **E_{vaj} = 165 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (9*2.67+11*3.76)*0.55 = 36,0 V_1/ööp].

Teeregistris puuduvad andmed katendikihtide osas. Kattekihtide osas on teada, et aastal 1999 on paigaldatud antud lõigule uus kulumiskiht purustatud kruusast. Tee lõpupoole km 1.722...1.744 on aastal 2017 läbiviidud bituumenstabiliseerimine katteks ning paigaldatud mustsegu MSE20 paksusega 8 cm.

Teeregistri andmetel varieeruvad laiused lõiguti:

- Km 0.387...389 katte laius 7 m, sõidutee laius 6 m, peenralaius 1.75 m, ja mulde laius 10.5 m,
- Km 0.389...1.722 katte laius 6 m, sõidutee laius 6 m, mulde laius 6 m,
- Km 1.722...1.744 katte laius 6.5 m, sõidutee laius 6 m, peenralaius 0.5 m ja mulde laius 7.5m.

Vaatluse põhjal varieerub tee laius 6.3...6.9 meetri vahel.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	asõidutee nimi	
593	vasakul	eratee	4,5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht	Lauta	
613	paremal	muu	6	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	Eravaldus	
732	paremal	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu	tiik	
775	vasakul	kohalik tee	5	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	001 Vapa-Kade	
1077	paremal	eratee	4	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu	
1472	paremal	kohalik tee	4	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup on	elukohta sissesõit	0098 Perve tee	
1488	vasakul	muu	4	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule	
1636	vasakul	muu	8	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põld	

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
541	2016	10	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast	
746	2016	10	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast	
753	2006	9	päiseid ei ole	0,4	väga hea		keermestatud plastik
1484	1969	14,4	päised on	0,75	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)		raudbetoon
1670	2016	10,5	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Terve tee ulatuses on korralikud sügavad külgkraavid, põikprofiil üsna hea ja kalded olemas, kuigi teeservas esineb mõningast materjali valli, mis takistab üleliigsel veel kraavidesse voolamist. Esines kohti, kus probleeme oli kandevõimega, roopad sees ja õõtsusid jala all.

Tee alguses on võrkpragu (foto 1). Probleemne on algusest kuni km 0.55. Km 1.0…1.03 ajab vett nõlvast välja. Võrkpraguline tee läheb edasi kuni km 1.4, laiguti on kate märg. Km 1.250 on olnud väga nõrk piirkond (foto 3).

Fotod 1 ja 2. Teekatte olukord km 0.5 ja km 1.0

Fotod 3 ja 4. Km 1.25 varakevadel ja kandevõime mõõtmise ajal

4. Kandevõime

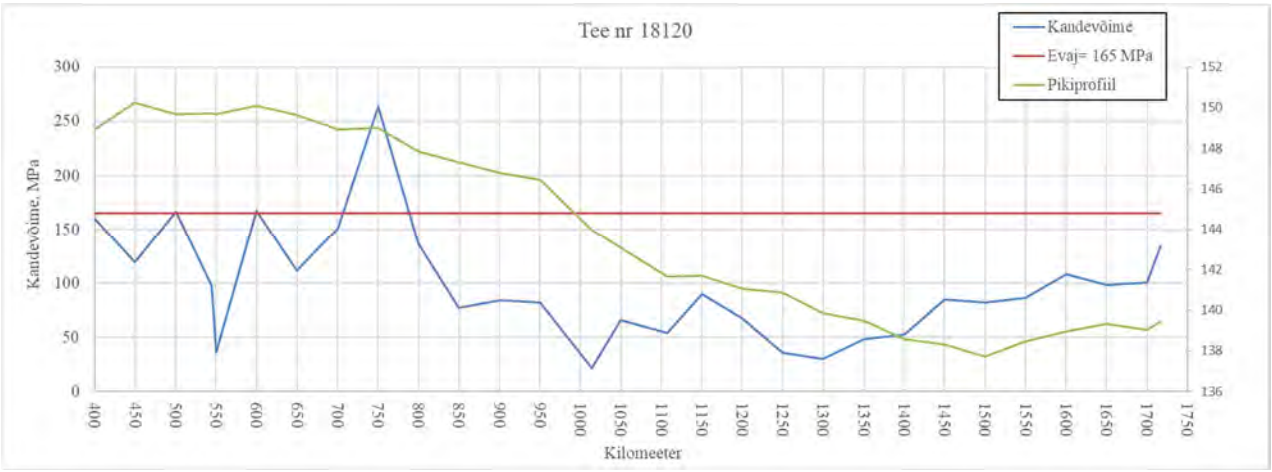
Kandevõime mõõdeti 29.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3.

Kandevõime alusel saab eristada kahte lõiku:

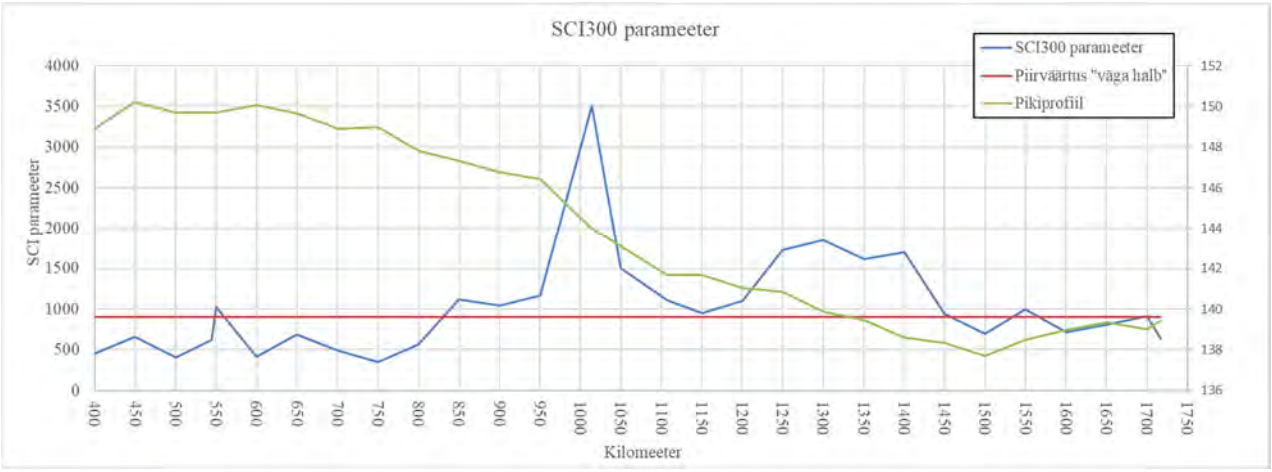
1. Km 0.387...0.850 (keskmiseks arvestada 110 Mpa)
2. Km 0.850...1.744 (keskmiseks arvestada 60 Mpa)

Km 0.387...0.850 on SCI300 parameeter normi piires, kuid piirmäära vahetus läheduses. Km 0.850...1.744 ületab SCI300 parameeter tugevalt kehtestatud piirmäära, mis annab märku nii pinna- kui ka pinnaseveeprobleemidest (joonis 4). BDI näitajad toetavad SCI parameetrit, millest järeldub, et probleemid on pealmise kattekihiga (joonis 5).

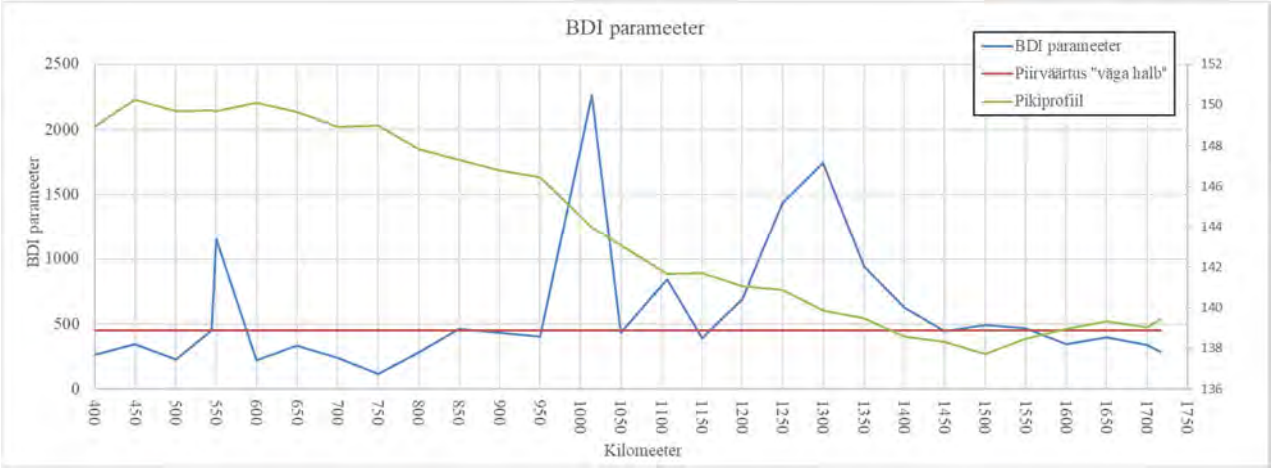
BCI1200 parameeter ületab ühtlaselt terves lõigus lubatud piirmäära, kuid kui vaadata ehitusgeoloogilisi ristlõikeid, siis on näha, et BCI1200 ei näita antud juhul mitte teekonstruktsiooni vaid alumisi möllsavimoreenikihte (joonis 6). Tee piirkonnas on seega probleeme kõrge pinnaseveetasemega.



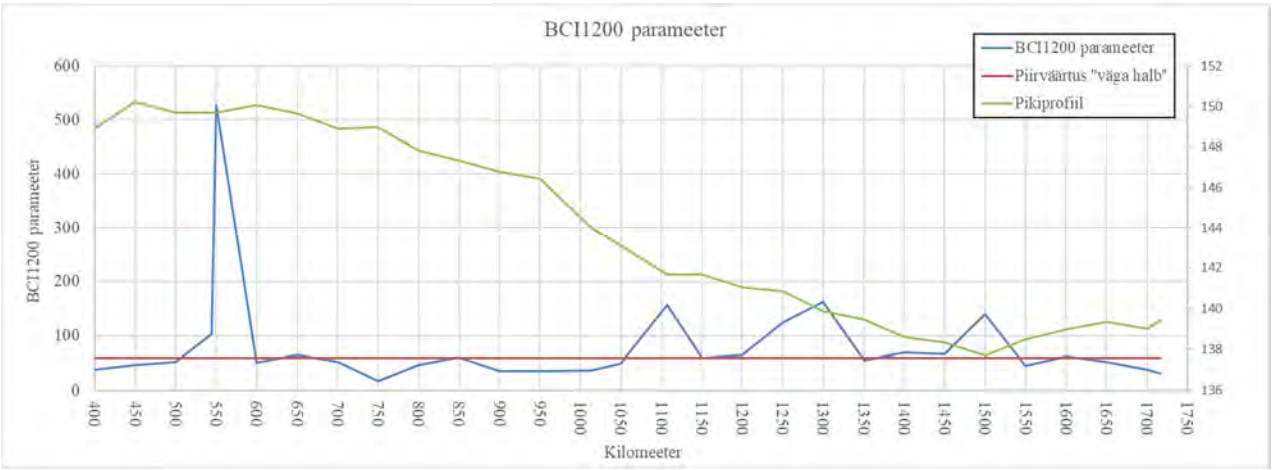
Joonis 3. Kanepi – Varbuse kandevõime



Joonis 4. Kanepi – Varbuse SCI300 parameeter



Joonis 5. Kanepi – Varbuse BDI parameeter



Joonis 6. Kanepi – Varbuse BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia ja maaradar

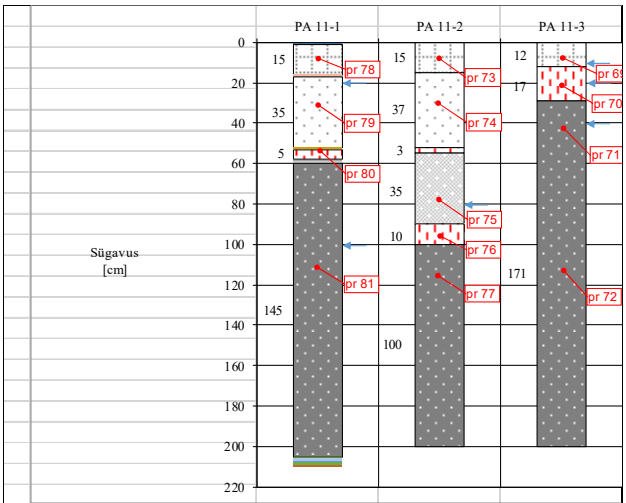
Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne võtab olukorra pinnastega kokku järgnevalt:

„Uuritud kruusatee paikneb Otepää kõrgustiku kaguosas. Ala reljeef on lainjas, kohati künklik, relfeef on tõusuga idast lääne suunas (Erastvere poolt Kanepi poole). Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa ja saGr). Kõikides puuraukudes esines mullakiht paksusega 3-17 cm. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul möllsavimoreen (voolavuspiir WL=40,6%, plastsuspiir WP=22,0%, plastsusarv IP=18,6, looduslik niiskus Wn=16,2...19,0%). Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Tee kõrvale on rajatud kuivenduskraavid.

Ehitusgeoloogilised ristlõiked on esitatud joonisel 7, mis on võetud erinevate tingimustega kohtadest. Esiteks PA 11-1, kus oli muidu hea kandevõimega lõigul väga nõrk mõõtmispunkt. FWD andmetel oli antud kohas väga kõrge BCI väärtus ehk mõõtmise ajal pidi olema möllsavimoreen veeküllastunud. Mõõtmispunkti lähedal on ka truup mis võib olla üheks selgituseks seoses liigvee olemasolule.

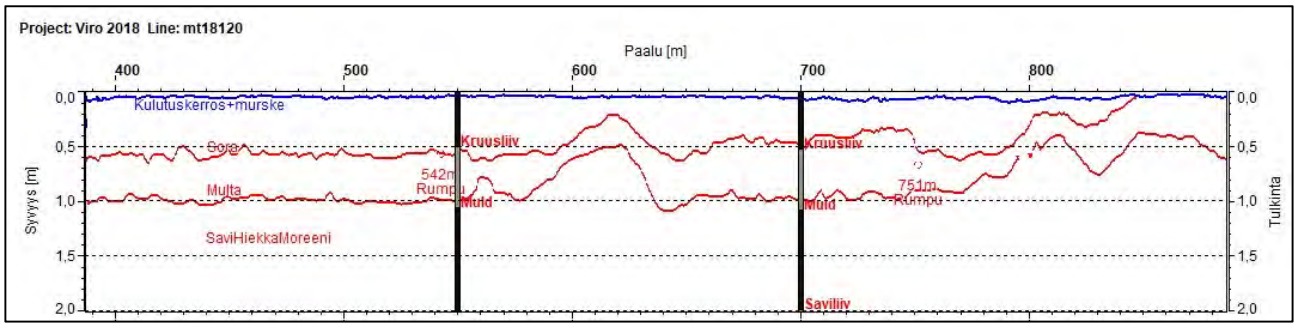
Joonistel 8…10 on väljavõtted ka maaradari andmetest, millest nähtub, et teekatendi paksus muutub väga õhukeseks alates km 0.85. Täpselt sealt kukkus järsult ka kandevõime. Otse õhukese (ca 10 cm)

teekatendi all paikneb kohati kuni 50 cm paksune mullakiht. See selgitabki tee halba kandevõimet ja seisukorda vahemikus km 0.8…1.4.

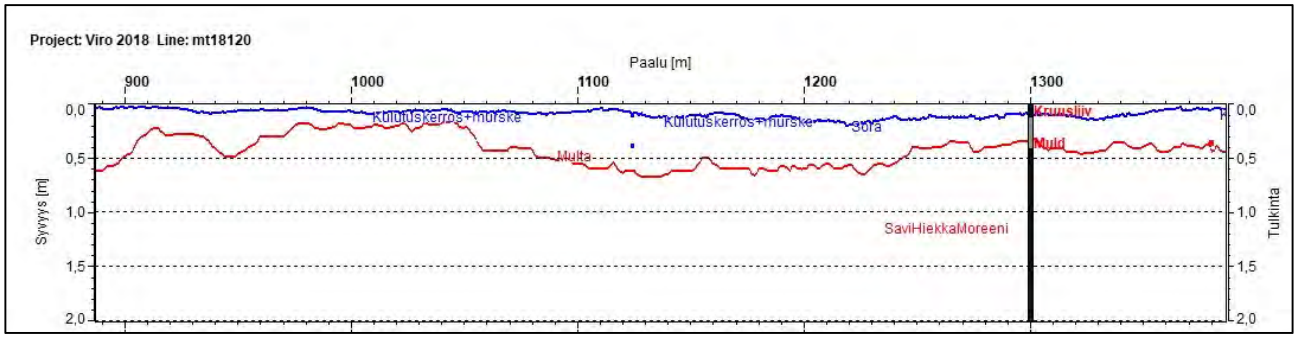


Kandevõime	37 Mpa	151 Mpa	30 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 11-1 km 0,55 pp	PA 11-2 km 0,70 pp	PA 11-3 km 1,30 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	12
Kruusliiv	35	37	
Muld	5	3	17
Savimõll		35	
Muld		10	
Möllsavimoreen, kruusa 0-15%	145	100	171

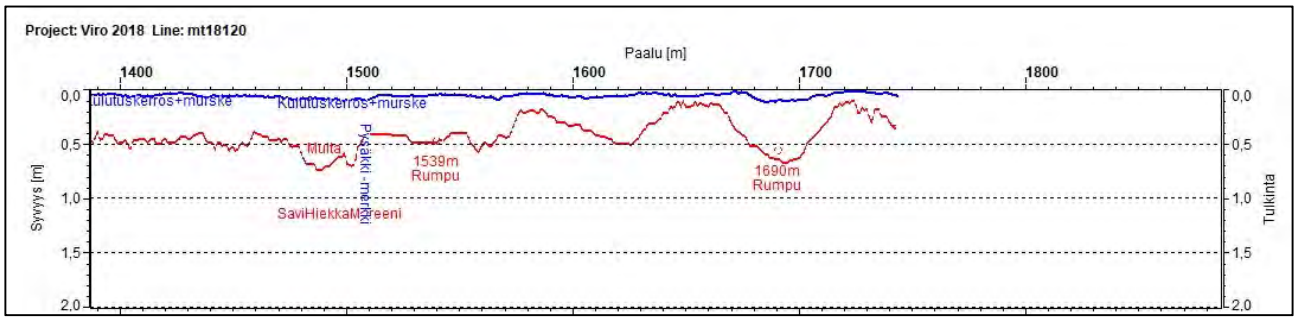
Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 8. Kanepi – Varbuse maaradar km 0.387...0.890

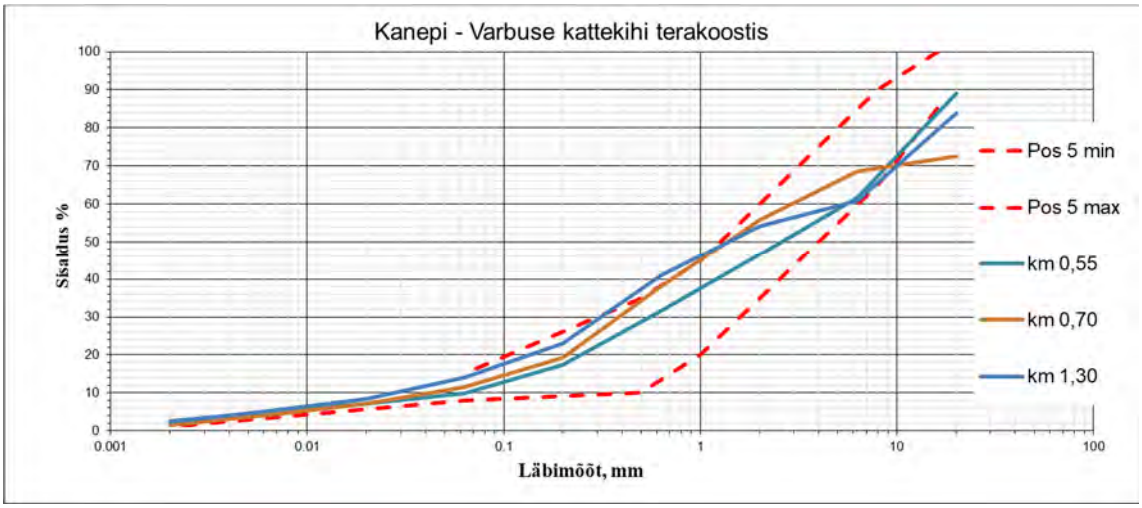


Joonis 9. Kanepi – Varbuse maaradar km 0.890...1.390



Joonis 10. Kanepi – Varbuse maaradar km 1.390...1.744

Joonisel 11 nähtub, et teekattekruusa terakoostised vastavad pos. 5 nõuetele.



Joonis 11. Kattekihi terakoostis

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõime alusel saab jagada objekti kaheks lõiguks:

1. Km 0.387...0.850
2. Km 0.850...1.744

Esimeses lõigus saab keskmiseks kandevõimeks arvestada 110 Mpa. Selles lõigus esineb keskmiselt 35 cm kihipaksusega kruusliivast kiht, mille peal on ca 15 cm paksune kulumiskiht (praktikas ei erine allolevast kruusliivast) (joonis 7). Kattekihi terakoostis ei ületa piirmäära (joonis 11). Terves lõigus on rajatud kraavitus ning paigaldatud plasttruubid. Probleeme tekitab selles lõigus pinnavesi, mis tungib konstruktsiooni ning viitab ebapiisavale kuivendusele. Kui puhastada olemasolevad kraavid ja truubid, profileerida tee, siis antud juhul ei ole vaja katendi tugevdamist ette võtta. Antud lõigu konstruktsioonilahenduseks piisab, kui paigaldada 6 cm pos. 6, mille peale 8 cm MSE 20, mille peale kahekordne pindamine (2x) (Tabel 3).

Tabel 3

Katendiarvutus lõigule 0.387...0.850

KATENDI ARVUTUS - KAP v2.0
Näidistee

Koormussagedus: 36.07 normtelge ööp/rajale
Maantee klass: 5
Teekatendi liik: Kergkatend
Tugevustegur: 0.79
Töökindlustegur: 0.75
Normhälbetegur 1.06
Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110
Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast
Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0
Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Erisurve kattele: 0.6 MPa
Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{arv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa τ_{arv}	Nihkepinged MPa τ_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			21.3%	158.05	165.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					158.05		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kat	6.0	Nihkepinged	0.0393	0.2768	85.8%	115.74		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0478	0.1360	64.9%			-
	Katendi kogupaksus	14.0					Parandustegur Δ		

Km 0.85…1.744 saaks keskmiseks kandevõimeks lugeda 60 MPa, kuigi vahemikus km 1.25…1.4 on see märgatavalt madalam. Peamiseks probleemiks on liiga õhuke teekatendi paksus, kõrge pinnasevee tase ning see, et tee on ümbritseva maapinnaga samal tasemel. Ainsaks (mõistlikuks) viisiks tee seisukorra ja kandevõime parandamisel on konstruktsiooni paksuse suurendamine.

Visuaalse vaatluse alusel on teele hiljuti kaevatud kraavid, mis on seoses pinnaseomaduste ja kõrge veesisalduse tõttu kohati sisse vajunud (fotod 5 ja 6). Lisaks katendi tugevdamisele tuleks taolised kohad likvideerida, samuti puhastada truubid, et vesi saaks takistuseta liikuda. Soovituslik on kraavinõlvade erosiooni takistada hüdrokülviga.

Fotod 5 ja 6. Nõlva erosioon kraavides

Teise lõigu katendiarvutus on esitatud tabelis 4, mille alusel tuleb katendi tugevdamiseks ja teekatte pinna tõstmiseks paigaldada teele 25 cm kruusa, mille peale 8 cm MSE20.

Tabel 4

Katendiarvutus lõigule 0.850...1.744

Koormussagedus: 36.07 normtelge ööp/rajale				Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60				Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A		
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79		Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast				Ratta jälje läbimõõt: 37 cm		
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75		Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0				Erisurve kattele: 0.6 MPa		
	Normhälbetegur	1.06						Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas		

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{arv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				τ_{arv}	τ_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			2.3%	133.37	165.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					133.37		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0405	0.0777	47.9%	93.72		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0248	0.0583	57.4%			-
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		

7. Objekti ehitustegevused

1. Kraavid

Kogu lõigus on kraavid kaevatud, kuid seoses erodeerimisega vajavad need kohati puhastust. Soovituslik on kraavide nõlvad töödelda hördokülviga, eriti km 0.85…1.5.

2. Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Mahasõitude truubid, mis vajavad puhastamist:

- Km 1.077 (paremal)
- Km 1.472 (paremal)

3. Truubid

Km 1.484 asuv põhitee truup puhastada.

4. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

- Lõigus km 0.387...0.850 paigaldada uus kulumiskiht 6 cm pos. 5, mille peale 8 cm MSE 20.
- Lõigus km 0.850...1.744 paigaldada 25 cm kruusa (sobivad positsioonid 1…4). Seejärel paigaldada 8 cm MSE 20.

Lisaks tuleb tee terves lõigus pinnata kahekordse pindamisega (2x). Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6 meetrit.

5. Muud

Kuna antud objektil on probleeme kõrge pinnasevee tasemega, mistõttu on kraavide nõlvad erodeerunud, siis on soovituslik teostada terve objekti lõikes kraavinõlvadele hüdrokülv. Hüdrokülvi

võib teha mitte järsematele nõlvadele kui 1:1,5. Hüdrokülvile tuleb rajada III klassi muru kasvualus (Teetööde tehniline kirjeldus). Kraavi sise- ja välisnõlva keskmiseks laiuseks arvestada 1 m.

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused (sobilikud on lisa 10 positsioonid 1…4).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30201	Kraavide puhastamine	m		m	500.00	5.15	2 572.50
30301	Truupide puhastamine	m		m	24.40	18.68	455.89
					Summa kantud kokkuvõttesse		**3 028.39**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^2	5811.00	3.50	20 338.50
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	3009.50	2.30	6 921.85
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	275.00	4.16	1 145.10
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	8413.40	4.53	38 092.51
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	8142.00	3.57	29 072.80
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	125.00	7.14	892.68
					Summa kantud kokkuvõttesse		**96 463.44**

KULUDE LOEND NR 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
90204	Hüdrokülv kasvualuse rajamisega (soovituslik)			m^2	-5428.00	0.00	0.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**0.00**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Kanepi - Varbuse)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**3 028€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**96 463€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**106 417€**
käibemaks 20%	**21 283€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**127 701€**

18125 Erastvere – Ridali km 0,225…2,915 (2,69km)

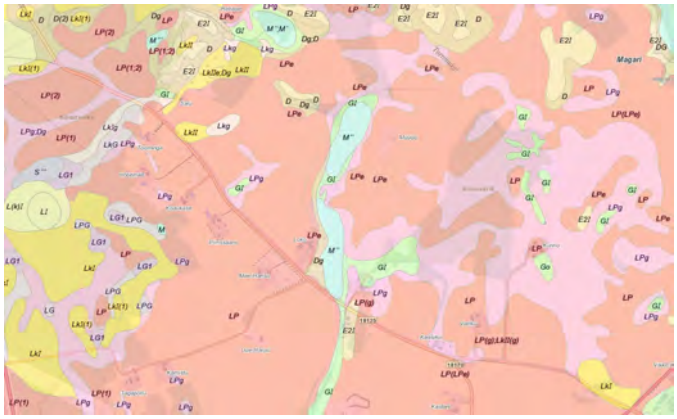
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.

Joonis 1. 18125 Erastvere – Ridali km 0,225…2,915 asukoht (Teeregister)



Joonis 2. 18125 Erastvere – Ridali km 0,225…2,915 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb valdavalt kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. Karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud mullad, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Tee lõikab Hanni sood. Tegemist on sügava madalsoomulla levikualaga, kus turba sügavus üle 100 cm ja mullaprofiil koosneb ainult T-horisondist. Madalsoomullad on põhja- ja üleujutusveega toituvad toitaineterikkad (eutroofsed) soomullad.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel on maanteele omistatud V klass.

Kruusatee seisukorra tase on „tase 4“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0,225...2,915: 83 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 96%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 1%, arvuliselt vastavalt 80, 2 ja 1 a/ööp).

Lõigu $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+1*3.76)*0.55 = 6,7 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on 2011ndal aastal paigaldatud uus kulumiskiht purustatud kruusast (optimaalse terastikuga) kihipaksusega 12 cm. Katendikihtide osas andmed puuduvad.

Teeregistri andmetel on katte laius 7 m, sõidutee laius 6 m ja mulde laius 7 m.

Reaalsuses varieerub laius 6.5...7.1 meetri vahel.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
276	paremal	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	Metsa
277	vasakul	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	Metsa
760	vasakul	eratee	3	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa
810	vasakul	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
852	paremal	eratee	5	kattega	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
904	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1013	paremal	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1112	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1262	paremal	eratee	6	kattega	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1286	vasakul	muu	5	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	Põllule
1353	paremal	muu	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus	Põllule
1533	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1613	vasakul	eratee	3,5	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	elukohta sissesõit	Talu
1635	paremal	kohalik tee	4	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	piiramata otstarbega	Loko tee
1804	vasakul	eratee	6	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
1812	paremal	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
2012	paremal	muu	12	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
2012	vasakul	muu	12	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule
2144	vasakul	eratee	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	hoovi
2155	vasakul	eratee	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	garaazi
2175	vasakul	eratee	4	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Hoovi
2321	vasakul	eratee	6	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
2425	vasakul	eratee	6	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	elukohta sissesõit	Talu
2737	paremal	muu	10	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põllule

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
724	1969	10	päiseid ei ole	0,5	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon	
1775	1969	10	päiseid ei ole	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)		
2439	2010	12	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plastik	
2666	2010	12	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plastik	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Varakevadel esines mitmeid õõtsuvaid kohti, kus on tõenäoliselt kandevõimega probleeme. Olemas korralikud külgkraavid ja põikprofiil hea. Teeservades esineb materjali valli, mis takistab veel kattelt külgkraavidesse voolata.

Täpsemad tähelepanekud:

- lõigule eelnev pinnatud osa on väga ebatasane ja halvas korras;
- km 0.4 kurv on väga kaldus;
- **km 0.65…0.7** on künka peal probleemne koht. Visuaalselt näib, et km 0.65…1.3 on teekattele veetud hiljuti uus kruusakiht;
- teekatte pinnal on kevadel olnud tõsist kattekruusa pehmenemist. Kandevõime on suhteliselt madal, mis näitab, et katte all on niiske ja konstruktsioon on õhuke.
- küngas **km 1.65** ajab vett välja (foto 1), **km 1.9** samamoodi (mõlemal laskumise peal). Viimases kandevõime 30 MPa.
- km 2.4…2.5 on olnud kattekruusa pehmenemist. Kandevõime 52 MPa.
- Km 2.6 kurv on väga kaldus ja vajab tõstmist.

Visuaalse vaatluse järgi peaks mõned kohad välja kaevama ja ülejäänud teel terakoostist parandama, mille peale paigaldada järgmine kiht.

Fotod 1 ja 2. Olukord km 1.6 ja km 2.4

4. Kandevõime

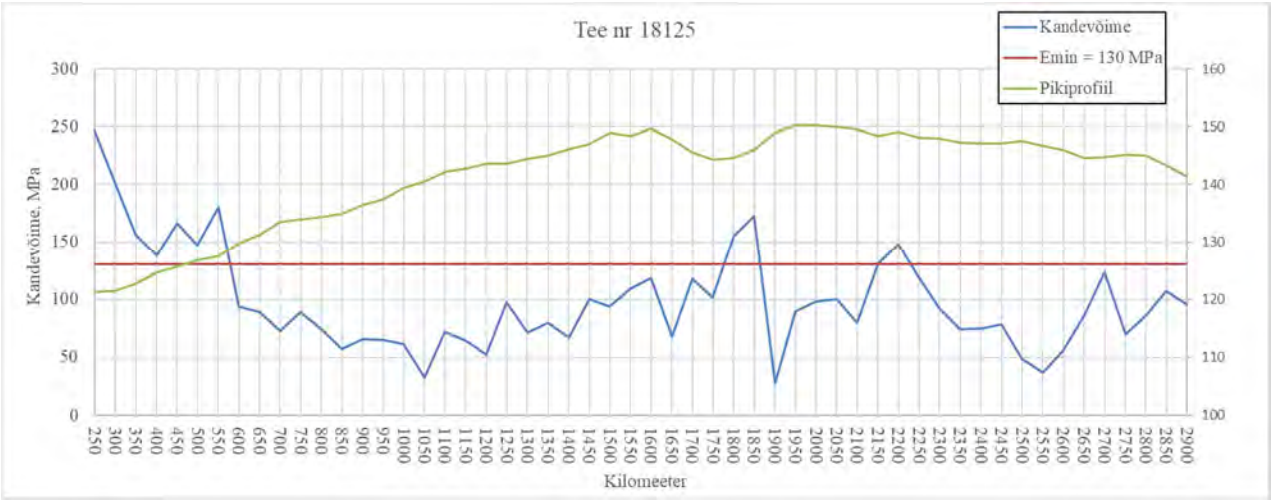
Kandevõime mõõdeti 29.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, mille põhjal saab tee jagada järgmistesse osadesse:

- Km 0.25...0.60 keskmiseks kandevõimeks arvestada 150 Mpa
- Km 0.60...2.90 keskmiseks kandevõimeks arvestada 80 Mpa, kuigi esineb mitmeid madalama kandevõimega punkte.

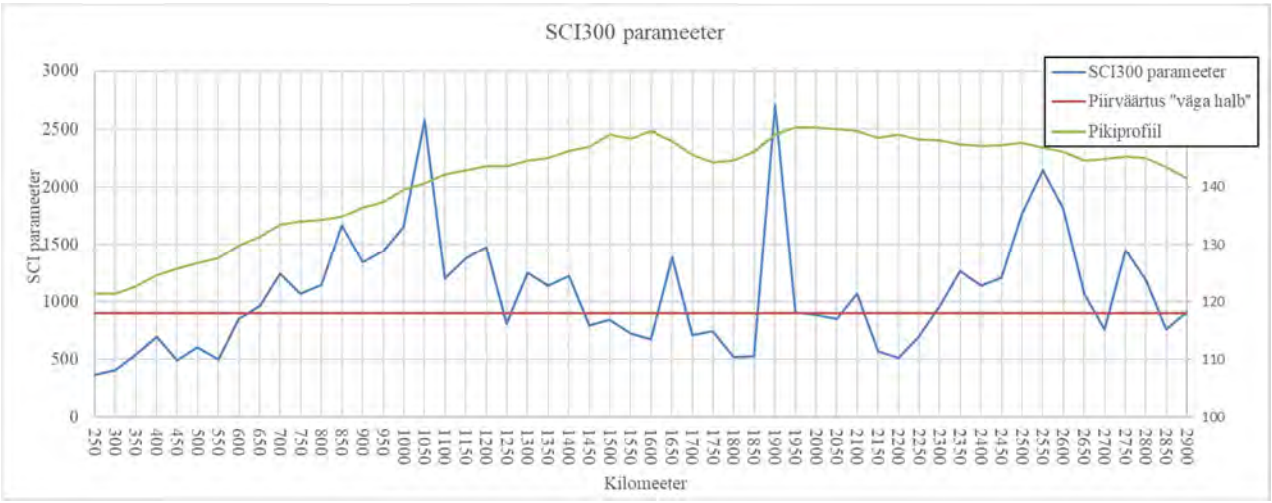
Nõrga kandevõimega kohad olid:

- Km 0.85…1.20 keskmine kandevõime 60 MPa, sh künkapealne km 1.03…1.10, kus madalaimaks kandevõimeks oli 33 MPa;
- Km 1.65…1.69 ajab nõlv vett välja ja teekate on pehme, kandevõime ca 60 MPa;
- Km 1.90 kandevõime 28 Mpa (künkapealne ajab vett välja, ulatus km 1.89…1.92);
- Km 2.50...2.60 keskmine kandevõime 47 Mpa (künkapealne ajab vett välja).

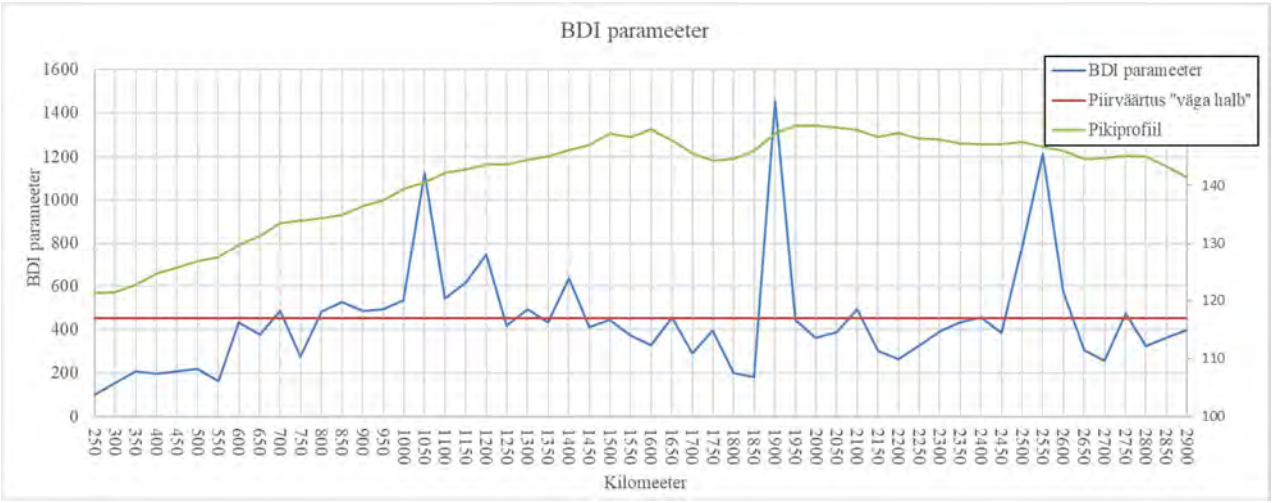
Vajumikausi parameetrid joonistel 4…6 viitavad, et nimetatud probleemsetes, madala kandevõimega kohtades, on pinnases kõrged veesisaldused. Tolmuvaba katte paigaldamiseks on vaja kevadeti küngastelt väljatungiv vesi ära dreenida, et see ei hakkaks teekatet purustama.



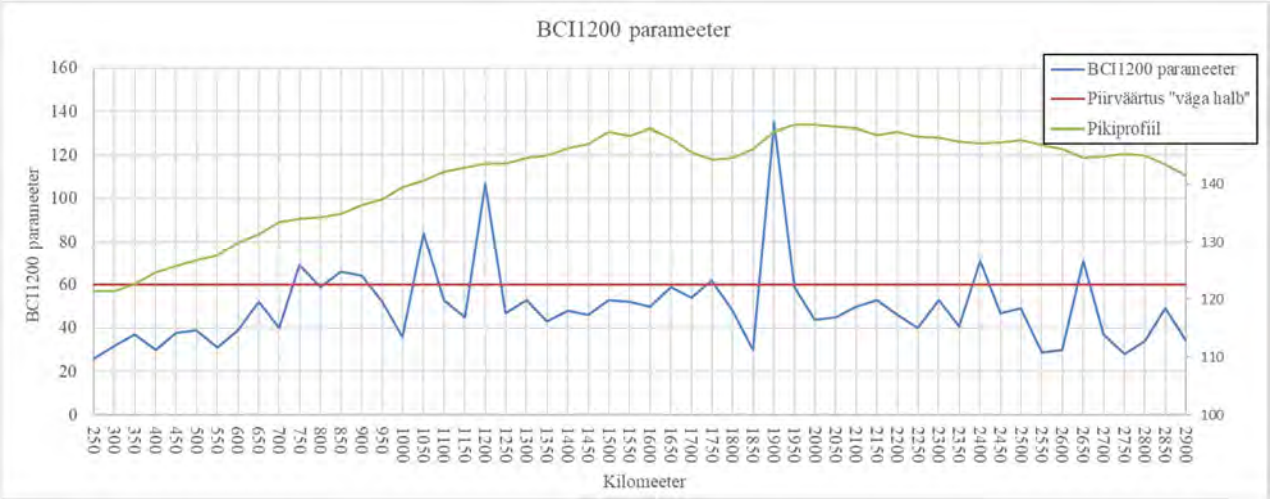
Joonis 3. Erastvere – Ridali kandevõime



Joonis 4. Erastvere – Ridali SCI300 parameeter



Joonis 5. Erastvere – Ridali BDI parameeter



Joonis 6. Erastvere – Ridali BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia

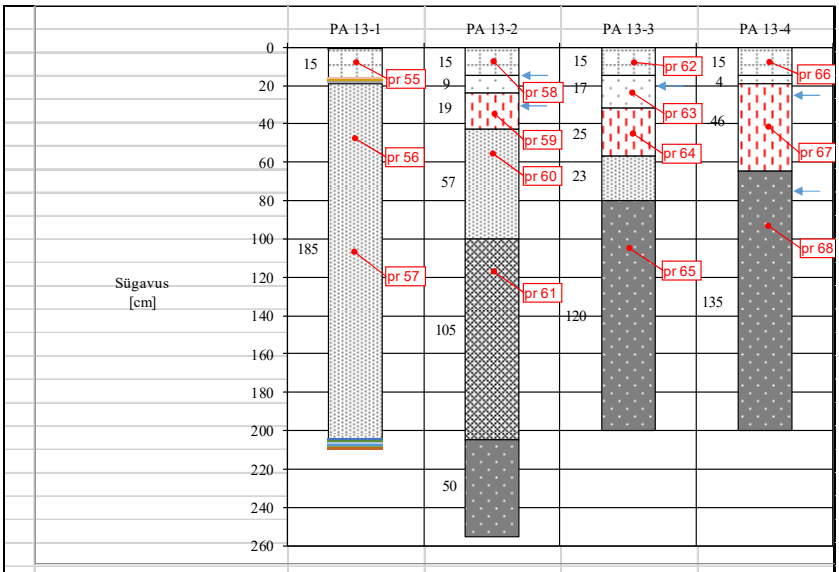
Ehitusgeoloogilises uuringus iseloomustati vaadeldavat teed järgnevalt:

„Uuritud kruusatee paikneb Otepää kõrgustiku kaguosas. Ala reljeef on lainjas, kohati künklik, relfeef on tõusuga loodest kagu suunas (Erastvere poolt Soodoma poole). Reljeefi liigendab uuringuala keskosas pikliku ribana kruusateega ristuv Hanni soo.

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetus ISO järgi klassifitseerides on grSa). Enamuses puuraukudes esines mullakiht paksusega 19-46 cm (vaid PA13-1 asukohas mulda ei olnud). Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul peenliiv ja möllsavimoreen (voolavuspiir WL=27,5%, plastsuspiir WP=15,0%, plastsusarv IP=12,5, looduslik niiskus Wn=12,8%).

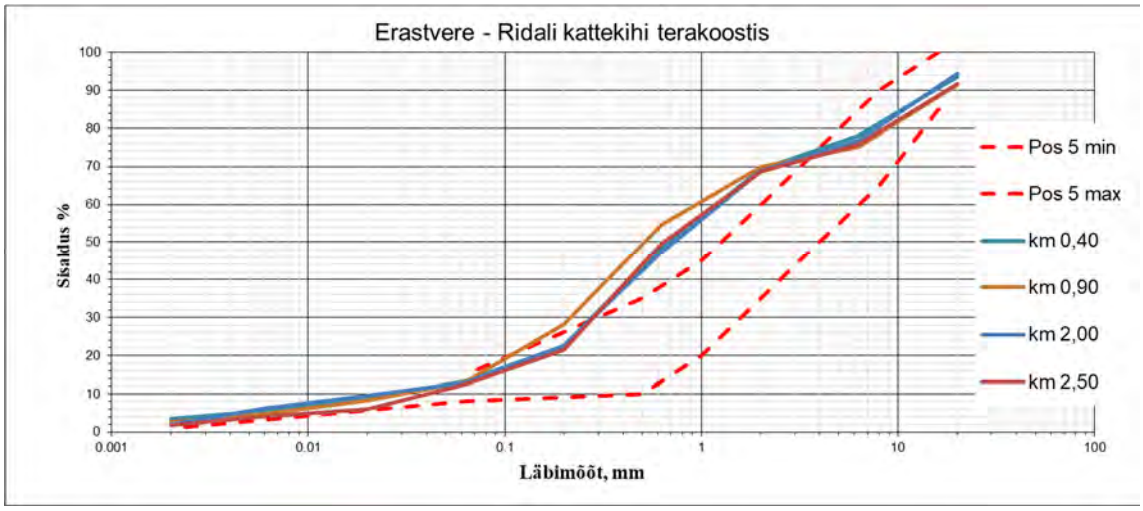
Pinnasevett puuraukudesse enamasti ei ilmunud, vaid PA13-2 asukohas mõõdeti veetase 1,65 m sügavusel kruusatee pinnast. Tee kõrvale on kohati rajatud kuivenduskraavid.“

Puuraukude pinnaseprofiilid on esitatud joonisel 7, mille alusel on teekatend valdavalt suhteliselt õhuke ja teekatendi all paikneb mullakiht. Joonisel 8 on esitatud kattekihi terakoostised, mille alusel olemasolev kruus väljub märgatavalt pos. 5 piiridest olles liiga liivane. See kajastus ka visuaalse vaatluse tulemusel, mille põhjal järeldati, et kattekruus on deformatsioonialdis ning et selle terastikulist koostist oleks vaja korrigeerida. Selle põhjuseks võib olla see, et ümbruskonnas on vaid liivakarjääre ning kruusa ega killustikku lähedal ei leidu.



Kandevõime	138 Mpa	66 Mpa	98 Mpa	49 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 13-1 km 0,40 pp	PA 13-2 km 0,90 pp	PA 13-3 km 2,00 pp	PA 13-4 km 2,50 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15
Kruusliiv		9	17	4
Muld		19	25	46
Peenliiv	185	57	23	
Möll, savikas		105		
Möllsavimoreen, kruusa 5-15%		50	120	135

Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 8. Kattekihi terakoostis

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Km 0.25...0.60 keskmiseks kandevõimeks võib arvestada 150 Mpa ja Km 0.60...2.90 80 Mpa, kuigi esineb mitmeid madalama kandevõimega punkte. Tee peamiseks probleemiks on väga liivane ja deformatsioonialdis kattekruus ning mõned künkad, mis ajavad vett välja. Tavapäraselt peaks sellisel juhul kattekruusa terastikulist koostist korrigeerima, mis tõstab ka kandevõimet ning deformatsioonikindlust, kuid kuna liikluskoormus on väga madal, siis piisab ka katendiarvutuse alusel määratud kihtide peale lisamisest. Eraldi on siiski vaja lahendada probleemsed piirkonnad.

Km 0.25…2.9 (v.a probleemsed piirkonnad) saab lahendada tabelis 3 esitatud katendiga (kuna KAPis ei olnud sobilikku pinnast keskmise kandevõime jaoks, lähtuti tolmliiva parameetritest, kus pinnas asub kuivas keskkonnas), mille järgi tuleb paigaldada 6 cm pos. 6 kruusa (deformatsioonikindluse suurendamiseks ja kruusakihi ühtlustamiseks mustsegu all) + MSE20.

Probleemsed piirkonnad ja nende lahendusvariandid on järgmised. Tabelis 4 on esitatud katendiarvutus, mis on tehtud arvestades km 2.5…2.6 küngast (foto 3). Arvutuse nihkepinged on miinuses, kuid kui aluspinnase tugevus on kõrgem (nagu muudes kohtades), siis seda probleemi ei ole ning olukord muutub soodsamaks, kui pehmetes kohtades kasutada eraldavat geotekstiili.

- Km 0.85…1.20 keskmine kandevõime ca 60 MPa, sh künkapealne km 1.03…1.10, kus madalaimaks kandevõimeks oli 33 MPa.
    - km 0.75…1.20 (mis võimaldab ühtlast kokkuviimist) tuleb paigaldada kruusakiht vastavalt katendiarvutusele tabelis 4 ning km 1.03…1.10 lisama kruusa alla geoteksiili;
- Km 1.65…1.70 ajab nõlv vett välja ja teekate on pehme, kandevõime ca 60 MPa.
    - tuleb paigaldada kruusakiht vastavalt katendiarvutusele tabelis 4 ning lisada kruusa alla geoteksiili;
- Km 1.90 kandevõime 28 Mpa (künkapealne ajab vett välja, ulatus km 1.89…1.92).
    - km 1.8…1.95 (mis võimaldab ühtlast kokkuviimist) tuleb paigaldada kruusakiht vastavalt katendiarvutusele tabelis 4 ning km 1.89…1.92 lisama kruusa alla geoteksiili;
- Km 2.50...2.60 keskmine kandevõime 47 Mpa (künkapealne ajab vett välja, foto 3).
    - künka võiks madalamaks kaevata ning paigaldada koos tekstiiliga paksema konstruktsiooni. Sellisel juhul vajatakse tagasitäiteks min. 30 cm kruuspinnast. Teine variant on katta küngas geotekstiiliga ning paigaldada tabel 4 järgne katend.

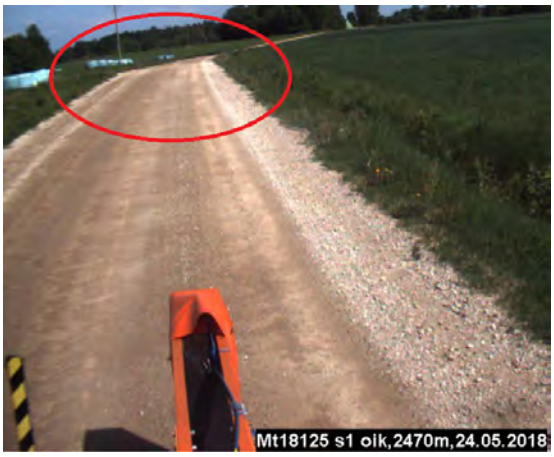


Foto 3. km 2.5…2.6 saadi künka ümbrusest madalad kandevõimed. Kruusatee on selle koha pealt märg ehk küngas ajab vett välja. Soovituslik oleks see koht välja kaevata, alternatiiviks on geotekstiil + paksem kruusakiht.

Tabel 3. Erastvere – Ridali katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.05		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p1; -0,05=-0.05		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	B - tolmliiv		**76.4**					36.7	0.017	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			16.5%	119.61	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					119.61		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	Nihkepinged	0.0372	0.3141	88.2%	83.68		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0417	0.0562	25.9%			0.664
	Katendi kogupaksus	14.0					Parandustegur Δ		0.000

Tabel 4

Katendiarvutus nõrgematele piirkondadele

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 ; =0		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**49.3**					35.1	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			7.9%	110.78	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					110.78		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0390	0.0882	55.7%	77.17		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0231	0.0198	-16.3%			0.697
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		0.000

7. Objekti ehitustegevused

1. <u>Kraavid</u>

Kraavid tuleb kaevata/puhastada:

- Km 0.23...2.25 kraav puhastada (parem pool)
- Km 2.25...2.91 kraav kaevata (parem pool)
- Km 0.23...2.16 kraav puhastada (vasak pool)

- Km 2.16...2.26 kraav kaevata (vasak pool)
- Km 2.26...2.91 kraav puhastada (vasak pool)

Km 0.72 rajatavale põhitee truubile tuleb kaevata ees- ja äravoolukraav pikkusega 25+25 meetrit. Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. Raadamine

Rajataval põhitee truubi ees- ja äravoolukraavi sihil viia läbi raadamine. Laiuseks arvestada 2 meetrit ja pikkuseks 25+25 meetrit.

3. Mahasõidud

Mahasõitude km 2.15 ja km 2.17 alla tuleb paigaldada truubid. Mahasõidu truupide pikkuseks arvestada 6 meetrit ja läbimõõduks 400 mm. Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega.

Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

4. Truubid

Km 0.72 tuleb välja vahetada põhitee truup. Põhitee truubi pikkuseks arvestada 12 meetrit ja läbimõõduks 600 mm.

5. Mullatööd

Sisekurvid km 0.38…0.44 (60 m), km 0.75…0.85 (100 m), km 1.21…1.28 (60 m), km 2.65…2.70 (50 m) tuleb täita saavutamaks optimaalset profiili. Täitemahu laiuseks arvestada kolm meetrit ja kihipaksuseks 0.2 meetrit. Kokku seega 162 m^3.

6. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Km 0.25…2.9 (v.a probleemsed piirkonnad) paigaldada 6 cm pos. 6 kruusa.

- km 0.75…1.20 paigaldada 20 cm kruusa ja täiendavalt km 1.03…1.10 kruusakihi alla ka geotekstiil;
- Km 1.65…1.70 paigaldada geotekstiil + 20 cm kruusa;
- km 1.8…1.95 paigaldada 20 cm kruusa ja täiendavalt km 1.89…1.92 kruusakihi alla ka geotekstiil;
- Km 2.50...2.60 paigaldada geotekstiil + 20 cm kruusa;

Paigaldada kogu teele MSE20 segu + 2x pindamine.

Pinnatud teekatte laiuseks saab olla 6.5 meetrit.

7. Muud

Geotekstiilina kasutada II-profiili (geotekstiil kokku 240 m).

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused (sobilikud on lisa 10 positsioonid 1…4).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	100.00	1.54	154.35
					Summa kantud kokkuvõttesse		**154.35**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	598.50	6.17	3 695.14
30201	Kraavide puhastamine	m		m	3622.50	5.15	18 637.76
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	90.00	18.68	1 681.56
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	162.00	13.39	2 169.21
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	1680.00	1.54	2 593.08
					Summa kantud kokkuvõttesse		**28 776.75**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3	20	m^2	5025.00	3.50	17 587.50
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	9380.00	2.30	21 574.00
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	575.00	4.16	2 394.30
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	17485.00	4.53	79 165.09
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	16140.00	3.57	57 631.42
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	350.00	7.14	2 499.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**180 851.81**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50501	Päiste tüüp x			tk	4.00	776.25	3 105.00
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	18.00	124.20	2 235.60
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	60	m	12.00	186.30	2 235.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**7 576.20**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Erastvere - Ridali)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**154€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**28 777€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**180 852€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**7 576€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**224 285€**
käibemaks 20%	**44 857€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**269 142€**

22171 Kalme – Tammiste - Teedla km 1,16…4,687 (3,527km)

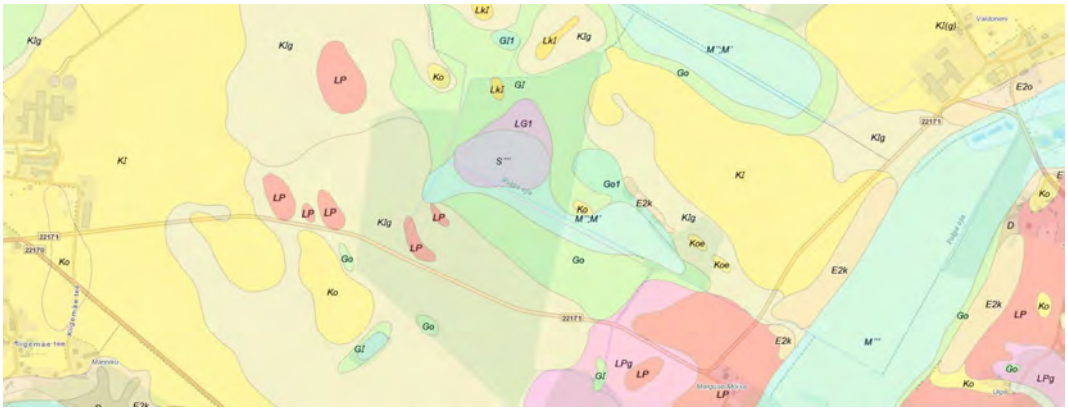
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.

Joonised 1 ja 2. 22171 Kalme – Tammiste - Teedla km 1,16…4,687 asukoht (Teeregister)



Joonised 2. 22171 Kalme – Tammiste - Teedla km 1,16…4,687 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb vaheldumisi/lõiguti gleistunud leetja mulla ja leetja mulla levikualadel. Antud piirkonnas on ajutine (nõrk) liigniiskus tingitud Pulga oja ja seda ümbritseva siirde- ja madalsoo levikuala tõttu.

Leetja mulla kihisemine algab B-horisondi kesk- või ülaosas, tingimata aga lähtekivimis, enamasti 30-100 cm sügavusel. Reaktsioon (pH) on haritava maa mulla ülemistes horisontides neutraalne kuni nõrgalt happeline, metsades nõrgalt kuni keskmiselt happeline. Leetumistunnused puuduvad või esinevad nõrgalt.

Gleistunud leetjad mullad on ajutiselt (nõrgalt) liigniisked mullad. Gleistumistunnused esinevad kerge ja keskmise lõimisega muldadel alumistes, rasketel aga A-horisondile järgnevas horisondis.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on km 1,16...1,260 „tase 5“ , km 1,260...1,530 „tase 2“ , km 1,530...2,865 „tase 3“ , km 2,865...3,070 „tase 5“ , km 3,070...3,200 „tase 2“ , km 3,200...4,030 „tase 3“ , km 4,030...4,520 „tase 4“ , km 4,520...4,687 „tase 2“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0…3.863: 156 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 97%, veoautod ja autobussid 2%, autorongid 1%, arvuliselt vastavalt 153, 3 ja 1 a/ööp).

Lõigu $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+1*3.76)*0.55 = 6.5 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on aastal 1986 paigaldatud uus kulumiskiht purustatud kruusast (optimaalse terastikuga). Katendikihtide kohta andmed puuduvad.

Teeregistri andmetel on:

- Km 1.160...1.530 katte laius 7 m, sõidutee laius 6 m ja mulde laius 7 m,
- Km 1.530...4.687 katte laius 5 m, sõidutee laius 5 m ja mulde laius 5 m.

Reaalsuses varieeruvad laiused 6.4...7.1 meetri vahel.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
1276	paremal	kohalik tee	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	suurem tee
1463	paremal	kohalik tee	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	suurem tee
1520	paremal	eratee	6	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	farm
1748	paremal	eratee	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	karjatee
1800	paremal	eratee	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	karjatee
2521	vasakul	eratee	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	elamu-hoov
2571	vasakul	eratee	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	muu	ms.
4491	paremal	eratee	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	tegevuskoht	hoidla
4517	paremal	kohalik tee	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	suurem tee
4518	vasakul	kohalik tee	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	suurem tee

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
1252	1960	13,5	päised on	1	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon	
2338	1960	9,3	päiseid ei ole	0,8	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	raudbetoon	
2870	1960	9,6	päiseid ei ole	0,5	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon	
3563	1960	10,6	päiseid ei ole	0,5	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	raudbetoon	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee on valdavalt maapinnaga ühel kõrgusel või kohati madalam. Teel on mitu väga järsku kurvi, milles on sisekurv ära sõidetud, isegi maapinnast madalam. Korralikud kraavid puuduvad, mõnes kohas tehtud väike nõva. Teeservas esineb materjali valli.

Tee alguses on põllumajandusettevõte, mis tähendab palju manööverdamist ja raskeid koormaid.

Detailsemad andmed:

- tee algab pindamisega, kus on sees pikipragusid ja vajumisi, kuid mitte väga palju. Vana pindamise laius on 5.5 m. Kruusatee laius kraavi äärest kraavi ääreni on 6.5 m;
- km 1.4 madal kandevõime künka pealt (47 MPa) – kihipaksus võib olla väike;
- km 1.28 ja 1.46 kurvid väga vajunud ja vajavad sisekülje tõstmist;
- km 2.05…2.1 künka peal on kattes võrkpraod sees ja on näha, et on kandevõimeprobleeme (fotod 1 ja 2). Samuti on tee olemasolevast maapinnast madalam – teed tuleks tõsta;
- km 2.55 kurv on väga lääpas ja vajab tõstmist;
- km 2.6…3.15 on vasak pool teest väga liivane, mis mõjutab teekatendi toimivust ja kandevõimet;
- km ca 3.1…3.6 on väga nõrk piirkond (madalam sirge koht), teekattes on praod ja õõtsub. Sama jutt km 3.9 ja 4.2. Seega nõrgaks piirkonnaks võib lugeda vahemiku km 3.15…4.25, kus on kattes sees praod ja kohati punnitab alt üles. Km 4.15 on tehtud täitmist jämetäitematerjaliga – kandevõime siit 44 MPa – ehk alt on siiski pehme.

Üldise järeldusena võiks öelda, et olemasolev kruuskate tuleb segada jämedama materjaliga (millega teed ka tõstetakse), misjärel uus katendikiht + pindamine. Seoses põllumajandusliku tegevusega oleks vaja kasutada pindamise all seotud kihti. Samuti oleks vajalik kraavide kaevamine.

Fotod 1 ja 2. Km 2.05…2.1 künkapealne on madala kandevõimega ja vasak pool teest maapinnast madalamal.

Fotod 3 ja 4. Eriti nõrk piirkond oli vahemik km 3.15…4.25.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 28.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, mille põhjal saab tee jagada järgmistesse osadesse:

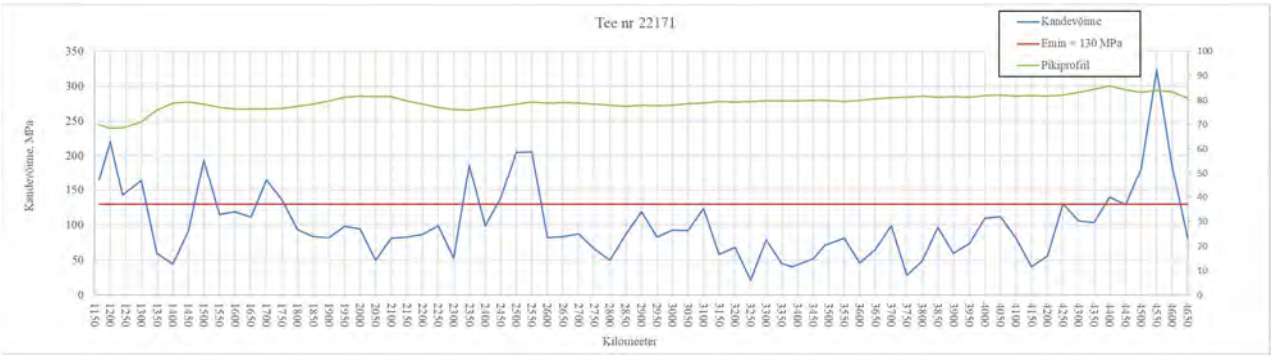
- Km 1.16…3.15 ja km 4.25…4.687 kandevõime vähemalt 80 MPa (mõnede eranditega);
- Km 3.15…4.25 kandevõime ca 60 MPa (mõnede eranditega).

Üldisest madalamad kandevõimed saadi:

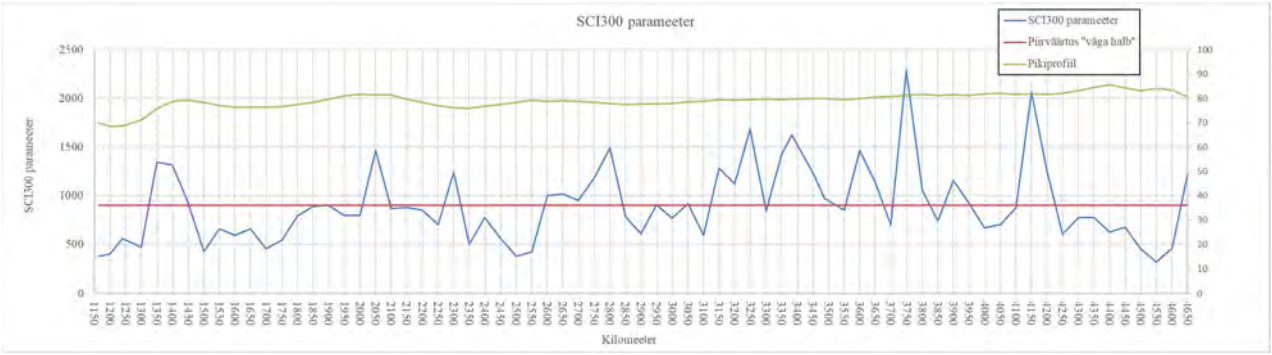
- Km 1.35 ja 1.4 (ca 50 MPa – künkapealne);
- Km 2.05 (50 MPa – tee ääres seisev vesi + õhuke katend);
- Km 2.30 (53 MPa – väga kõrge BCI parameeter, eespool on kraav, mistõttu aluspinnas võib olla üleniiskunud);
- Km 2.80 (49 MPa – kogu katend aluspinnaseni välja liigniiske);
- Km 3.25 (22 MPa – väga õhuke katendikiht, liigniiskus);

- Km 3.75 (28 MPa – väga õhuke katendikiht, liigniiskus);
- Km 4.15 (41 MPa – väga õhuke katendikiht, liigniiskus).

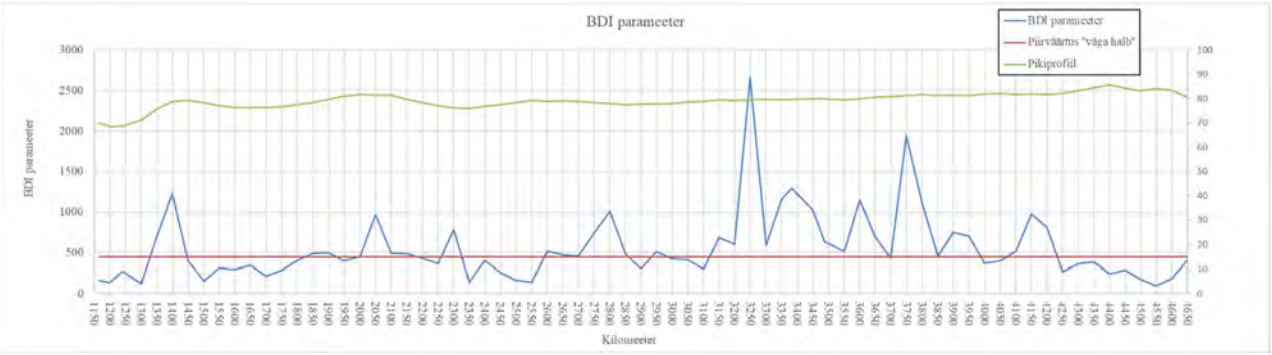
Vaadeldes veel vajumikausiparameetreid joonistelt 4…6 nähtub, et BCI1200 parameetrid ületavad peaaegu terve objekti lõikes lubatud piirmäärasid. Ehitusgeoloogilisi ristlõikeid vaadates on näha, et BCI1200 parameeter ei näita antud juhul enam teekonstruktsiooni parameetreid vaid sügavamaid kihte (muld, möll, möllsavimoreen). Kuna antud olukorras ei ole eesmärk terve tee rekonstrueerida täies mahus, ei ole võimalik olukorda parandada muudmoodi, kui üritada juhtida pinnaveed läbi kraavituse teest eemale. Ka SCI300 ja BDI parameetrid peegeldavad probleeme liigniiskusega.



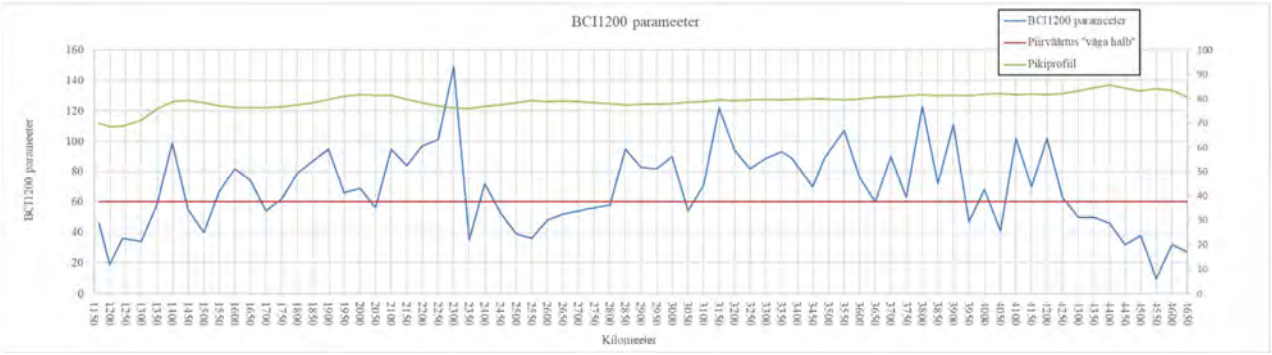
Joonis 3. Kalme – Tammiste - Teedla kandevõime



Joonis 4. Kalme – Tammiste – Teedla SCI300 parameeter



Joonis 5. Kalme – Tammiste – Teedla BDI parameeter



Joonis 6. Kalme – Tammiste - Teedla BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogiline aruanne kirjeldab pinnaseolusid järgnevalt:

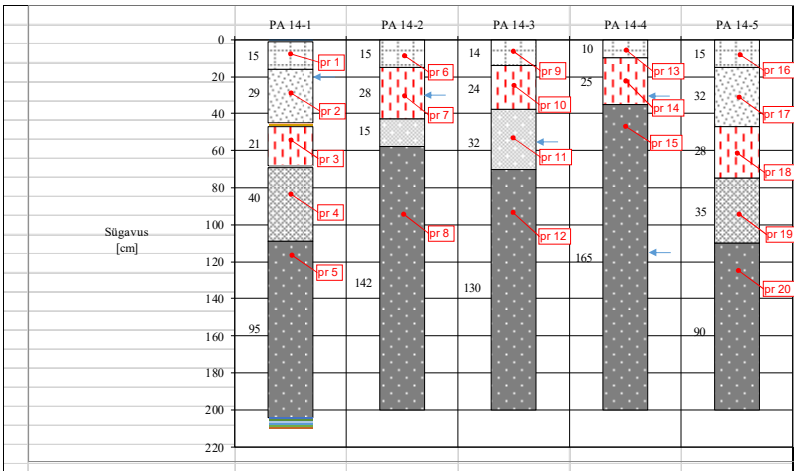
„Ala reljeef on lainjas, maapinna madalamates kohtades läheb tee alt läbi mitmeid kuivenduskraave. Reljeefi mõjutab ka teest lõuna pool voolav Rõuge oja.

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, grclSa, saclGr ja sasiGr), mille all esineb 21-28 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul möll või savimöll, mille all lamab möllsavimoreen (voolavuspiir WL=28,8%, plastsuspiir WP=14,9%, plastsusarv IP=13,9, looduslik niiskus Wn=13,5%).

Pinnasevett välitööde ajal puuraukudesse ei ilmunud. Pinnasevee liikumine toimub madalamatele aladele kuivenduskraavidesse, mis valdavalt suubuvad lõunasse Rõuge jõkke.“

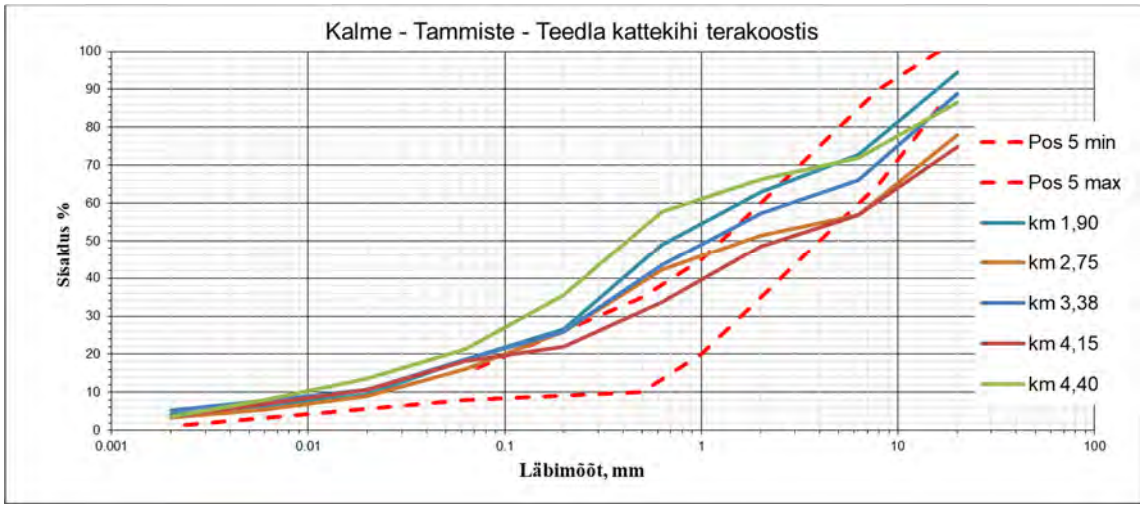
Puuraukude ristlõiked on esitatud joonisel 7, millest nähtub, et teekatendi paksus on valdavalt väga õhuke, mille all on kas muld või tolmne kruusliiv. Mõlemad pinnased (sh ka teekatendi kruus) on tugevalt niiskustundlikud, mida sai järeldada ka kandevõimemõõtmiste tulemuste põhjal.

Kattekihtide terakoostise graafikud on esitatud joonisel 8, millest nähtub väga vahelduv terastikuline koostis – kohati vastab pos. 5 nõuetele, kohati väljub olles tugevalt liivane.



Kandevõime	82 Mpa	66 Mpa	40 Mpa	41 Mpa	140 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 14-1 km 1,90 pp	PA 14-2 km 2,75 pp	PA 14-3 km 3,38 pp	PA 14-4 km 4,15 pp	PA 14-5 km 4,40 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	14	10	15
Kruusliiv, tolmne	29				32
Muld	21	28	24	25	28
Möll	40				35
Savimöll		15	32		
Möllsavimoreen, kruusa 5-15%	95	142	130	165	90

Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 8. Kattekihi terakoostised

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõime (ja ka visuaalse vaatluse) alusel saab jagada tee kahte iseloomulikku lõiku:

- Km 1.16…3.15 ja km 4.25…4.687 kandevõime vähemalt 80 MPa (mõnede eranditega) – katendiarvutus tabelis 3;
- Km 3.15…4.25 kandevõime 50…60 MPa (mõnede eranditega) – katendiarvutus tabelis 4.

Erandlikud (nõrgad) piirkonnad on:

- Km 1.35 ja 1.4 (ca 50 MPa – künkapealne, mis ajab vett välja – tuleb paigaldada dreeniv kiht vahemikus km 1.30…1.44 ehk 140 m);
- Km 2.05 (50 MPa – tee ääres oli seisev vesi, lisaks on teekatend väga õhuke– katendit tuleb tõsta vahemikus 2.00…2.15 ehk 150 m, sobilik on kasutada katendiarvutust tabelis 4);

- Km 2.30 (53 MPa – väga kõrge BCI parameeter, eespool on kraav, mistõttu aluspinnas võib olla üleniiskunud – kraavitust ja vee liikumist tuleb parandada);
- Km 2.80 (49 MPa – kogu katend aluspinnaseni välja liigniiske – kraavitust ja vee liikumist tuleb parandada);
- Km 3.25, km 3.75 ja km 4.15 (kandevõimed vastavalt 22, 28 ja 41 MPa – väga õhuke katendikiht, liigniiskus – SCI väärtused olid erakordselt kõrged, mis võimaldab järeldada, et neid punkte saab lahendada sama katendiga, mis läheb piirkonda 3.15…4.25 üldiselt).

Tabel 3

Katendiarvutus km 1.16…3.15 ja km 4.25…4.687 (v.a erandid)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.05		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p1; -0,05=-0.05		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	B - tolmliiv		**76.4**					36.7	0.017	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			16.5%	119.61	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					119.61		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	Nihkepinged	0.0372	0.3141	88.2%	83.68		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0417	0.0562	25.9%			0.664
	Katendi kogupaksus	14.0					Parandustegur Δ		0.000

Tabel 4

Katendiarvutus km 2.00…2.15 ja km 3.15…4.25

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 ; =0		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**49.3**					35.1	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			7.9%	110.78	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					110.78		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0390	0.0882	55.7%	77.17		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0231	0.0198	-16.3%			0.697
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		0.000

6. Objekti ehitustegevused

1. Kraavid

Kraavid tuleb kaevata terve objekti lõikes mõlemale poole. Kuna vaatluse info kohaselt asub tee ümbritseva maapinnaga võrreldes samal tasapinnal või sügavamal, siis on oluline pöörata rõhku antud tegevusele. Olemasolev olukord on kehva ning konkreetne kraavitus puudub terve objeki ulatuses.

Lisaks tuleb kaevata ees- ja äravoolukraavid paigaldatavatele põhitee truupidele (25+25 meetrit):

- Km 1.25
- Km 2.33
- Km 2.87
- Km 3.56

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. Raadamine

Paigaldatavate truupide ees- ja äravoolukraavid on vaja kõigepealt raadata ja puhastada. Laiuseks arvestada 2 meetrit ning pikkuseks 25 meetrit piki kraavi sihti.

Raadamise maht:

- Km 1.25 (25+25 meetrit)
- Km 2.33 (25+25 meetrit)
- Km 2.87 (25+25 meetrit)
- Km 3.56 (25+25 meetrit)

3. Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla. Mahasõidud, mille alla tuleb paigaldada truubid:

- Km 1.27
- Km 1.52
- Km 1.74

Truupide pikkuseks arvestada 6 meetrit ning läbimõõduks 400 mm.

4. Truubid

Põhitee truubid pärinevad kõik aastast 1960, need oleks soovituslik välja vahetada. Mahutabelis arvestatakse siiski vaid nende puhastamisega kogupikkusega 43 m.

5. Mullatööd

Antud objektil on kolm väga tugevalt ära vajunud sisekurvi, mis vajavad täitmist:

- Km 1.23...1.31 (pikkus 80 meetrit)
- Km 1.44...1.49 (pikkus 50 meetrit)

- Km 2.54...2.61 (pikkus 70 meetrit)

Täitemahu laiuseks arvestada kolm meetrit ja kihipaksuseks 20 cm, kokku seega 120 m^3.

6. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olemaaukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Kruuskatte/kruusaluse osas paigaldada järgmised materjalid järgmiste kihipaksustena (lõigud tuleb omavahel ühtlaselt kokku viia):

- Km 1.16…1.30 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;
- Km 1.30…1.44 paigaldada 20 cm dreeniv kruusa- või killustikalus;
- Km 1.44…2.00 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;
- Km 2.00…2.15 paigaldada 20 cm dreeniv kruusa- või killustikalus;
- Km 2.15…3.15 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;
- Km 3.15…4.25 paigaldada 20 cm dreeniv kruusa- või killustikalus;
- Km 4.25…4.687 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;

Paigaldada 8 cm MSE20, mis pinnata kahekordselt (2x).

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.5 meetrit.

7. Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused (sobivad lisa 10 positsioonid 1…4)

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	400.00	1.54	617.40
					Summa kantud kokkuvõttesse		**617.40**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	5555.00	6.17	34 296.57
30301	Truupide puhastamine	m		m	43.00	18.68	803.41
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	120.00	13.39	1 606.82
					Summa kantud kokkuvõttesse		**36 706.81**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3	20 cm	m^2	9313.00	3.20	29 801.60
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	13891.00	2.30	31 949.30
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	325.00	4.16	1 353.30
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	22925.50	4.53	103 797.49
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	22925.00	3.57	81 858.76
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	225.00	7.14	1 606.82
					Summa kantud kokkuvõttesse		**250 367.27**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Kalme - Tammiste - Teedla)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**617€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**36 707€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**250 367€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**294 617€**
käibemaks 20%	**58 923€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**353 540€**

22182 Järiste – Luke mõis km 0…1,914 (1,914km)

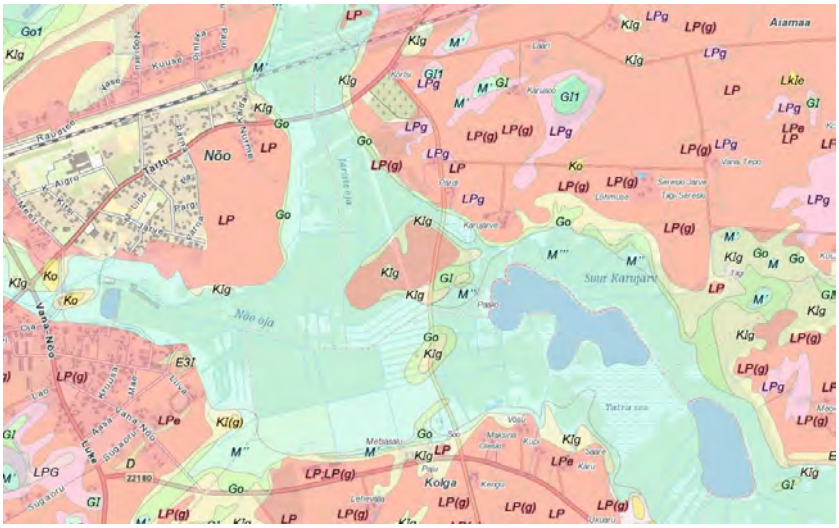
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.

Joonised 1 22182 Järiste – Luke mõis km 0…1,914 asukoht (Teeregister)



Joonised 1 ja 2. 22182 Järiste – Luke mõis km 0…1,914 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb valdavalt õhukese madalsoomulla levikualal, kus on põhja- ja üleujutusveega toituvad toitaineterikkad (eutroofsed) soomullad. Turba tüsedus 50-100 cm. Liigniiskus on tingitud asukohast – ühelt poolt piirab Suur Karujärv ning teiselt poolt Nõo oja ja Järiste oja.

Tee valdav liigniiske piirkond vaheldub gleistunud leetjas mulla levikualadega, mis on ajutiselt (nõrgalt) liigniisked mullad. Gleistumistunnused esinevad kerge ja keskmise lõimisega muldadel alumistes, rasketel aga A-horisondile järgnevas horisondis.

Arvestatavas mahus esineb lõiguti ka gleistunud kahkjas leetunud mulla levikuala, mis on nõrgalt (ajutiselt) liigniiske muld.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on km 0...1,175 „tase 4“ , km 1,175...1,914 „tase 5“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0…1,914: 197 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 97%, veoautod ja autobussid 1%, autorongid 2%, arvuliselt vastavalt 192, 2 ja 3 a/ööp).

Lõigu $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+3*3.76)*0.55 = 9,1 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on:

- Km 0...0.720 alus purustatud kruusliivast
- Km 0.720...0.863 alus kruusliiv/jämeliiv kihipaksusega 20 cm ning ehitusaasta 2011
- Km 0.863...0.943 alus kruusliiv/jämeliiv kihipaksusega 50 cm ning ehitusaasta 2011
- Km 0.943...1.316 alus kruusliiv/jämeliiv kihipaksusega 20 cm ning ehitusaasta 2011
- Km 1.316...1.914 alus purustatud kruusliivast (ülejäänud andmed puuduvad)

Katte osas on teada, et aastal 2011 on ehitatud uus kulumiskiht purustatud kruusast (optimaalse terastikuga) kihipaksusega 12 cm.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
92	paremal		4	kruus		truup on	piiramata otstarbega	surnuaed
139	paremal	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	surnuaed
201	paremal		4	kruus		truup on		surnuaeda
227	paremal		4	kruus		truup on	elukohta sissesõit	
497	paremal	eratee	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	elamu-värav
499	paremal		4	kruus			elukohta sissesõit	
509	vasakul	kohalik tee	6	kruus			piiramata otstarbega	suurem tee
620	vasakul	eratee	4	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	talu
646	vasakul	eratee	4	kruus		truup on	elukohta sissesõit	elamu-värav
850	paremal		4	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	
909	vasakul		4	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	
918	paremal	eratee	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	metsatee
1058	paremal	eratee	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	muu	ms.
1175	vasakul		4	kruus		truup on	elukohta sissesõit	
1175	paremal	eratee	4	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	põld
1316	vasakul		4	kruus			põllu- ja metsamajandus	
1414	paremal		4	kruus			elukohta sissesõit	
1639	paremal		4	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
344	2011	11		0,5	väga hea		
799	2011	12		0,5	väga hea		
1205	1966	11,8	päised on	1,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	raudbetoon	
1520	2011	12		0,5	väga hea		

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee ääres on praktiliselt kogu ulatuses kraavid, kuid teele muldkeha rajatud ei ole ja kate on enam-vähem ühel kõrgusel maapinnaga. Tee oli üsna auklik aga ka liiklussagedus oli võrdlemisi kõrge. Tolmuvaba katte alla viimiseks väga suuri pingutusi tegema ei peaks: profileerida ja mõnes kohas tuleb materjali lisada ja kandevõime probleemidega kohas pisut välja kaevata.

Detailsemad vaatlusandmed:

- km 0.4 on väike äravajunud koht (foto 1). Sellest kohast kandevõime 72 MPa.
- kattekruus on eriti tee äärtest liivane (foto 2) ja paremal pool teed on servavall (kuni ca km 1.0);
- km 1.35…1.45 on väga märg (probleemne) koht (foto 3). Pehme ei ole, kuid teekattes on palju auke (foto). Tundub, et alt pressib vett üles. Tuleks parandada kattekruusa terakoostist;
- Km 1.9…1.65 on vasak pool tee äär väga liivane (foto 4).

Fotod 1 ja 2. km 0.4 ja km 0.75 kattekruusa pehmenemine

Fotod 3 ja 4. km 1.4 auklik koht. Tee ääred olid väga liivased, mis ei kannata koormust

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 28.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Tulemused on väga head ja ühtlased. Kuid sellegi poolest eristusid üksikud nõrgad kohad:

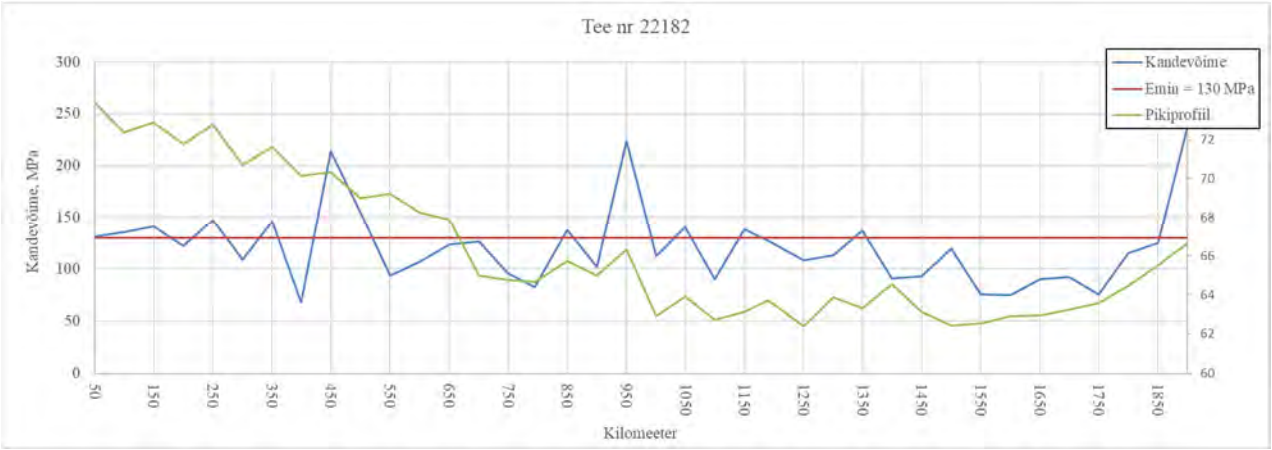
- Km 0.40 (tulemus 68 Mpa – kattekruus on väga liivane ning madala deformatsioonikindlusega)
- Km 1.55...1.75 (keskmiseks arvestada 75 Mpa)

Keskmiseks kandevõimeks võib ülejäänud objekti lõikes arvestada 110 Mpa.

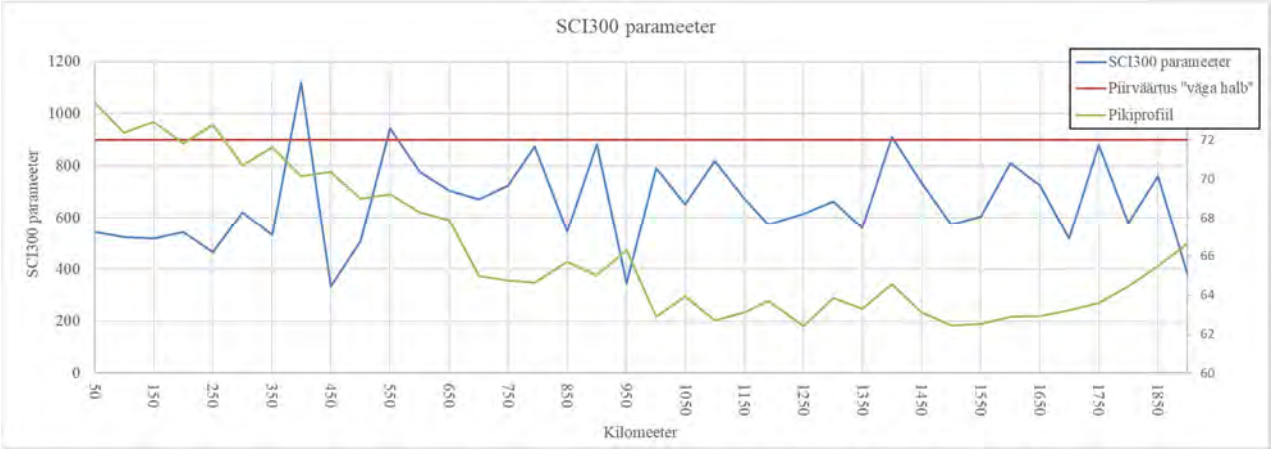
Foto 5. Vaade sisekurvi, kus kandevõime tulemus 68 Mpa

BCI1200 parameetrid ületavad peaaegu terve objekti lõikes lubatud piirmäärasid. Ehitusgeoloogilisi ristlõikeid vaadates on näha, et BCI1200 parameeter ei näita antud juhul enam teekonstruktsiooni parameetreid vaid sügavamaid kihte. Ehitusgeoloogia aruande kohaselt levib teekonstruktsiooni all 6 – 47 cm paksune mullakiht ning puuraugus PA16-3 105 cm paksune turbamulla kiht. Kuna antud olukorras ei ole eesmärk terve tee rekonstrueerida täies mahus, ei ole võimalik aluspinnasega midagi ette võtta.

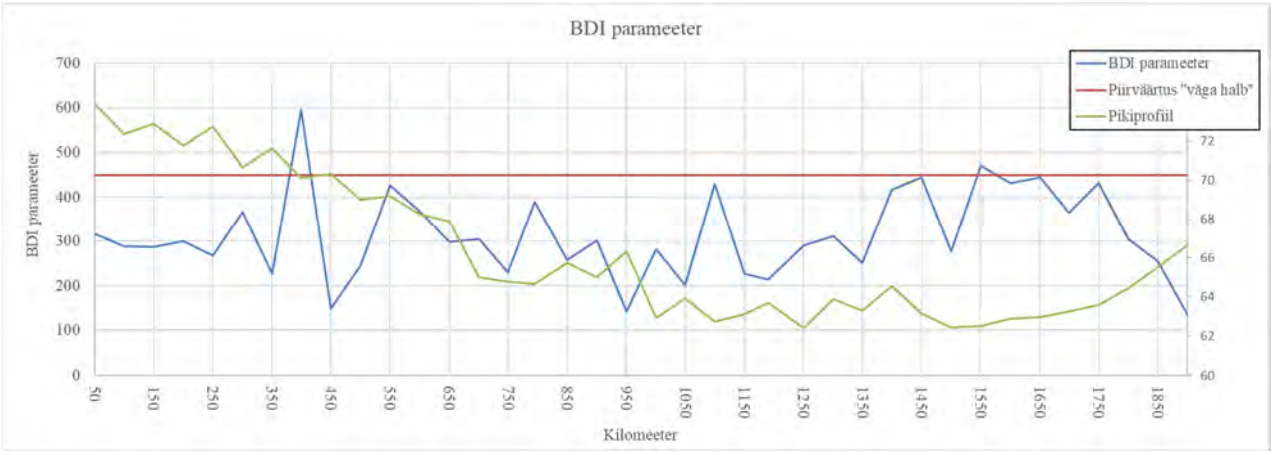
SCI300 ja BDI parameetrid on kevadise kruusatee kohta väga head, mõnes üksikus kohas piirväärtused ületatakse, mis on seotud kas kruusa omadustega ja/või kõrge niiskussisaldusega. Tee lõpus on BCI väärtus märkimisväärselt kõrge, mis peegeldub ka madalamas kandevõimes. Mullakaardilt nähtub, et teelõigu lõpus asub tee madalsoomulla levikualal, seega on tee all kas turvas või muu liigniiske materjal.



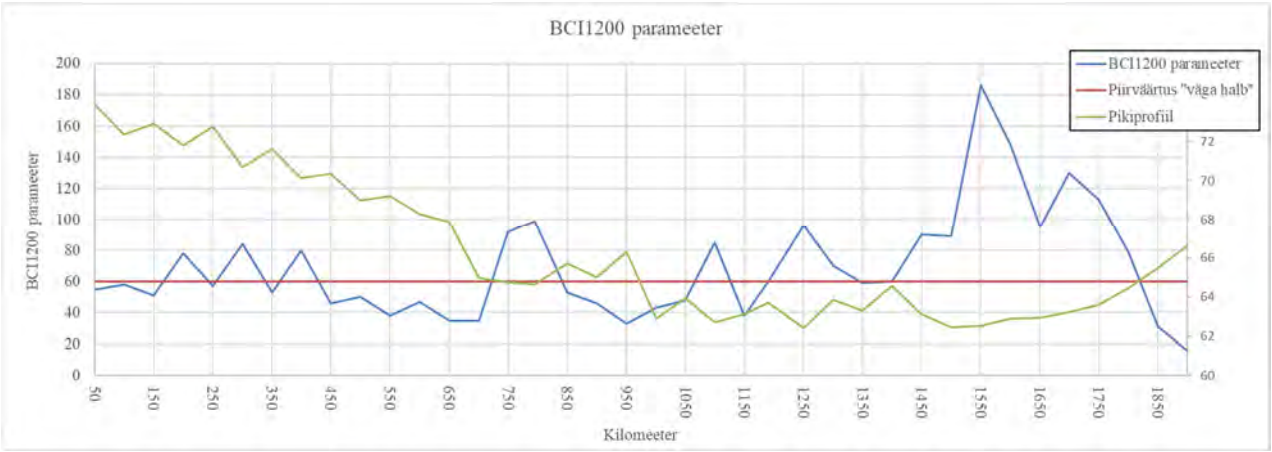
Joonis 3. Järiste – Luke mõis kandevõime



Joonis 4. Järiste – Luke mõis SCI300 parameeter



Joonis 5. Järiste – Luke mõis BDI parameeter



Joonis 6. Järiste – Luke mõis BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne võtab teelõigu pinnaseolud kokku järgnevalt:

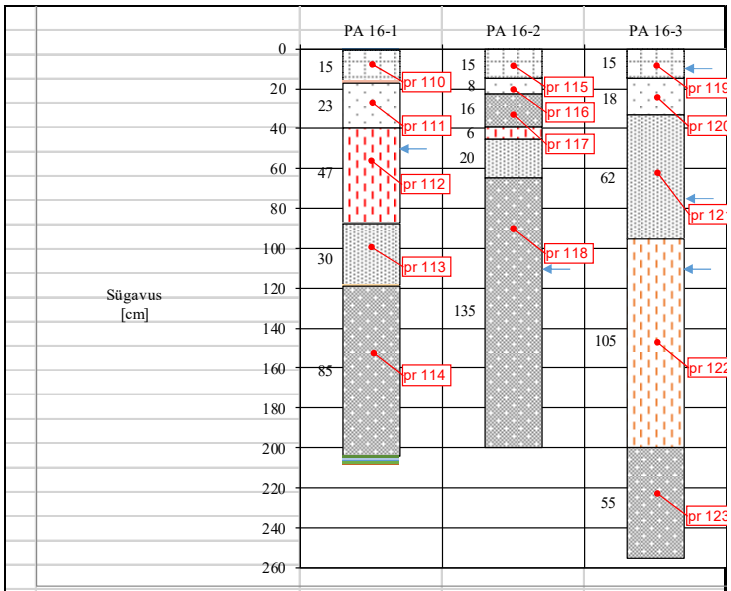
„Ala reljeef on lainjas. Tee alt voolab läbi Nõo oja ja selle äärde jääb mitmeid kraave. Teest ida poole jääb Suur Karujärv. Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö

kulumiskihi, nimetus ISO järgi klassifitseerides on grSa), mille lamamiks on pööratud kohalik pinnas (puuraugus PA16-2 savimöllmoreen ja PA16-3 mölline peenliiv). Selle all levib 6-47 cm paksune mullakiht ja puuraugus PA16-3 105 cm paksune turbamulla kiht. Orgaanilise pinnase all lasub möllikas peenliiv ja savimöllmoreen (voolavuspiir WL=22,1%, plastsuspiir WP=13,8%, plastsusarv IP=8,3, looduslik niiskus Wn=14,5%).

Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Moreeni kihipindadele võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett, mida juhitakse kraavide kaudu Nõo ojja.“

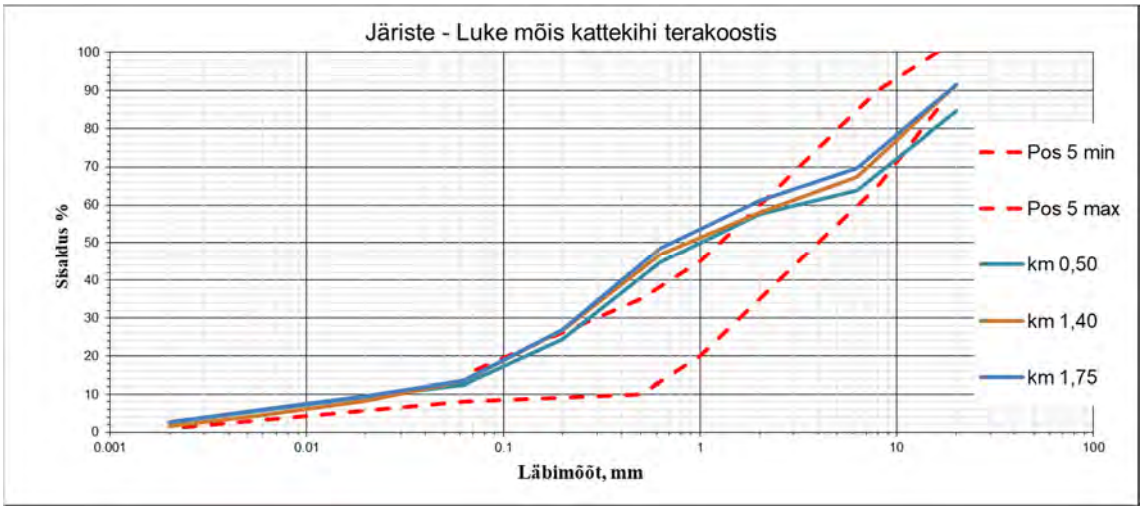
Puuraukude läbilõiked on nähtavad joonisel 7, millest saab kinnitust kandevõimemõõtmiste ja mullakaardi põhjal tehtud järeldusele, et tee lõpuosa asetseb madalsooturbal. Sellest tulenevalt on kogu teekatend liigniiske ning seal asetsev niiskustundlik täide põhjustab nõrgemat kandevõimet.

Joonisel 8 on esitatud kattekruusa terastikulised koostised, mis väljuvad liiva osas pos 5 terakoostise väljast.



Kandevõime	154 Mpa	91 Mpa	75 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 16-1 km 0,50 pp	PA 16-2 km 1,40 pp	PA 16-3 km 1,75 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15
Kruusliiv	23	8	18
Savimöllmoreen (täide)		16	
Muld	47	6	
Mölline peenliiv	30	20	62
Turbamuld			105
Savimöllmoreen, kruusa 5-15%	85	135	55

Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked

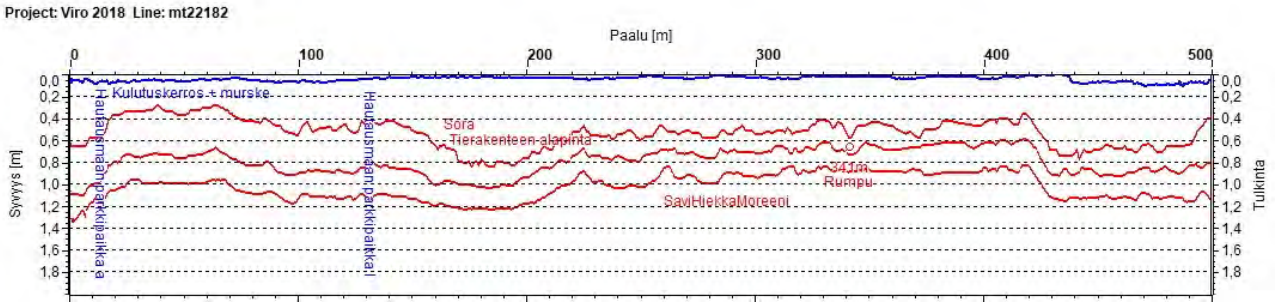


Joonis 9. Järiste – Luke mõis kattekihi terakoostis

6. Analüüs

Tee kandevõime on kevadise kruusatee kohta väga hea, km 0…1.50 ja 1.8…1.914 võib kandevõimeks arvestada 130 MPa, v.a punkt 0.4, kus kandevõime oli 68 MPa ja kõik vajumikausuparameetrid üle piirväärtuste. Punkti on kujutatud fotodel 1 ja 5, millest nähtub, et tee servas on vee äravoolu takistav vall ning kruuskate visuaalselt väga liivane. Vahemik 0…0.5 on kujutatud maaradariprofiilil joonisel 10, mille alusel ei erine see teistest punktidest. Seega võib järeldada, et km 0.4 nõrk kandevõime saab parandatud, kui teekate on profiilis ning tolmuvaba kate ei luba sademevetel enam imbuda teesse.

Kuna katendi E_{vaj} on sisuliselt juba tagatud, siis katendiarvutust teha vaja ei ole. Teekatet on vaja siiski homogeniseerida ja soovituslik on parandada kattekruusa terakoostis. Kuna liikluskoormus on väike, piisab ka sellest, kui uuendatakse kulumiskihti paigaldades 6 cm pos 6 kruusakihti.



Joonis 10. Järiste – Luke mõis maaradar km 0.00...0.50

Km 1.5…1.8 on keskmine kandevõime ca 75 MPa, mis tuleneb tee all asetsevast turbast ja täitematerjalide niiskustundlikkusest. Antud koha katendiarvutuse võiks teha tabelis 3 kujutatud viisil, kuigi see ei ole 100% korrektne, kuna arvutuses kasutatakse tolmliiva. Tegelikkuses peaks aluspinnasena kasutama sellist kruusakihti, mis annaks tulemuseks mõõdetud kandevõime. Kasutatud tolmliiva parameetrid on siiski piisavalt lähedased tees oleva (niiske) kruusa omadele, mistõttu võib katendiarvutuse esitada selliselt. Kattekruusa homogeniseerimise eesmärgil tuleks lisaks paigaldada veel ka 6 cm pos. 6 kruusa.

Tabel 3

Järiste – Luke mõisa katendiarvutus km 1.5…1.8.

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.05		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p1; -0,05=-0.05		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{akv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
ALUS	B - tolmliiv		**76.4**					36.7	0.017	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			6.8%	109.73	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					109.73		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0474	0.0562	15.7%			0.664
	Katendi kogupaksus	8.0					Parandustegur Δ		0.000

7. Objekti ehitustegevused

1. <u>Kraavid</u>

Kraavid tuleb kaevata/puhastada:

- Km 0.00...1.91 (paremal pool kraav puhastada)
- Km 0.00...1.65 (vasakul pool kraav puhastada)
- Km 1.65...1.91 (vasak pool kraav kaevata)

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. <u>Mahasõidud</u>

Mahasõidu (km 0.49) alla tuleb paigaldada truup. Truubi pikkuseks arvestada 6 meetrit ja läbimõõduks 400 mm.

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

3. <u>Katend</u>

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Paigaldada kogu lõigu pikkuses 6 cm kruusasegu pos. 6.

Paigaldada MSE20 + 2x pindamine

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	207.90	6.17	1 283.57
30201	Kraavide puhastamine	m		m	2806.65	5.15	14 440.21
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	60.00	18.68	1 121.04
					Summa kantud kokkuvõttesse		**16 844.83**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	12823.80	2.30	29 494.74
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	425.00	4.16	1 769.70
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	12441.00	4.53	56 327.87
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	12441.00	3.57	44 423.33
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	125.00	7.14	892.68
					Summa kantud kokkuvõttesse		**132 908.32**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	6.00	124.20	745.20
					Summa kantud kokkuvõttesse		**745.20**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Järiste - Luke mõis)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**16 845€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**132 908€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**745€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**157 424€**
käibemaks 20%	**31 485€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**188 909€**

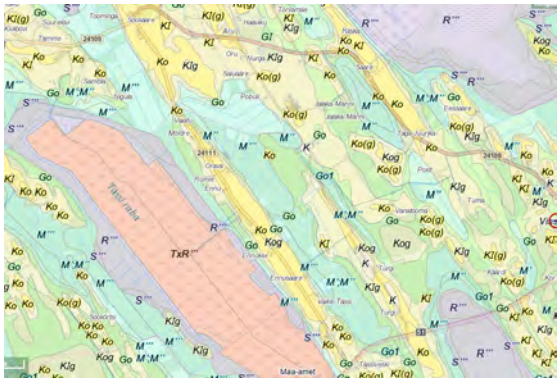
24111 Tässi tee km 0,054…3,868 (3,814km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2, millest nähtub, et tee asub kogu ulatuses Ko (Leostunud ja leetjad mullad) peal, tegemist on saviliiv- ja liivsavimuldadega.



Joonised 1 ja 2. 24111 Tässi tee km 0,054…3,868 asukoht (Teeregister) ja näidatuna mullakaardil (Maa-amet).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra taset pole määratud.

Liiklussagedus 2017:

Km 0…3.863: 135 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 80%, veoautod ja autobussid 8%, autorongid 12%, arvuliselt vastavalt 108, 11 ja 16 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu. Liiklejad, kes varem Oorgust Järtssaarde liikusid läbi Vissuvere, hakkavad tolmuvaba katte puhul suurema tõenäosusega kasutama Tässi teed.

Lõigu **E_{vaj} = 175 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (11*2.67+16*3.76)*0.55 = 49.2 V_1/ööp]. Arvestades vajaliku elastsusmooduli suurust 2017 andmete põhjal ja seda, et liiklus tolmuvaba katte paigaldamisel tõenäoliselt suureneb, peaks kaaluma püsikatendi paigaldamist.

Teeregistri alusel on aluse kruusakiht paigaldatud aastal 1974 ning lõigul km 1.580…2.030 on 2016. aastal paigaldatud 30 cm looduslikku kruusliiva.

Objektil mõõdetud kruusatee muldkeha laius on 7 m. Teeregistri alusel on tee laius kogu pikkuses 6 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 34 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve
268	vasakul	eratee	5,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
291	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
300	paremal	eratee	4,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus
302	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
333	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
361	vasakul	eratee	3,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
400	vasakul	eratee	5,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
419	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
765	paremal	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
927	paremal	eratee	3,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
1307	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
1374	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
1542	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit
1659	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
1693	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
1754	vasakul	eratee	6,0	kruus	truup puudub	tegevuskoht
1820	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	tegevuskoht
2028	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
2110	paremal	eratee	3,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
2187	paremal	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
2197	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
2212	paremal	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
2574	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
2626	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
2900	paremal	eratee	4,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus
2941	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit
2978	paremal	eratee	5,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus

3001	vasakul	eratee	5,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
3214	paremal	eratee	7,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus
3564	paremal	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
3565	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
3704	paremal	eratee	4,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
3735	vasakul	eratee	10,0	kruus	truup puudub	tegevuskoht
3778	vasakul	eratee	4,0	katteta	truup puudub	tegevuskoht

Truubid:

Objektil asub 5 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal
22	1	1984		päised on	0,5		raudbetoon
504	1	2016		päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast
1884	1	2016		päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast
2951	1	2016		päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast
3829	1	2016		päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee alguses on väljas 8t massipiirang. Muldkeha laius on 7 m. Ääred on pehmemapoolsed, tee ääres on sügavad kraavid. Tässi tee aluses on mahasõidu peal asfaltkate, mille pealt mõõdeti kandevõimeks 201 MPa, kuid mis oli kohati lagunenud (fotod 1 ja 2).

Fotod 1 ja 2. Tässi tee alguses oli asfalteeritud mahasõit, mis on kohati launenud.

Tee ääres on Tässi talu, mis annab teele selles kohas väga suurt koormust (foto 3). Talu juures tuleks planeerida tugevamat katet (võiks olla isegi asfaltkate), kuna manööverdamine kahjustab

pindamiskihti. Ümbruskonnas on palju põllumajandust ja teel liigub vastavat rasketehnikat. Tee ääres km 1.8 on mahasõit turbamaardlasse (foto 4), mis viitab suurele raskeveokikoormusele.

Fotod 3 ja 4. Tee ääres asuv talu ja turbamaardla annavad teele tavapärasest kruusateest suurema koormuse.

Kruuskatet näib olevat hiljuti uuendatud. Profiilid paigas, tee ääres on korralikud kraavid. Enamjaolt on tee väga heas korras ja kandevõimed head, kuigi eristus mõningaid halva kandevõimega piirkondi:

- km 0.78…0.8 oli tee keskel külmakerkeline koht (foto 5);
- km 3.0 oli tee keskel külmakerkeline koht (foto 6);
- mõnevõrra nõrgem piirkond on vahemikus kogu km 3.0…3.35 (truubist kuni künka peale);
- km 3.45 kurvi sisekülg on ära vajunud, mistõttu vajab see tõstmist.

Fotod 5 ja 6. Teel leidus ka mõningaid nõrga kandevõimega kohti (vastavalt km 0.8 ja 3.0)

Teelõigu lõpus ristub Tässi tee teega nr. 24109 Kõo – Kolga-Jaani, mille kattelt mõõdeti kandevõimeks 388 MPa. Seal on aastal 2016 paigaldatud 10 cm MSE20 segu, mis on pinnatud.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 28.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, mille põhjal saab tee jagada järgmistesse osadesse:

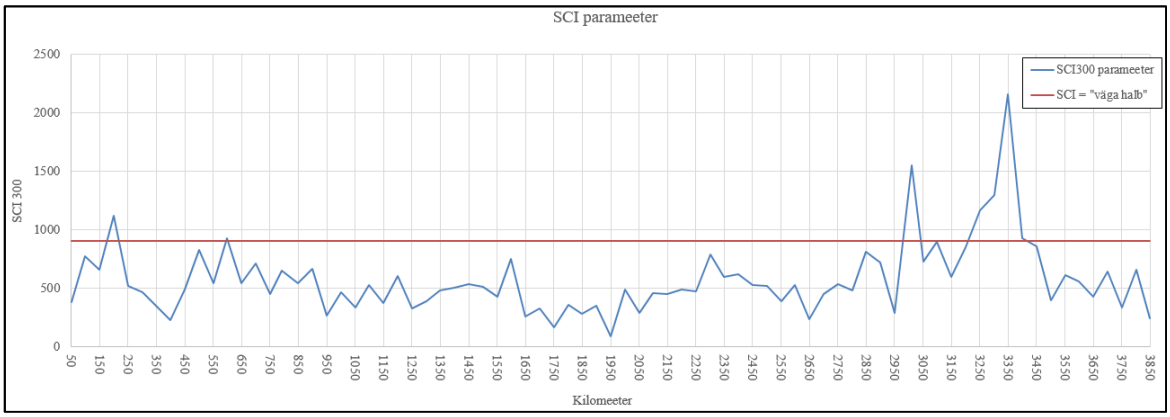
- km 0.05…0.90 keskmine kandevõime 110 MPa, kuid km 0.20 on nõrgem koht kandevõimega 62 MPa.

- km 0.90…2.80 keskmine kandevõime 175 MPa, kuid km 1.60 on nõrgem koht 124 MPa ja km 2.30 on 111 MPa;
- km 2.80…3.45 keskmine kandevõime 100 MPa, kuid km 3.00 on nõrgem koht 36 MPa ja km 3.35 on 51 MPa;
- km 3.45…3.85 keskmine kandevõime 150 MPa.

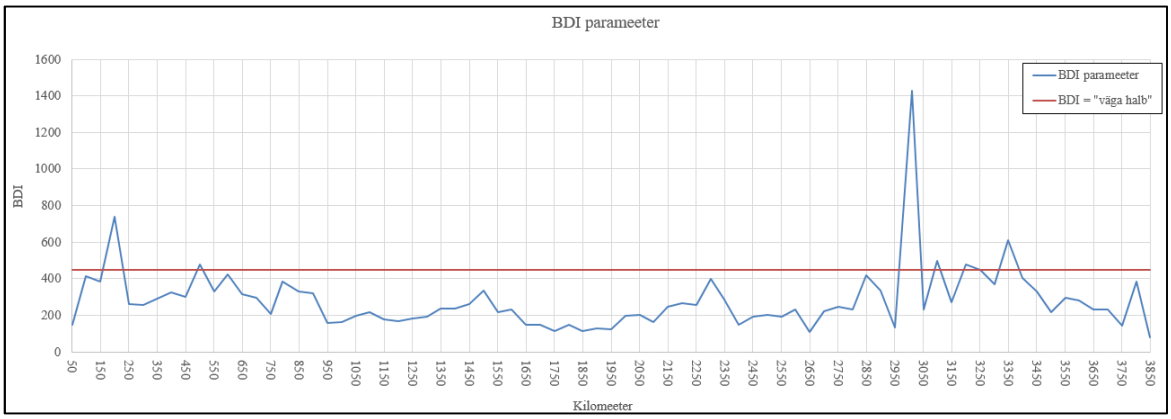
Joonistel 4…6 on kujutatud FWD vajumikausi parameetrid, mille alusel eristub selgelt piirkond km 2.8…3.45, kus oli ka madalam kandevõime. Vaadates kõrvale pikiprofiili nähtub, et selles piirkonnas maapind langeb, mistõttu valgub sinna ka pinnavesi ja/või pinnasevesi on teekattele lähemalt. Vajumikausi parameetrite alusel saab järeldada, et kas teekatend on üleniiskunud või paiknevad seal tugevalt niiskustundlikud materjalid. Võimalik ka, et teekatendi tüsedus on väike.

Eriti BDI parameetri alusel eristub ka tee algus ning ka seal oli mõnevõrra madalam kandevõime, kui tugevamas sektsioonis.

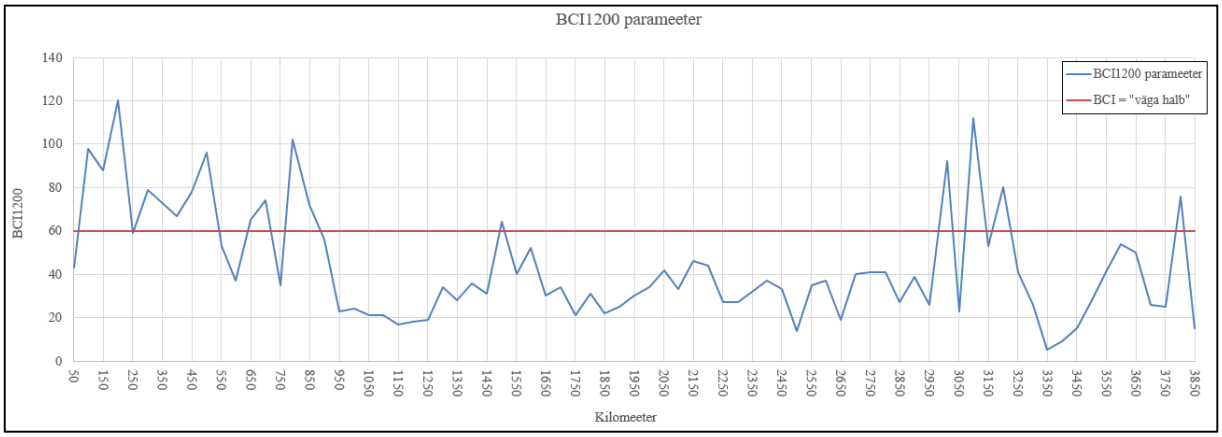
Joonis 3. Tässi tee kandevõime



Joonis 4. Tässi tee SCI300 parameeter



Joonis 5. BDI parameeter



Joonis 6. BCI1200 parameeter.

4. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruandes võeti objekt kokku järgmiselt:

„Ala reljeef on lainjas (Kolga-Jaani voorestik). Uuritav tee kulgeb seljandiku harjal. Kahe seljandiku vahelisel madalama alal jookseb tee alt läbi kuivenduskraav. Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetusteks ISO järgi klassifitseerides on grsasiSa, grsiSa, sasiGr ja saGr). Mille all lamab 10-40 cm paksune kiht mulda või mullaga segunenud mölli. Looduslikku aluspinnasena esineb liivmoreen (voolavuspiir W_L=20,4%, plastsuspiir W_P=16,5%, plastsusarv I_P=3,9, looduslik niiskus Wn=12,3…15,0%). Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Pinnasevee liikumine toimub valdavalt kirde ja edela suunas madalamatele aladele. Tee kõrvale on rajatud kuivenduskraavid.“

Aluspinnase looduslik niiskus oli uuringu ajal kuni 15%, mis on lähedal plastsuspiirile 16.5%. Tõenäoliselt on pinnas kevadeti nõrgemates kohtades plastne, mis omakorda tähendab tagasihoidlikku kandevõimet (näiteks km 3.0).

Puuritud ristlõiked on esitatud tabelis 3, mille alusel on teekatend kogu tee pikkuses suhteliselt ühtlane. Järelikult on suurim kandevõime mõjutaja kruuspinnase ja selle alla jääva materjali niiskussisaldus, teisisõnu katend koosneb tugevalt niiskustundlikust pinnasest.

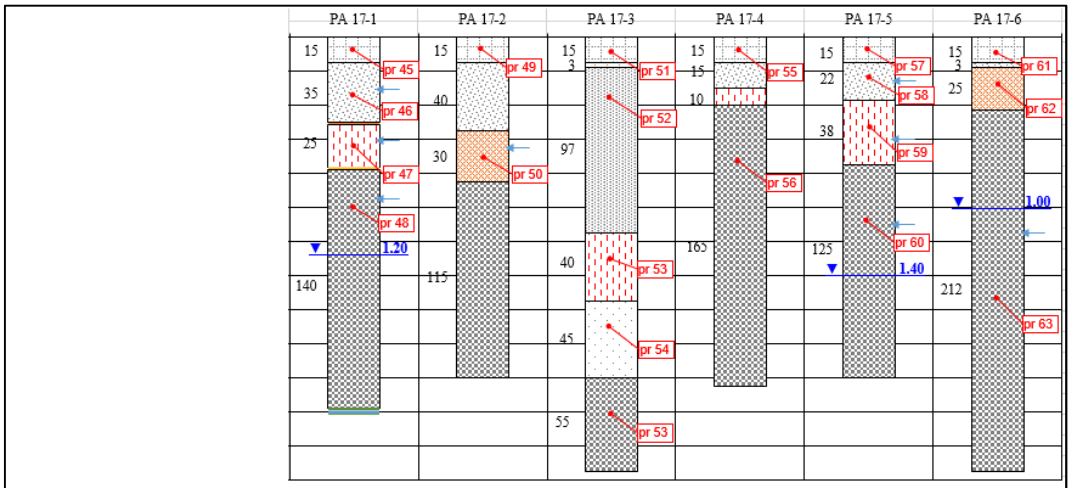
Eelnevalt oli toodud vahemik km 2.8…3.45, kus oli kandevõime nõrgem, kui mujal, samuti leiti sealt punkt km 3.0, mille kandevõime oli vaid 36 MPa. Ristlõikelt näib, et otse km 3.0 teekatendi all on

38 cm paksune mullakiht. Laboriandmete alusel oli selle looduslik veesisaldus 17.05.18: 17.9%, kuid kandevõimemõõtmise ajal tõenäoliselt oluliselt kõrgem.

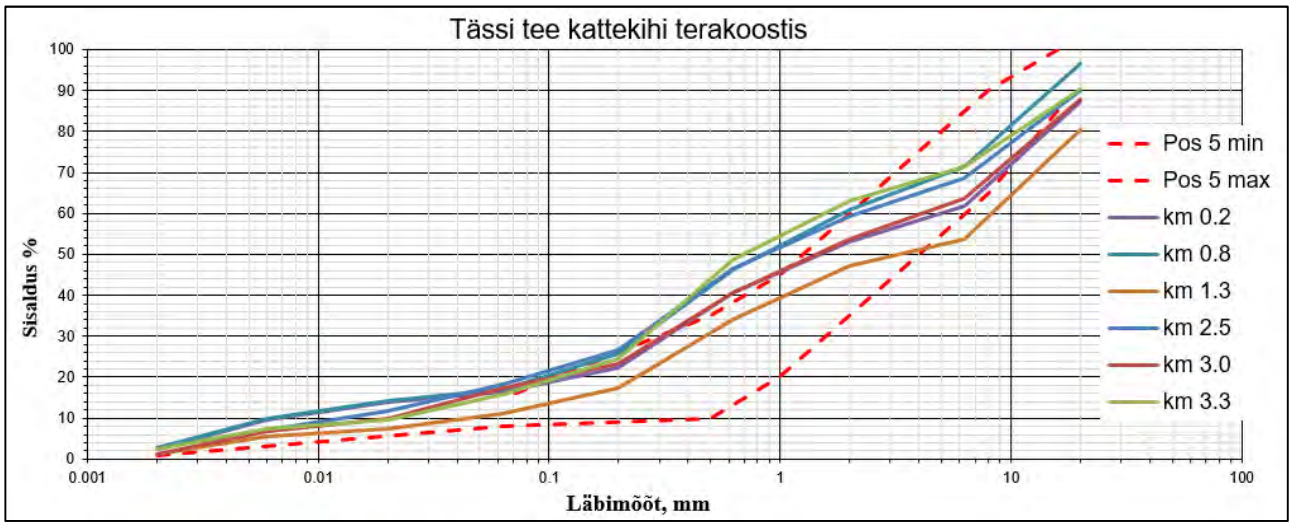
Joonisel 7 on esitatud teekatte terastikulased koostised, mis kõik, peale km 1.3 väljuvad pos 5 terakoostise väljast olles liiga liivased ja sisaldades lubatust enam peenosiseid. Seetõttu on teekatend niiskustundlik ja kandevõimed on otseses seoses looduslikust veesisaldusest.

Tabel 3

Tässi tee ehitusgeoloogilised ristlõiked



Kandevõime	62 MPa	104 MPa	196 MPa	190 MPa	36 MPa	83 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 17-1 km 0,20 pp	PA 17-2 km 0,79 pp	PA 17-3 km 1,30 pp	PA 17-4 km 2,50 pp	PA 17-5 km 3,01 pp	PA 17-6 km 3,30 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15	15
Kruusliiv tolmne	35	40		15	22	3
Kruusliiv			3			
Möll, mullane		30				25
Peenliiv, kruusaga			97			
Muld, mölline	25		40	10	38	
Kruusliiv			45			
Liivmoreen, kruusa 5-30%	140	115	55	165	125	212
veetase (17.05.2018)	1.20				1.40	1.00



Joonis 7. Tässi tee kattekihi terakoostised

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõimemõõtmise tulemusel saab tee jagada keskmise kandevõime alusel järgnevateks lõikudeks:

- km 0.05…0.90 keskmine kandevõime 110 MPa;
    - km 0.20 on nõrgem koht kandevõimega 62 MPa. Kohas oli BCI1200 väärtus väga kõrge, mis viitab aluspinnases oleva liivmoreeni kõrgele veesisaldusele.
    - km 0.77…0.8 oli tee keskel külmakerkeline koht (vahetult peale mahasõitu) – koht on lohus, mistõttu saab seda täita, mitte ei pea välja kaevama;
- km 0.90…2.80 keskmine kandevõime 175 MPa;
    - ülejäänud piirkonnaga nõrgemad kohad on km 1.60 (124 MPa) ja km 2.30 (111 MPa), mis johtuvad SCI väärtustele tuginedes pinnavete äravoolust. Mustkate lahendab probleemi.
- km 2.80…3.45 keskmine kandevõime 100 MPa;
    - km 3.0 oli tee keskel külmakerkeline koht, mis tuleks välja kaevata või kasutada muud viisi tugevdamiseks (kahe mahasõidu vaheline ala).
    - km 3.35 oli 51 MPa (halb on eelkõige SCI parameeter ehk probleem on pinnavete äravoolus). Mustkatte paigaldus lahendab probleemi;
    - laiemalt võib öelda, et nõrgem piirkond oli kogu vahemik km 2.95…3.35. Tegemist on alaga, mis laskub allapoole (foto 7), kuhu kogunevad tõenäoliselt ka pinnaveed ja/või on kõrgem pinnasevee tase. Lisaks on seal katend õhem ning tee all asub mullakiht. Keskmine kandevõime on siiski piisav, et kogu piirkonnas kandevõimet parandama ei pea;
- km 3.45…3.85 keskmine kandevõime 150 MPa.

Foto 7. Kõige nõrgem piirkond asub vahemikus km 2.95…3.35, kuna tee laskub allapoole tähendades kõrgemat niiskussisaldust. Lisaks on teekatendi all mullakiht. Kandevõime on siiski nii piisav, et katendit eraldi tugevdada pole vaja. Välja on vaja vahetada pinnas km 3.0 külmakerkelisest kohast.

Tabelis 4 on esitatud katendiarvutus tingimusel, et olemasoleva tee kandevõime on 110 MPa, mida võib lugeda Tässi tee osas korrektseks (elastsusmooduli varu protsent tuleb 7.1%, kuid see on väikesem piirkonnas, kus e-moodul oli 100 MPa; lisaks peab arvestama, et liiklussagedus tõenäoliselt

suureneb). Madalama kandevõimega kohad olid enamasti seotud pinnavetega ja see probleem saab mustkatte paigaldusega kõrvaldatud. Välja tuleb siiski kaevata kaks külmakerkelist kohta.

Tabel 4

Katendiarvutus

Koormussagedus: 50 normtelge ööp/rajale			Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			9.3%	150.98	174.93	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					150.98		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0517	0.1308	60.5%			-
	Katendi kogupaksus	8.0					Parandustegur Δ		

6. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Lisakraavide kaevamine ei ole vajalik.

Raadamine

Raadamistööd ei ole vajalikud.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Truubid

Olemasolevad truubid tuleb vajadusel puhastada.

Mullatööd

Kurvi km 3.45…3.50 sisekülge on vaja tõsta, et põikkalle oleks maksimaalselt 6%. Täitmismahuna arvestatakse keskmist kruusakihipaksust 30 cm poole tee laiuses.

Külmakerkelises kohas km 0.78…0.8 tuleb paigaldada geotekstiil ja geovõrk, mille peale 20 cm kruuspinnast (peenosisesisaldus maksimaalselt 5%).

Külmakerkelises kohas km 2.99…3.01 tuleb kogu tee laiuses (kraavi äärest kraavi ääreni) kruuspinnas eemaldada, paigaldada geotekstiil ja geovõrk, mille peale 20 cm kruuspinnast (peenosisesisaldus maksimaalselt 5%). Arvestada siirdekiilu ehitamise vajadusega.

Katend

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%.

Paigaldada 8 cm MSE20 segu.

Tee pinnata 2x.

Teekatte laiuseks saab olla maksimaalselt 6.5 m.

- Arvestades tee kasutamise iseloomu, tasub kaaluda püsikatendi paigaldamist, kuid see nõuab olemasoleva tee põhjalikumat ettevalmistust, sh dreenkihi ja killustikaluse ehitamist.

Muud

Geovõrguna kasutada geovõrk NAUE Secugrid 30/30 Q1 või analoog (näiteks Tensar TX160, Enkagrid MAX 30, Huesker Basetrack Grid PP 30 jne).

Geotekstiilina kasutada II-profiili geotekstiili.

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201		Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202		Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203		Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211		Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
						Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30103		Ehituseks sobimatu pinnase kaevandamine	m3		m^3	35.00	4.63	162.07
30301		Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	28.00	18.68	523.15
30402		Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	115.00	15.57	1 790.55
30701		Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	272.00	1.54	419.83
30703		Geovõrk	m2, tug. 50kn		m^2	272.00	3.09	839.66
						Summa kantud kokkuvõttesse		**3 735.27**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511		Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	875.00	4.16	3 643.50
		Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	25553.80	5.66	144 621.73
44005		2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	24791.00	3.57	88 521.72
44005		2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	450.00	7.14	3 213.65
						Summa kantud kokkuvõttesse		**240 000.60**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Tässi tee)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**3 735€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**240 001€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**250 661€**
käibemaks 20%	**50 132€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**300 794€**

24127 Mudiste – Kobruvere km 5,346…9,431 (4,085km)

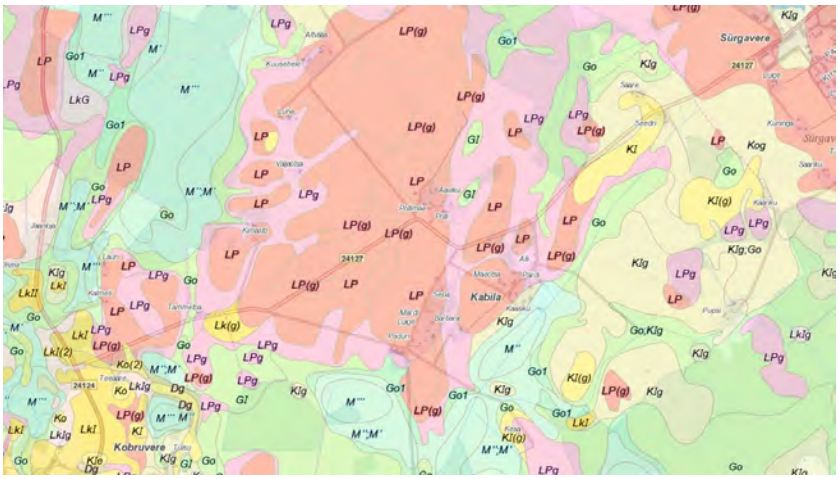
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1 ja mullakaart joonisel 2.

Joonised 1 24127 Mudiste – Kobruvere km 5,346…9,431 asukoht (Teeregister)



Joonised 2. 24127 Mudiste – Kobruvere km 5,346…9,431 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb valdavalt kahkja leetunud mulla (LP) levikualal. Karbonaadivaesel kaheosalisel lähtekivimil kujunenud mullad, millel kihisemine mullaprofiilis enamasti puudub. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Arvestatavas mahus esineb lõiguti ka gleistunud kahkjas leetunud mulla levikuala, mis on nõrgalt (ajutiselt) liigniiske muld.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on km 5,346...5,607 „tase 2“ , km 5,607...9,431 „tase 3“.

Liiklussagedus 2017:

Km 5,346...9,431: 84 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 89%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 8%, arvuliselt vastavalt 75, 3 ja 6 a/ööp).

Lõigu **E_{vaj} = 140 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+6*3.76)*0.55 = 16.9 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on aastal 1977 ehitatud kulumiskiht purustatud kruusast (optimaalse terastikuga). Katendikihtide kohta andmed puuduvad.

Teeregistri andmetel on katte laius 6.5 m, sõidutee laius 6 m ja mulde laius 6.5 m.

Reaalsuses varieeruvad laiused 6.2...7.4 meetri vahel, laius kitseneb ühtlaselt 6.2 meetri peale tee lõpus.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
5896	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
5909	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
5939	paremal	Andmed puuduvad	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
6793	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
7216	vasakul	Andmed puuduvad	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	
7413	paremal	Andmed puuduvad	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
7478	paremal	Andmed puuduvad	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	
7737	paremal	Andmed puuduvad	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põld
8401	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	
8566	paremal	Andmed puuduvad	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
8760	paremal	Andmed puuduvad	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
8821	paremal	Andmed puuduvad	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Põld
9248	vasakul	Andmed puuduvad	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
7208	2012	16	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	kivikindlustus
8816	1911	13,7	päised on	0,75	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)		

3. Tee visuaalse vaatluse info

Näib, et tee on ära lõhutud raskeliikluse poolt (teel liigub palju põllumajandustehnikat). Leidus väga mitmeid kohti, kus aluspinnas punnitas tee keskelt üles. Samuti oli vahetult enne kruusateed pindamine purunenud (pindamine on tehtud freespurule, kuid viimase kihipaksus näib olevat olematu. Tee on maapinnaga tasa kui mitte madalamal.

Väga probleemsed kohad olid:

- Km 5.43…5.40 (kogu piirkond 5.8…5.3 on nõrk, kuid nendes kohtades punnitas savi välja).
- Km 5.74…5.71;
- Km 6.55…6.50;
- Km 6.96…6.65;
- Km 7.08…7.00;
- Km 7.25…7.20;
- Km 7.70…7.65;
- Km 8.15…7.90;
- Km 8.30…8.20;
- Km 8.40…8.35;
- Km 8.85…8.50;
- Km 8.65…8.63;

Mõned täpsemad vaatlusaegsed kommentaarid:

- Km 5.3...5.8 vajub tee koormuse all läbi, kattes on võrkpraod, kohati pressib savi üles.
- Km 8.0 on väga-väga halb koht, kus keskelt pressib vedelat savi üles. 7.95…8.1 peaks aluse homogeniseerima, panema tekstiili ja võrgu. Siit edasi on olnud ka pehme, aga vaid teekatte pind. Kurv km 8.4 on teekatteks olnud kruus pehmenenud.
- Km 8.5 (kogupikkus 50 m) pressib tee keskelt savi üles. Siit edasi läheb paremaks, tee tõuseb kõrgemale.

All on esitatud eri aegadel ja eri kohtadest tehtud fotod, mis iseloomustavad hästi tee seisukorda (fotod 1…6 pärinevad kevadisest vaatlusest ja fotod 7, 8 pärinevad kuival ajal tehtud maaradari ülesõidust).

Fotod 1…6. Vaadeldava kruusatee kevadine olukord.

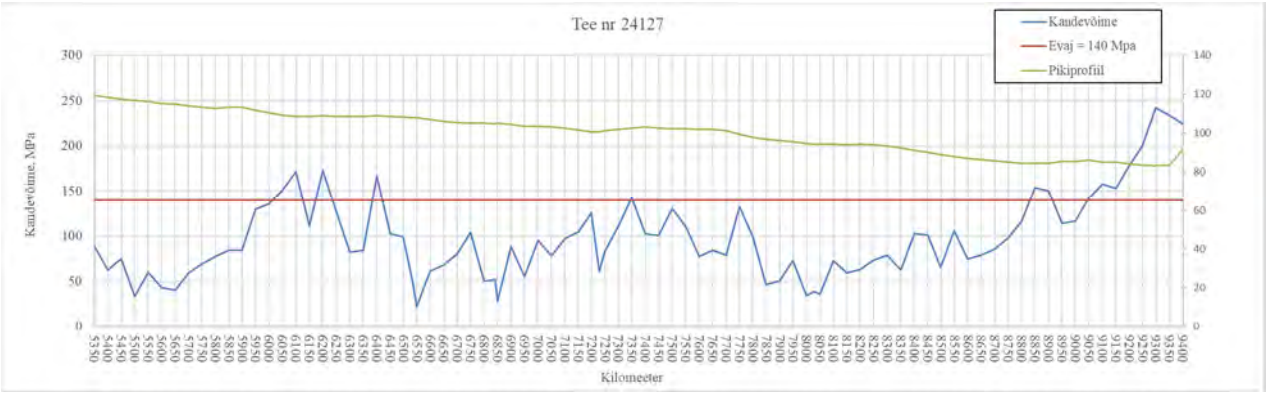
Fotod 7 ja 8. Ka kuival ajal oli võimalik leida kohti, mis viitasid kevadistele probleemidele.

4. Kandevõime

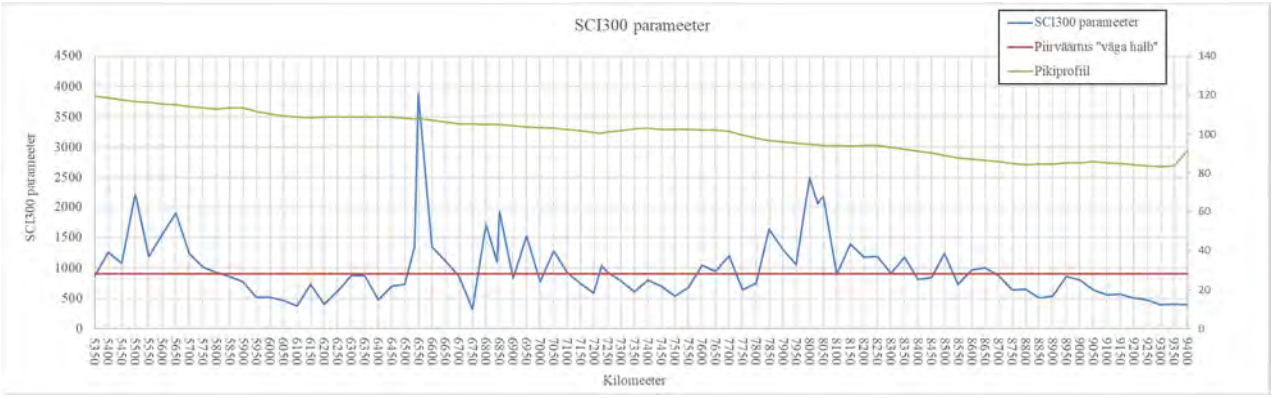
Kandevõime mõõdeti 30.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, mille põhjal saab tee jagada järgmistesse osadesse:

- Km 5.34...5.95: madal kandevõime
- Km 5.95...6.50: piisav kandevõime
- Km 6.50...7.20: madal kandevõime
- Km 7.20...7.80: piisav kandevõime
- Km 7.80...8.80: madal kandevõime
- Km 8.80...9.43: piisav kandevõime

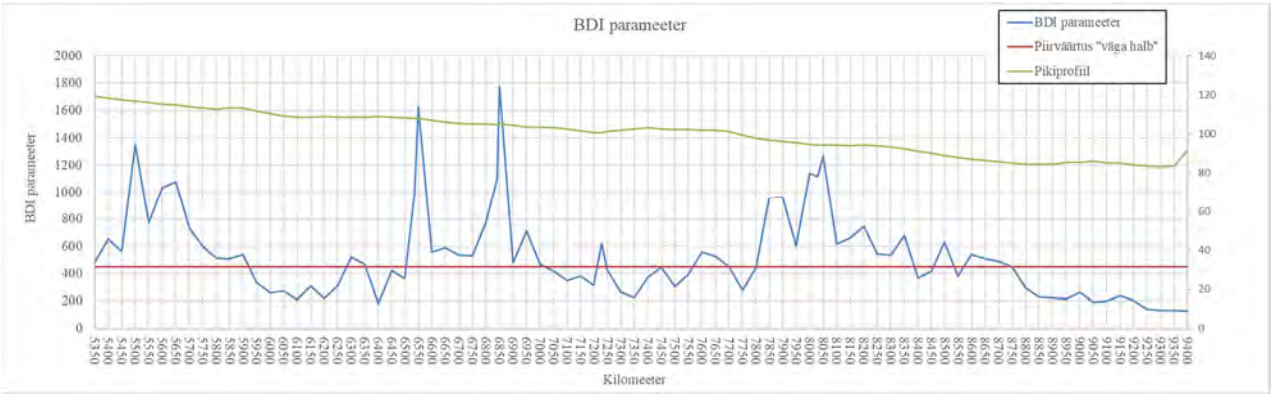
Kuna kandevõime on mõõdetud mõlema suuna välimistest rattajälgedest, ei kajasta tulemused tee halba seisukorda nii adekvaatselt, kui seda võimaldas visuaalne vaatlus. Savi pressis välja eelkõige tee keskelt ja kahe ratta jälje vahelisest alast. Vaadeldes lisaks kandevõimele ka vajumikausi parameetreid joonistelt 4…6 nähtub, et suurem osa neist ületab piirväärtuse, mis viitab sellele, et teekatend võib olla väga õhuke (mida toetab ka visuaalne vaatlus)



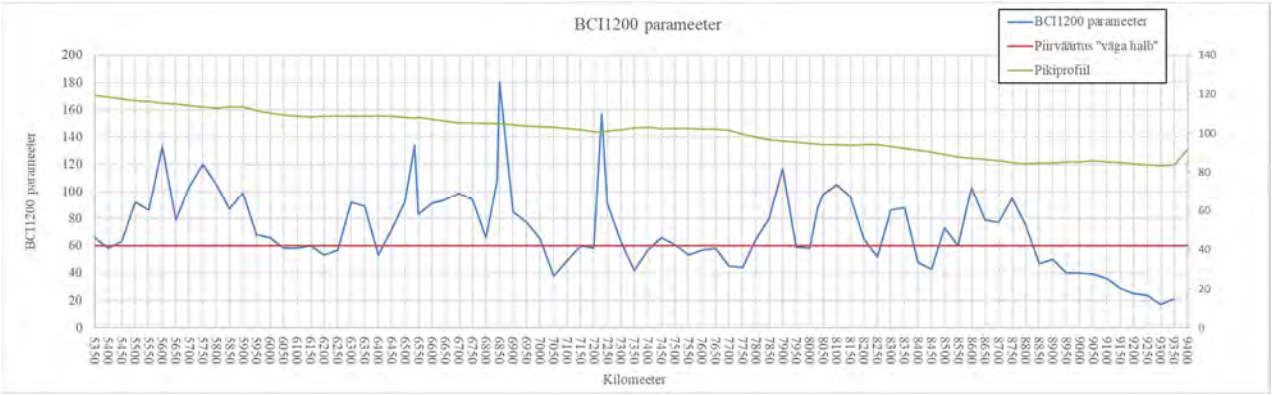
Joonis 3. Mudiste – Kobruvere kandevõime



Joonis 4. Mudiste - Kobruvere SCI300 parameeter



Joonis 5. Mudiste - Kobruvere BDI parameeter



Joonis 6. Mudiste – Kobruvere BCI1200 parameeter

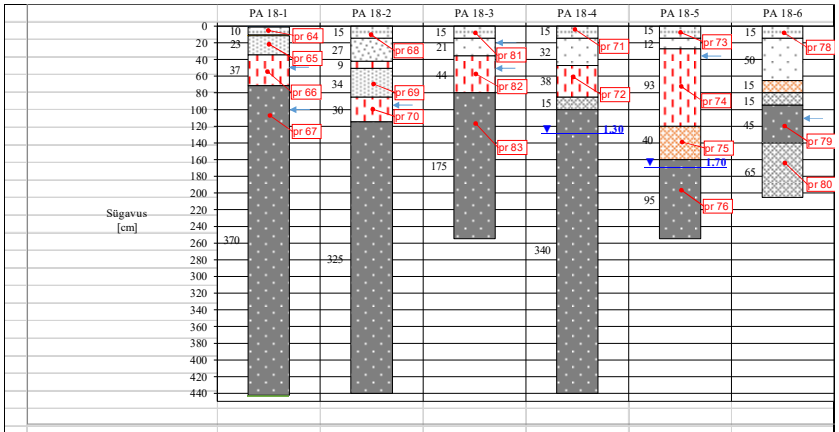
5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne võttis tee pinnaseolud kokku järgnevalt:

„Ala reljeef on valdavalt tasane, maapinna langus toimub lääne suunas, kus asub Lemmjõe org. Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, grSa ja saGr), mille lamamiks puuraukudes PA18-1 ja Pa18-2 on peenliiv. Muld esineb viies puuraugus (PA18-1…PA18-5), kus kihi paksus on 9-93 cm. Looduslikuks aluspinnaseks on möllsavimoreen (voolavuspiir WL=22,1%, plastsuspiir WP=16,5%, plastsusarv IP=5,6, looduslik niiskus Wn=14,9…15,1%), mille peal lasub kohati mölline peenliiv, mis võib olla segunenud orgaanikaga. Puuraugus PA18-6 lasub mölline peenliiv ka moreenikihi all.

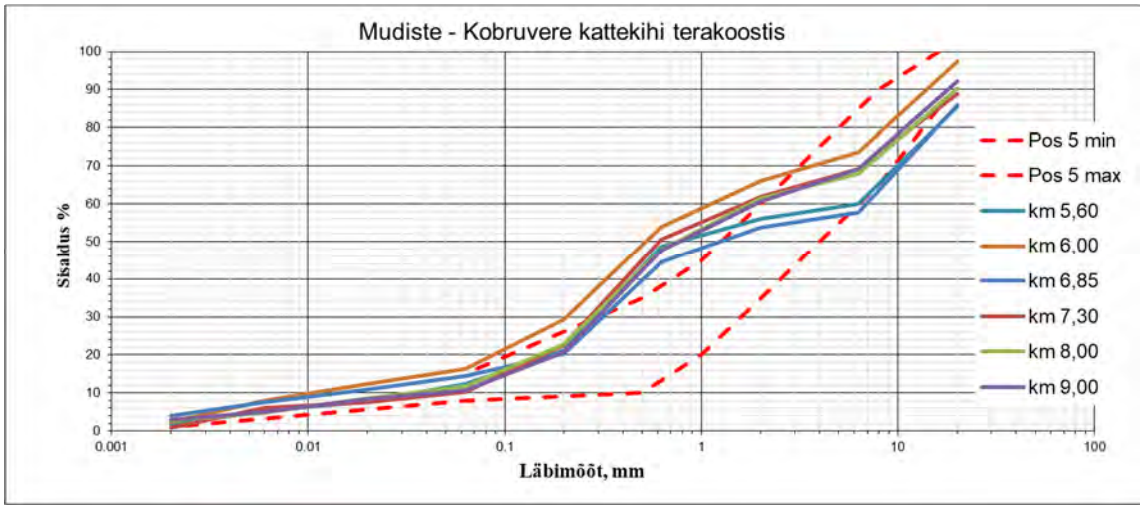
Pinnasevett esines puuraukudes PA18-4 ja PA18-5, kus see asus maapinnast 1,30…1,70 meetri sügavusel. Maksimaalselt asub pinnasevee tase (ajutiselt <30 päeva) maapinnal. Tee ääres esineb kohati ka kuivenduskraave.“

Joonisel 7 on esitatud puuraukude läbilõiked, mis kinnitavad kandevõimemõõtmiste ja visuaalse vaatluse teel tehtud järeldust, et katendikihid on minimaalsed. Väga halvas seisus oli tee näiteks km 5.6 ja 8.0 ning jooniselt 7 nähtub, et katendikihid on vastavalt 10 ja 27 cm, kuid viimase puhul on kruusa all 93 cm mulda. Joonisel 8 on esitatud kattekruusa terakoostised, mille järgi on materjal liigse liivafraktsiooni sisaldusega.



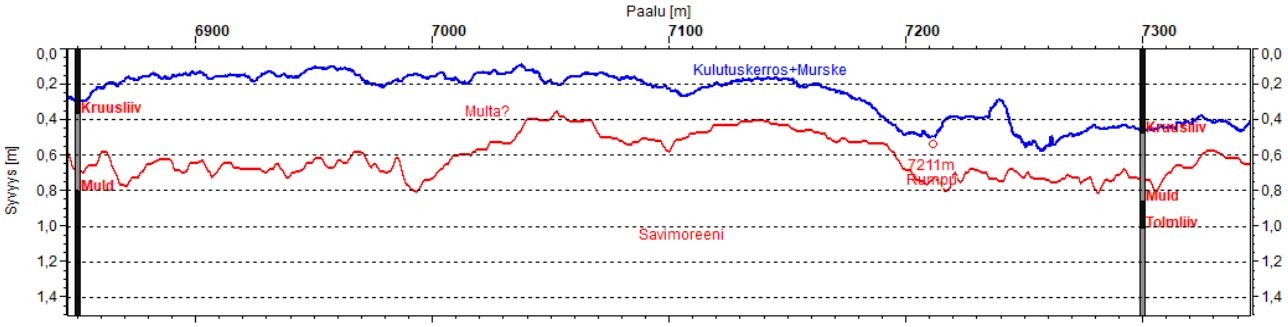
Kandevõime	43 Mpa	136 Mpa	28 Mpa	111 Mpa	34 Mpa	117 Mpa
Asukoht	PA 18-1	PA 18-2	PA 18-3	PA 18-4	PA 18-5	PA 18-6
Materjal/Pinnas	km 5,60 pp	km 6,00 pp	km 6,85 pp	km 7,30 pp	km 8,00 pp	km 9,00 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	10	15	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne		27				
Kruusliiv			21	32	12	50
Muld		9				
Peenliiv	23	34				
Muld	37	30	44	38	93	
Mölline peenliiv, orgaanikaga					40	15
Mölline peenliiv				15		15
Möllsavimoreen, kruusa 3-10%	370	325	175	340	95	45
Mölline peenliiv						65
veetase (18.05.2018)				1.30	1.70	

Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked

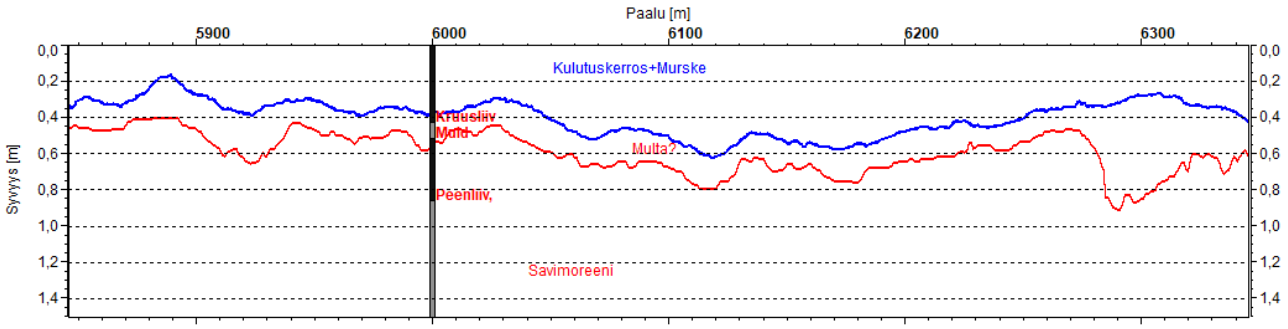


Joonis 8. Mudiste – Kobruvere kattekihi terakoostis

Ka maaradarilt nähtub, et teekatendi paksus on väga väike, joonisel 9 on väljavõte vahemikust km 6.9…7.3. Vastukaaluks joonisel 10 profiil vahemikust km 5.9…6.3, kus ei olnud ühtegi probleemi ja kandevõime oli kõrge – katendi (või kruusakihi) paksus on oluliselt suurem, kui mujal olles vahemikus 30…50 cm. Ühe nüansina võib jooniselt 10 täheldada seda, et mullakihi paksus suureneb km 6.3 juures järsult – selles kohas kukkus ka kandevõime ning halvenesid vajumikausi parameetrite väärtused.



Joonis 9. Maaradariprofiil km 6.9…7.3 näitab, et teekatendi paksus on väga väike ning selle all lamab mullakiht. Raskeliiklus kevadisel ajal lõhub selle tee kiiresti, mida näitas ka visuaalne vaatlus.



Joonis 10. Maaradariprofiil km 5.9…6.3 näitab muust teest paksemat kruusakihti ning selles vahemikus ei olnud teel ka ühtegi probleemi ning kandevõime oli hea.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Liites kokku info visuaalsest vaatlusest, kandevõimemõõtmisest, ehitusgeoloogiast ja maaradarimõõtmistest, võib tee jagada järgmistesse lõikudesse:

Lõik 1. km 5.346…5.8 – madal kandevõime, teekattes võrkpraod, tee maapinnaga samal tasemel, kandevõimeks võib arvestada 60 MPa.

- Savi pressib tee keskelt välja km 5.40…5.43 ja km 5.71…5.74.

Lõik 2. km 5.8…6.5 – kandevõime hea, kuigi tee on enamasti maapinnaga samal tasemel, kandevõimeks võib arvestada 100 MPa.

Lõik 3. km 6.5…7.250 – madal kandevõime, kohati väga probleemsed kohad, kandevõimeks võib arvestada 60 MPa.

- Savi pressib tee keskelt välja km 6.50…6.55, km 7.00…7.08 ja km 7.20…7.25.

Lõik 4. km 7.250…7.60 – maapind tõuseb kõrgemale, kandevõimeks võib arvestada 100 MPa.

Lõik 5. km 7.60…8.66 – maapind laskub allapoole, väga probleemne lõik, kandevõimeks võib arvestada 60 MPa.

- Savi pressib tee keskelt välja km 7.65…7.70, km 7.9…8.15, km 8.20…8.30, km 8.35…8.40, km 8.63…8.65.

Lõik 6. km 8.66…9.431 – hea kandevõime, tee tõuseb kõrgemale, kandevõimeks võib arvestada 100+ MPa.

Andmete põhjal tuleb järeldada, et enne tolmuvaba kattepaigaldamist vajab antud tee põhjalikku kruusatee remonti, kuna olemasolevad katendikihid on kohati liiga õhukesed.

Katendiarvutuse osas saab tee jagada kahte osasse:

1. Lõigud 2, 4 ja 6, kus kandevõimeks võib arvestada 100+ MPa ja probleeme ei esinenud. Need saab lahendada kasutades katendiarvutust tabelis 3.
2. Lõigud 1, 3 ja 5, kus kandevõimeks võib arvestada ca 60 MPa, kuid lisaks esines ka mitmeid probleeme. Need saab lahendada kasutades katendiarvutust tabelis 4 ning lisaks tuleb eelnevalt eraldi väljatoodud kohtades kasutada eraldavat geotekstiili. Katendiarvutuses on aluspinnasena kasutatud pinnast „C“, mis vastab mullakaardi infole, kuid kuna mõõdetud kandevõime oli kõrgem, siis pinnas on pandud kuiva keskkonda ning parandustegurina on kasutatud -0.05. Lõpptulemus vastab mõõtmistega saadud tulemusele.

Tabel 3

Lõikude 2, 4 ja 6 (vastavalt km 5.8…6.5, km 7.25…7.6 ja km 8.66…9.431) katendiarvutus

Koormussagedus: 15.85 normtelge ööp/rajale			Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A	
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm	
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa	
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas	

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{imax}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa: t_{arv}	Nihkepinged MPa: t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			42.9%	158.05	140.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					158.05		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	6.0	Nihkepinged	0.0393	0.3035	87.1%	115.74		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0478	0.1491	67.9%			-
	Katendi kogupaksus	14.0					Parandustegur Δ		

Tabel 4

Lõikude 1, 3 ja 5 (vastavalt km 5.346…5.8, km 6.5…7.25 ja 7.6…8.66) katendiarvutus

Koormussagedus: 15.85 normtelge ööp/rajale			Pinnas: C - kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 1, kuiv		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.05		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p1; -0,05=-0.05		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	C - kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		**41.6**					18.2	0.019	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			-1.4%	109.01	140.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					109.01		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0389	0.0852	54.3%	75.82		
	C - kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0.0313	0.0303	-3.3%			0.697
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		0.000

7. Objekti ehitustegevused

1. Kraavid

Kraavid tuleb kaevata terve objekti lõikes mõlemale poole. Kuna vaatluse info kohaselt asub tee ümbritseva maapinnaga võrreldes samal tasapinnal või sügavamal, siis on oluline pöörata rõhku antud tegevusele. Olemasolev olukord on kehva ning konkreetne kraavitus puudub terve objeki ulatuses.

Lisaks tuleb kaevata ees- ja äravoolukraavid paigaldatavale põhitee truubile km 8.816 (25+25 meetrit).

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. Mahasõidud

Mahasõidud, mille alla on vaja paigaldada truubid:

- Km 6.79
- Km 7.41
- Km 7.73
- Km 8.56
- Km 8.76
- Km 8.82

Mahasõidutruubi pikkuseks arvestada 6 m ning läbimõõt 400 mm. Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

3. Truubid

Km 8.816 tuleb välja vahetada põhitee truup. Truubi pikkuseks arvestada 12 meetrit ning läbimõõduks 800 mm. Ehitamisel tuleb lähtuda Teetööde tehnilisest kirjeldusest.

4. Mullatööd

Sisekurv km 7.440…7.490 (50 m) vajab nõutava profiili tagamiseks täitmist. Kruuspinnast vajatakse selleks 30 m^3.

5. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

- Km 5.346…5.8 paigaldada 25 cm dreenivat kruusa;
    - km 5.40…5.43 ja km 5.71…5.74 paigaldada kogu tee laiuses geotekstiil;
- km 5.8…6.5 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;
- km 6.5…7.25 paigaldada 25 cm dreenivat kruusa;
    - km 6.50…6.55, km 7.00…7.08 ja km 7.20…7.25 paigaldada kogu tee laiuses geotekstiil;
- km 7.250…7.60 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu;
- km 7.60…8.66 paigaldada 25 cm dreenivat kruusa;
    - km 7.65…7.70, km 7.9…8.15, km 8.20…8.30, km 8.35…8.40, km 8.63…8.65 paigaldada kogu tee laiuses geotekstiil;
- km 8.66…9.431 paigaldada 6 cm pos. 6 kruusasegu.

Erinevad lõigud tuleb omavahel ühtlaselt kokku viia.

Paigaldada 8 cm MSE20, mille peale teha kahekordne pindamine (2x).

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.0 meetrit.

6. Muud

Geotekstiilina kasutada II-profiili.

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused (sobivad lisa 10 positsioonid 1…4)

Km 5.92 asub liiklusohtlik koht, kus õhuliini nurgapost asub teele ohtlikult lähedal (Foto 9), mis on seetõttu soovituslik ümber tõsta.

Foto 9. Vaade liiklusohtlikule elektripostile

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**
20324	Õhuliini postide ümberpaigutamine			tk	1.00	0.00	0.00

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	6466.20	6.17	39 922.32
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	30.00	13.39	401.71
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	4970.00	1.54	7 671.20
					Summa kantud kokkuvõttesse		**47 995.22**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3	25	m^2	14716.00	4.00	58 864.00
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	11290.20	2.30	25 967.46
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	400.00	4.16	1 665.60
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	24918.50	4.53	112 821.00
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	24510.00	3.57	87 518.35
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	300.00	7.14	2 142.43
					Summa kantud kokkuvõttesse		**288 978.84**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50501	Päiste tüüp x			tk	2.00	776.25	1 552.50
51001	Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	40	m	42.00	124.20	5 216.40
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	80	m	12.00	248.40	2 980.80
					Summa kantud kokkuvõttesse		**9 749.70**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Mudiste - Kobruvere)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**47 995€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**288 979€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**9 750€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**353 649€**
käibemaks 20%	**70 730€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**424 379€**

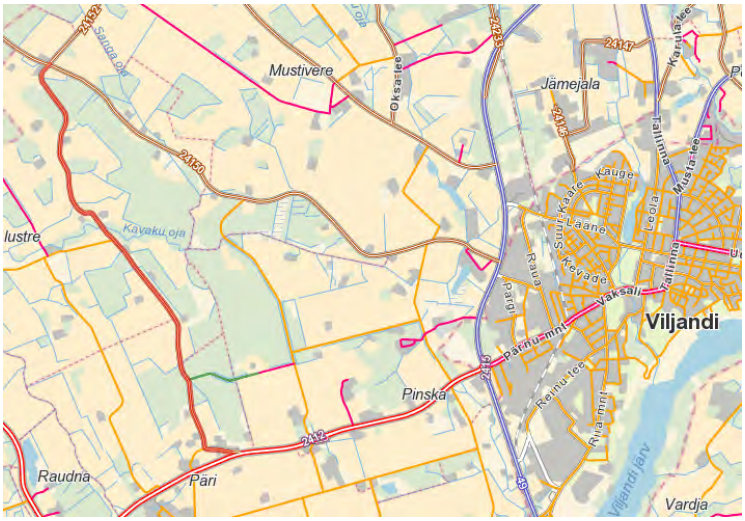
24152 Päri – Alustre – Lõmsi km 0.140…5.691 (5.551 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

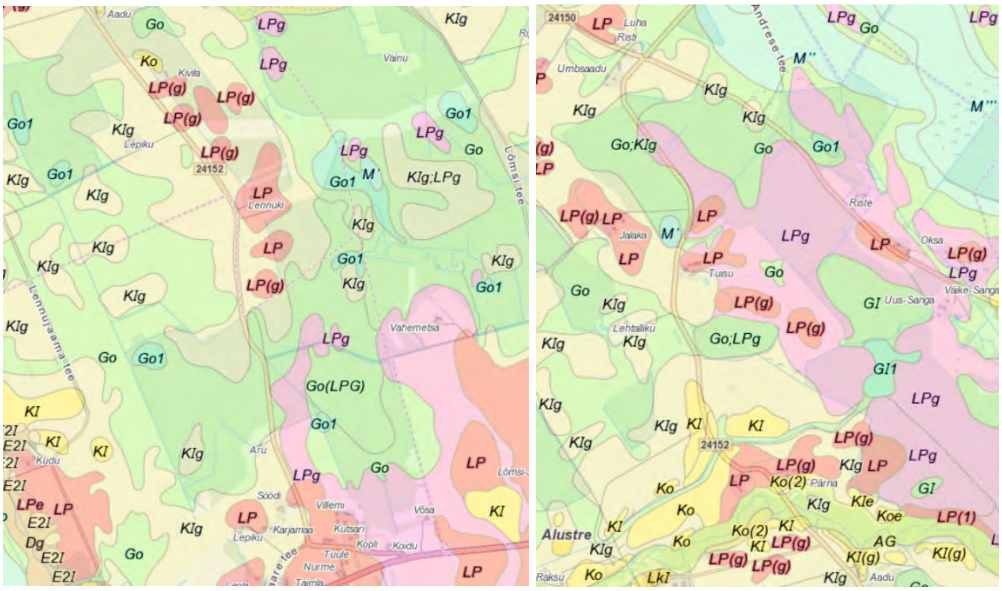
1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1.



Joonised 1. 24152 Päri – Alustre – Lõmsi km 0.140…5.691 asukoht (Teeregister).

Tee asetatuna mullakaardile on näidatud joonisel 2, millest nähtub, et tee asub vaheldumisi enamasti leostunud gleimuldade (Go, mida iseloomustatakse kui alaliselt või keskmiselt liigniisked mullad, kus liigniiskus on tingitud pidevalt mullaprofiili ulatuvast põhjaveest, rasketel muldadel lisandub ka ülavesi), leetjas muldade (KI) ning gleistunud leetjas muldade levikualal. Piirkonnas levivad mullad annavad alust arvata, et piirkonna pinnasevesi on kõrgel, mis põhjustab liigniiskust ja tee nõrgemat kandevõimet.



Joonis 2. Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on vaheldumisi „3“ ja „4“.

Liiklussagedus 2017:

59 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 93%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 4%, arvuliselt vastavalt 55, 2 ja 2 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu, kuid mitte oluliselt, kuna tee toimib peamiselt kohalike elanike teenindamiseks ning seda ei saa kasutada otseteena.

Lõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 130$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+2*3.76)*0.55 = 7.1 V_1/ööp].

Teeregistris katendikihtide osas infot ei ole. Aastal 2009 on paigaldatud uus kulumiskiht purustatud kruusast. Vaadeldava maantee esimesed 140 m on ehitatud aastal 1970 pinnatud mustsegust.

Tee laius km 0.14…3.5 on 8.0 m ja km 3.5…5.691 on 6.5 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 24 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Laius	Kate	Truup	Kasutus	Märkus
187	paremal	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
313	vasakul	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
366	paremal	3,5	kruus		elukohta sissesõit	
435	vasakul	8,0	kruus		tegevuskoht	Töökojad
621	vasakul	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
922	vasakul	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
1272	paremal	4,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	Riigimets
1340	vasakul	4,0	katteta	truup on	põllu- ja metsamajandus	Mets
1492	paremal	4,0	katteta		põllu- ja metsamajandus	Põld
1492	vasakul	4,5	katteta		põllu- ja metsamajandus	Põld
1920	paremal	4,5	katteta		põllu- ja metsamajandus	Põld
1957	paremal	3,5	kruus		elukohta sissesõit	
2389	vasakul	4,0	kruus		elukohta sissesõit	
2626	paremal	3,5	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
3044	paremal	3,5	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
3074	paremal	3,5	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
3222	vasakul	6,0	kruus	truup on	tegevuskoht	Saetööstus
3598	paremal	3,5	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
3708	vasakul	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
4479	vasakul	3,0	kruus		elukohta sissesõit	
4628	paremal	3,5	kruus		elukohta sissesõit	
4923	vasakul	3,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	
5555	vasakul	3,0	katteta		elukohta sissesõit	
5610	paremal	5,0	kruus	truup on	põllu- ja metsamajandus	Põld

Truubid:

Objektil asub 9 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2, millest nähtub, et truup km 0.774 vajaks vahetust ning truubid km 1.487 ja km 5.686 vajavad kas puhastust või vahetust.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Pikkus	päised on	Ava 1 läbimõõt	Ava 2 läbimõõt	Seisukord	Materjal
774	1	1911	10,0	päised on	0,5	0,0	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
1487	1	2009	13,0	päiseid ei ole	0,6	0,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	Plast, kivikindlustus
1703	1	1963	10,5	päised on	0,5	0,0	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	
2786	1	2009	14,0	päiseid ei ole	0,6	0,0	väga hea	Plast, kivikindlustus
3445	2	1967	17,8	päised on	1,5	1,5	väga hea	
3860	1	2003	12,0	päiseid ei ole	0,6	0,0	väga hea	Plast, kivikindlustus
4779	1	1963	9,0	päised on	0,5	0,0	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	
5033	1	2003	10,0	päiseid ei ole	0,6	0,0	väga hea	Plast, kivikindlustus
5686	1	1971	19,0	päised on	0,5	0,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Enne vaatlust oli tee höövеldatud, võimalik et kohati koos materjali lisamisega. Tee profiil on hea, kuid palju esineb servavalli. Suures osas teepikkusest on olemas külgkraavid, kohati on tee madalamal, kui olemasolev maapind. Katendikihid võivad olla väga õhukesed ja puudu on muldkeha.

Teel on väga palju kandevõimeprobleemidega kohti, millest osad olid sellised, et inimese raskusega vajub sisse. Valdavalt olid need kohad tee teljel. Tundub, et teed on kasutatud raskeveokite poolt (hoolimata 8t massipiirangust), mis on olukorda halvendanud.

Km 0.75…0.97, km 1.05…1.10, km 1.2…1.25, km 1.5…2.2, km 2.76…3.32, km 3.55…3.59, km 3.7…3.37, km 3.88…3.95, km 4.14…4.2, km 4.3…4.4, km 4.45…4.55, km 4.8…5.5 on tee keskel pehme ja punnitab välja. Kuna teed oli höövеldatud, tulid mõned nõrgad piirkonnad välja vaid kandevõimemõõtmisega, nendeks olid km 1.40, 2.40, 2.60 ja 3.80.

Kokkuvõtteks on tee väga halvas seisukorras, mistõttu vajab see enne tolmuvaba katte paigaldust kruusatee remonti. Olemasolevat teed tuleb käsitleda kui aluspinnast.

Tee olukorda iseloomustavad fotod 1…4. Kandevõimeprobleemidele osutavad isegi kuival ajal tehtud fotod koos maaradari ülesõiduga (fotod 5…8).

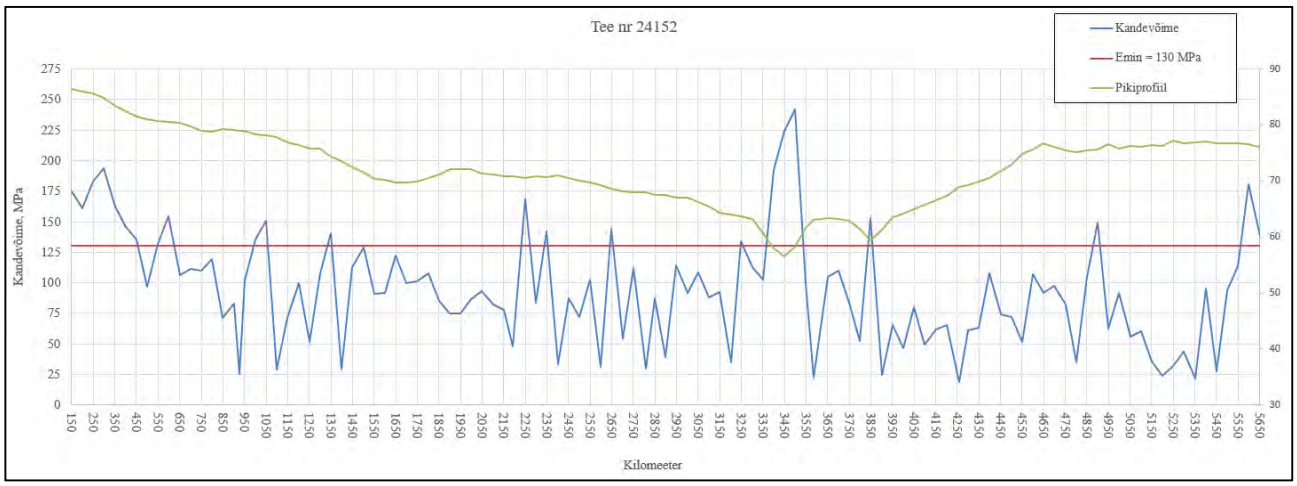
Fotod 1 ja 2. Vaadeldavale teelõigule eelnes mustkattega osa, mis on väga halvas seisukorras, samuti liiga kitsas (laius 5…5.5 m).

Fotod 3 ja 4. Suuramal osal teest oli näha kandevõimeprobleemide ja külmakergete ilminguid.

Fotod 5…8. Isegi kuival ajal tehtud fotod samaaegselt maaradari ülesõiduga toovad välja kohti, kus oli proleeme kandevõimega.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 30.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Tulemustest nähtub, et kandevõime vaheldub kohati suures ulatuses, kuid on enamasti siiski väga halb. Ka visuaalne vaatus näitas, et oli väga palju kohti, kus materjali „punnitas“ tee keskelt välja.



Joonis 3. Mõõdetud kandevõime jääb veenvalt alla vajaliku miinimum E = 130 MPa. Väga palju punkte on vaid 25…50 MPa, mida saab KAPis võrdsustada loodusliku aluspinnasega.

4. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruanne võtab olukorra teega kokku järgmiselt:

„Uuritud kruusatee paikneb Sakala kõrgustiku põhjaosas. Ala reljeef on lainjas, kohati künklik. Reljeefi liigendab uuringuala keskosas kruusateega ristuv Kavaku oja ja selle ürgorg, samuti nimetatud ojasse põhja poolt suubuv Piirioja.“

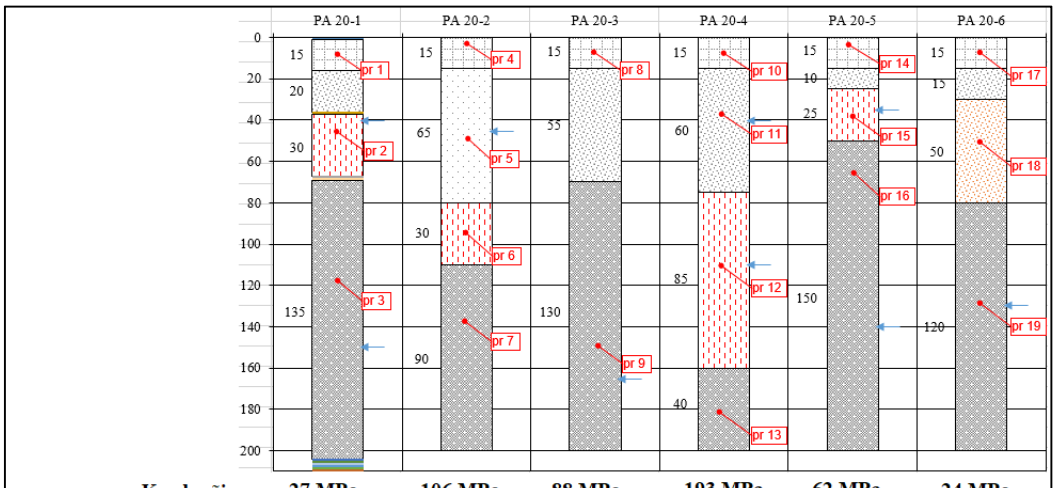
„Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, sasiGr, saclGr ja saGr), mille all esineb 25-85 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen (voolavuspiir W_L=20,1...26,6%, plastsuspiir W_P=11,5...16,5%, plastsusarv I_P=8,6...10,1, looduslik niiskus Wn=10,5...17,9%).“

„Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Moreeni pealispinnale ja liivasematesse tsoonidesse võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett. Tee kõrvale on rajatud kuivenduskraavid.“

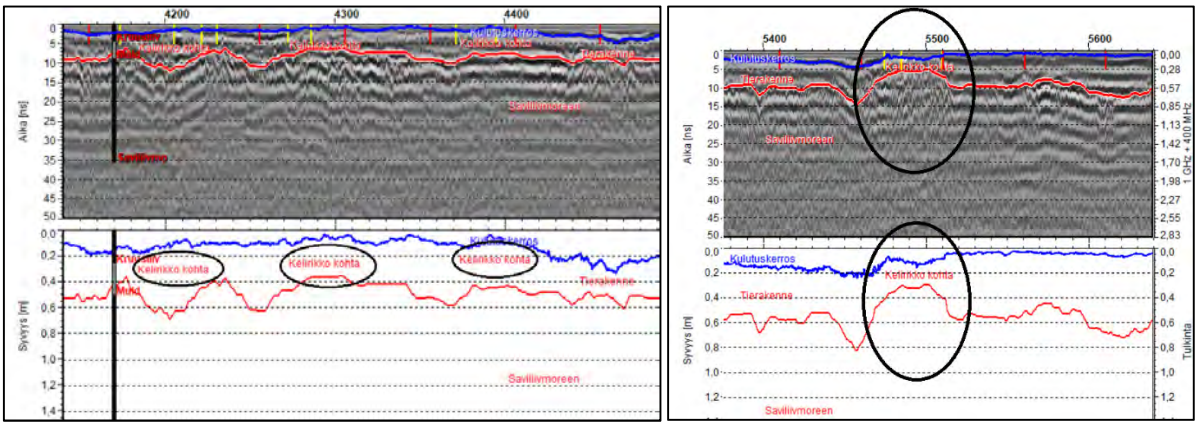
Tee ristlõiked on kujutatud tabelis 3, mis näitab, et teekatend on suhteliselt paks hoolimata tee väga halvast seisukorrast. Sama näitab maaradar, mille järgi on kruusakihi paksus suhteliselt ühtlaselt ca 60 cm kogu tee pikkuses, kuigi leidub ka erandeid. Joonisel 4 on näidatud nelja kohta, kus oli mõõtmise ajal nähtaval veel probleemne koht (joonisel nimetatud kui „kelirikko“), kus on teekatendi paksus õhem. Maaradarimõõtmised tehti paremast rattajäljest. Võib-olla, et tee keskel on katendi paksus teine, kuid võib olla ka see, et kruus on segunenud all oleva mullaga, mis tekitab probleeme tee käitumises.

Tabel 3

Tee ristlõiked ehitusgeoloogilise uuringu andmetel

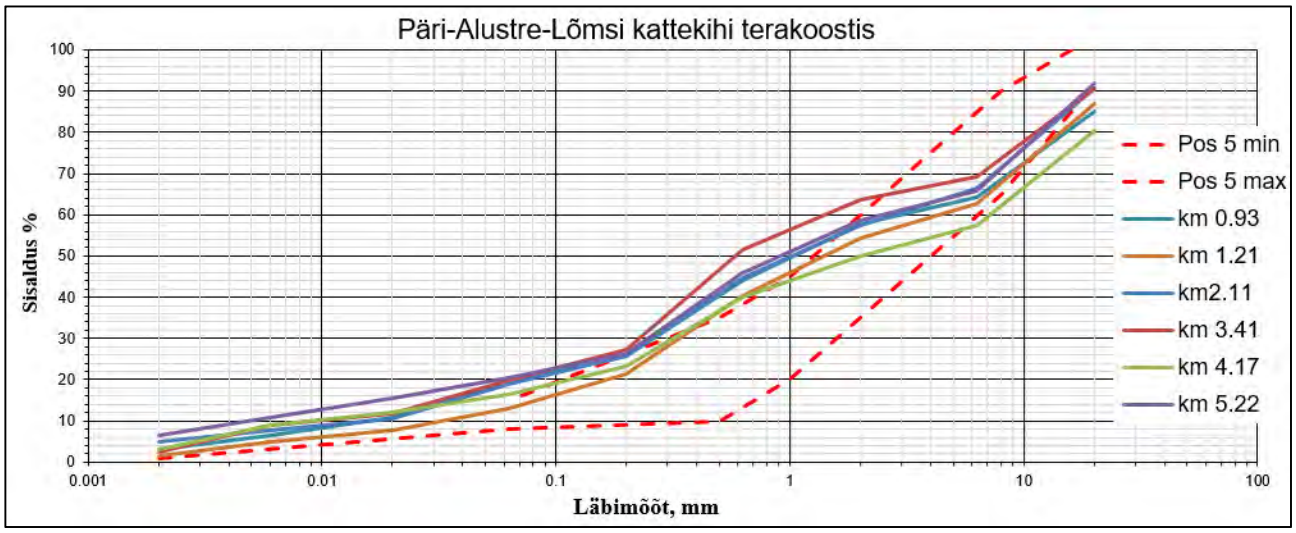


Kandevõime	27 MPa	106 MPa	88 MPa	193 MPa	62 MPa	24 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 20-1 km 0,93 pp	PA 20-2 km 1,21 pp	PA 20-3 km2,11 pp	PA 20-4 km 3,41 pp	PA 20-5 km 4,17 pp	PA 20-6 km 5,22 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	20		55	60	10	15
Kruusliiv		65				
Muld	30	30		85	25	
Kruusliiv, tolmne orgaanikaga						50
Savimöllmoreen, kruusa 5-10%	135	90	130	40	150	120



Joonis 4. Maaradari graafikud, millel on osutatud probleemsete piirkondade asukohad mõõtmiste ajal. Originaalpilt on nende kohtades mõnevõrra udune, mis viitab suuremale veesisaldusele. Need on kohad, mis miskipärast ajavad vett välja põhjustades probleeme kandevõimega.

Kattekihi terastikulised koostised on näidatud joonisel 5, mille alusel väljuvad kõik proovid veenvalt ettenähtud piiridest. Eriti märgatav on peenosisesisaldus, millega saab põhjendada kandevõimeprobleeme – taoline materjal on tugevalt mõjutatud niiskussisaldusest ega suuda võtta vastu koormusi. Samuti on liiva osakaal kruusas väga kõrge.



Joonis 5. Kattekihi terastikulased koostised väljuvad väga veenvalt nõutud piiridest, eriti liivafraktsioon ja peenosised. Kõrgeim peenosisesisaldus on km 5.22: 20.5%.

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Võib öelda, et sisuliselt kogu tee on ühtlaselt halvas seisukorras, kuigi probleemsete lõikude vahel oli ka hea kandevõimega punkte. Tee halba seisukorda põhjustab kõrge looduslik veesisaldus ja see, et tee koosneb väga niiskustundlikust (kõrge peenosisesisaldusega) kruusast. Seega kogu teele võib määrata ühe katendilahenduse, kuigi seda oleks võimalik jaotada ka lõikudeks (kasutades näiteks välja toodud probleemsetes kohtades geotekstiili). Tee jaotamine lõikudeks muudab ehitusprotsessi keerukamaks, kuna, nagu jooniselt 3 nähtub, on vahelduvus suur, mistõttu tuleks katendilahendust iga väikese vahemaa tagant muuta.

Arvestades tee halba seisukorda ja mõõdetud kandevõimeid, on sobilikuks kruusatee remondilahenduseks uute katendikihtide ehitamine eraldades need vanast konstruktsioonist geotekstiiliga. Vastav katendiarvutus on esitatud tabelis 4. Ehitusgeoloogiline uuring liigitles kattekruusa liivaga mölliseks/saviseks kruusaks, mis Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi osas tähendab pinnasegruppi D_1. Võrreldes KAPis saadavaid pinnase elastsusmoodulite väärtusi objektil mõõdetutega, ei ole siiski D_1 pinnase kasutamine põhjendatud, kuna nii saadakse arvutuslikult märgatavalt halvem olukord. Reaalsem on KAPis kasutada A_1 pinnasegrupi andmed. Katendiarvutuses näidatud probleemid nihkepingetega saab lahendada kasutades geotekstiili.

Tabel 4

Katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv				Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A			
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 3, liigniiske (märg)				Ratta jälje läbimõõt: 37 cm			
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03				Erisurve kattele: 0.6 MPa			
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03				Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas			
ARVUTUSE KÄIK										
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{akv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	c	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**43.6**					34.3	0.010	1.5
ARVUTUSE TULEMUSED										
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa: t_{arv}	Nihkepinged MPa: t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv	
			Üldine elastusmoodul			8.6%	111.57	130.00		
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					111.57			
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0391	0.0882	55.7%	77.77			
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0181	0.0165	-9.6%			0.785	
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		0.000	

6. Objekti ehitustegevused

<u>Kraavid</u>

Kraavid on objektile kaevatud kunagise kruusatee remondi ajal, kuid need vajavad puhastamist.

Eemaldada on vaja kogu tee pikkuses mõlemal pool teed olev servavall, mida saab teha koos kraavide puhastamise ja kaevamisega.

Uus kraav oleks vaja kaevata:

- parem pool: km 0.4…1.0;
- vasak pool: km 0.3…1.0; km 1.5…3.2; km 4.5…4.7.

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt

võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Raadamine

Raadamistööd ei ole vajalikud.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Truubid

Olemasolevad truubid tuleb vajadusel puhastada. Truup km 0.774 vajaks vahetust ning truubid km 1.487 ja km 5.686 vajavad kas puhastust või vahetust.

Mullatööd

Kurvide km 0.4…0.46, km 1.23…1.29, km 1.9…2.05, km 3.58…3.36, km 3.7…3.75, km 4.21…4.28, km 5.52…5.59 sisekülgi on vaja tõsta, et põikkalle oleks maksimaalselt 6%. Täitmismahuna arvestatakse keskmist kruusakihipaksust 20 cm poole tee laiuses.

Katend

Teekatendi tugevdamiseks:

- hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%;
- paigaldada kogu tee pikkuses ja laiuses II profiili geotekstiil;
- paigaldada 25 cm kruuspinnast
- paigaldada 8 cm MSE20 segu.

Tee pinnata 2x.

Teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava kruuspinnase vajalikud omadused.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20306	Truupide demonteerimine	m		m	42.00	51.45	2 160.90
					Summa kantud kokkuvõttesse		**2 160.90**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	3640.00	6.17	22 473.36
30201	Kraavide puhastamine	m		m	7902.00	5.15	40 655.79
30301	Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	136.30	18.68	2 546.63
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m2		m^3	2210.00	3.15	6 961.50
30701	Geotekstiil, eraldav	m2		m^2	34782.00	1.54	53 686.02
					Summa kantud kokkuvõttesse		**126 323.30**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m2	25	m^3	34782.00	3.94	137 041.08
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	600.00	4.16	2 498.40
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	33759.00	4.60	155 291.40
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	33247.50	3.57	118 717.51
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	400.00	7.14	2 856.58
					Summa kantud kokkuvõttesse		**416 404.97**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	60	m	42.00	136.00	5 712.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**5 712.00**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Päri - Alustre - Lõmsi)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**2 161€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**126 323€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**416 405€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**5 712€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**557 527€**
käibemaks 20%	**111 505€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**669 032€**

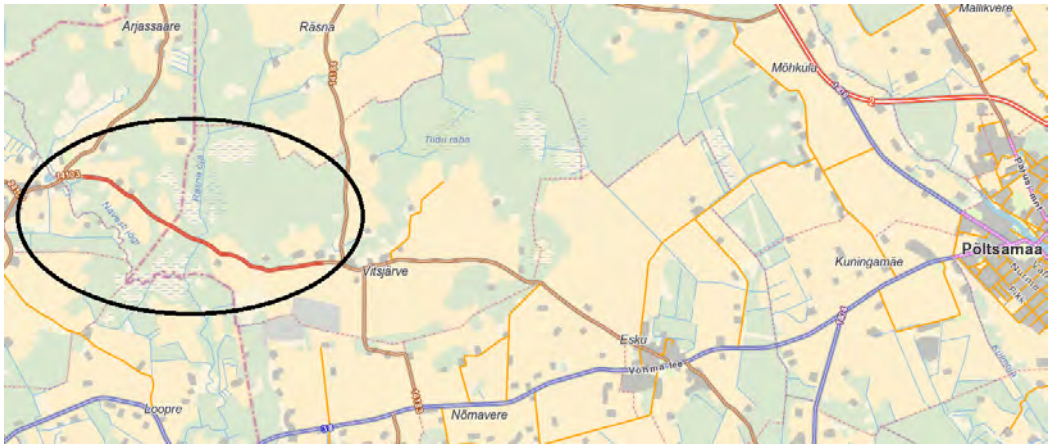
14103 Esku – Pilistvere – Arussaare km 5.079…8.454 (3.375 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

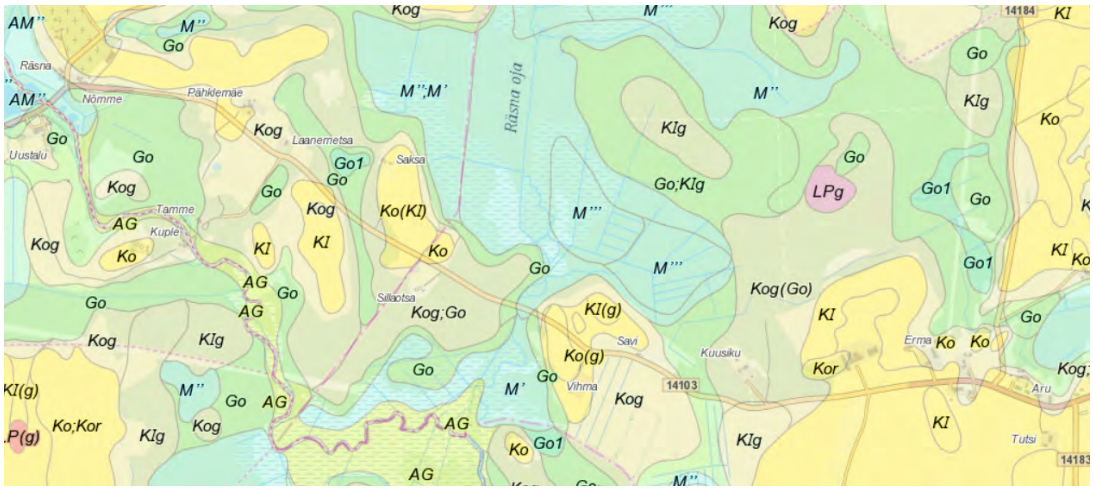
1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1.



Joonis 1. 14103 Esku – Pilistvere – Arussaare km 5.079…8.454 (Teeregister).

Tee asetatuna mullakaardile on näidatud joonisel 2, millest nähtub, suurem osa teest asub liigniiskel alal. Kõige levinumaks mullaliigiks on gleistunud leostunud muld (Kog), mida iseloomustatakse kui ajutiselt (nõrgalt) liigniisket mulda, kuid leidub ka leostunud gleimulda (Go, alaliselt [keskmiselt] liigniisked mullad) ja ümbruskonnas on madalsood.



Joonis 2. Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on km 5.076…6.487 „3“ ja km 6.487…7.009 „4“, ülejäänud tee osas infot ei ole.

Liiklussagedus 2017:

101 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 94%, veoautod ja autobussid 2%, autorongid 4%, arvuliselt vastavalt 95, 2 ja 4 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu, kuna siis saab kogu tee valmis, mida saab hakata kasutama otseteena. Teekatend on siiski mõistlik dimensioonida lähtudes E_{min}, kuna raskeliikluse osakaal on minimaalne.

Lõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 130$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+4*3.76)*0.55 = 11.4 V_1/ööp].

Teeregistris on katendikihtide infona see, et km 7.006…8.449 on aastal 1973 paigaldatud looduslik kruus. Kattekihtide osas on järgnev info:

- vaadeldavale teelõigule eelnev lõik on aastal 2003 pinnatud kruusatee;
- km 5.079…6.647 on aastal 1989 paigaldatud kulumiskiht;
- km 6.647…6.747 on aastal 2009 paigaldatud 20 cm optimaalsest kruusast kiht;
- km 6.747…7.006 on aastal 1989 paigaldatud kulumiskiht;
- km 7.006…8.449 on aastal 2014 paigaldatud 10 cm optimaalsest kruusast kiht;
- vaadeldavale lõigule järgnev aastal 1968 paigaldatud mustsegu.

Teekatte mõõdetud laius on vahemikus 7.5…6.5 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 7 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Laius	Kate	Katte ulatus	Truup	Kasutusotstarve	Nimi
5239	paremal	6,0	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	laut
5628	paremal	5,0	katteta	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit	talu
6196	paremal	3,0	katteta	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit	talu
6368	vasakul	3,0	katteta	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit	talu
7168	vasakul	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
7786	paremal	3,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
8022	paremal	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	

Truubid:

Objektil asub 3 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2, millest nähtub, et truubid on väga heas või heas seisukorras.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Ava 1 läbimõõt	Seisukord	Märkused
6696	1	2009	15,5	päiseid ei ole	2,83	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	terastruup
8100	1	2008	11,0	päiseid ei ole	0,6	väga hea	Plast, kivikindlustus
8445	1	1972	10,1	päiseid ei ole	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Suurem osa teest oli väga halvas seisukorras, üleval olid isegi liiklusmärgid, mis hoiatasid raskesti läbitava tee eest (vahemikus km 5.5…7.0). Valdavalt on tee madalam või samas tasapinnas kõrval oleva maapinnaga ja kohati on väga soist ala. Kraavid/nõva, mis on tee äärde rajatud, on täis kasvanud ning vajavad puhastamist ja süvendamist.

Km 5.7 on kurv kraavi poole tugevalt kaldes ja vajab tõstmist.

Km 5.8…6.0 on väga pehme ja alt pressib vett üles.

Km 6.2…6.6 on väga pehme, truubi kohal on olukord parem, aga peale seda läheb jälle väga pehmeks km 7.0. Teekatte peale on veetud jämetäitematerjali, aga näha on, et selle all on väga pehme (tee paindub tugevalt auto all: km 6.75…7.0). Ülipehme tee jätkub vahelduva eduga kuni km 7.75 (paljudes kohtades on pehme just tee keskel, kuid kandevõime on välimises rattajäljes enam-vähem rahuldav). Peale seda läheb veidi paremaks.

- Kokkuvõttes olid väga halvad teeolud km 5.8…7.75, mida on võimalik seostada lähedal oleva sooga (väga niisked olud) ja niiskustundlike materjalide olemasoluga teekatendis.
- Lisaks oli ca 100 m enne tee lõppu väga pehme ja tee keskelt üleskeenud koht

Kuna teed oli enne vaatlust korrastatud (höövеldatud ja peale veetud jämedamat kruusa), ei väljendu piltides selle halb olukord nii ilmekalt (fotod 1 ja 2). Seda, et teel on olnud kevadel probleemsed olud, on võimalik näha isegi kuival ala tehtud fotodelt 3 ja 4.

Fotod 1 ja 2. Tee kandevõimet mõjutasid nii kogu konstruktsiooni probleemid, kui ka kattekruus.

Fotod 3 ja 4. Tee kevadistest probleemidest oli võimalik aru saada ka kuival ajal tehtud fotodelt.

Tee lõppes pinnatud osaga (foto 5), millelt mõõdeti kandevõimeks 134 MPa. Pindamine oli väga kitsas: vaid 4.6 m, muru äärest muru ääreni oli 5,0 m.

Foto 5. Vaadeldav tee lõppes pinnatud lõiguga, mille tolmuvaba katte laius on vaid ca 4.6 m.

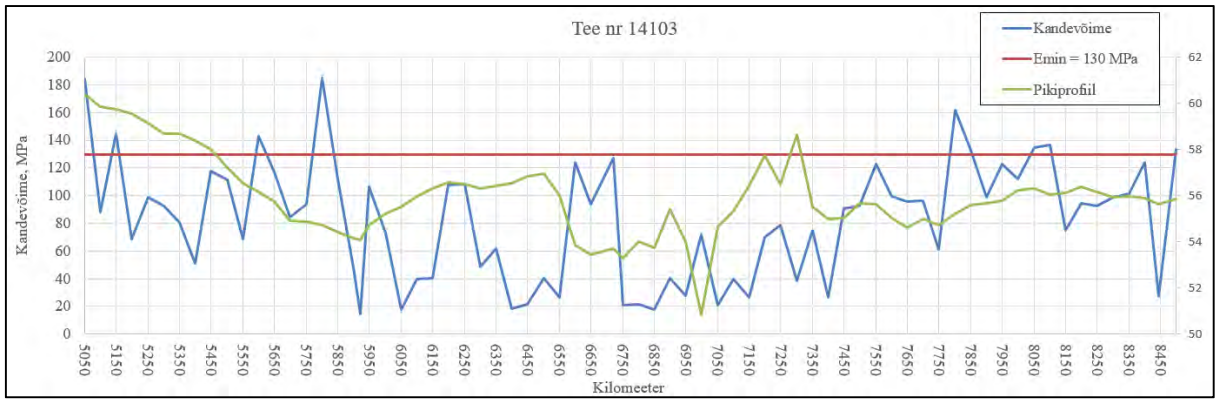
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 27.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Tulemustest joonistub välja piirkond km 5.85…7.45 ja km 8.45, kus mõõdeti kandevõimeks vaid ca 20 MPa, kuid kui sellele ehitada peale katend, võib arvutuseks kandevõimet mõnevõrra tõsta, kuna läbi selle saab olema takistatud vee ligipääs katendisse ülaltpoolt. Joonistelt 4 ja 5 näeb siiski, et BDI ja BCI1200 parameetrid on väga kõrged, mis näitab, et kogu katend kui ka selle all olev pinnas on pehmed ja üleniiskunud.

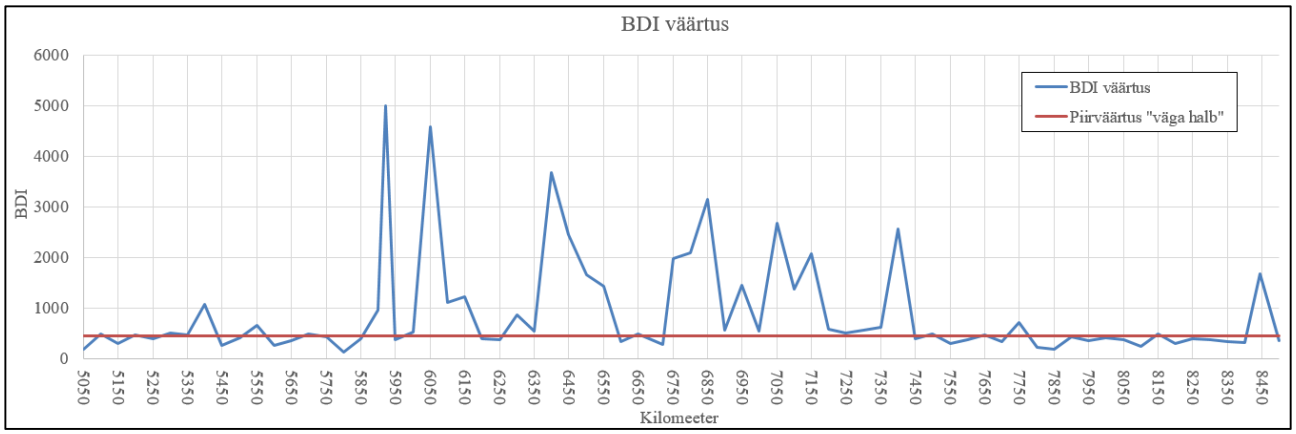
Erakordselt madalad kandevõimed saadi järgmistest punktidest:

- km 5.9: <20 MPa (sisekurv, tõstmisega kandevõime paraneb);
- km 6.05: <20 MPa (sisekurv, tõstmisega kandevõime paraneb);
- km 6.4: <20 MPa (künkapealne ajab vett välja, vajab dreenivat kihti);
- km 6.45: 20 MPa (künkapealne ajab vett välja, vajab dreenivat kihti);
- km 6.55: 25 MPa (künkapealne ajab vett välja, vajab dreenivat kihti);
- km 6.75…6.85: <20 MPa (soine ala, vajab dreenivat kihti);
- km 6.95: 25 MPa (soine ala, vajab dreenivat kihti);
- km 7.05: 20 MPa (vee äravool kattelt takistatud);
- km 7.15: 25 MPa (vee äravool kattelt takistatud);
- km 7.4: 25 MPa (soine ala, vajab dreenivat kihti);

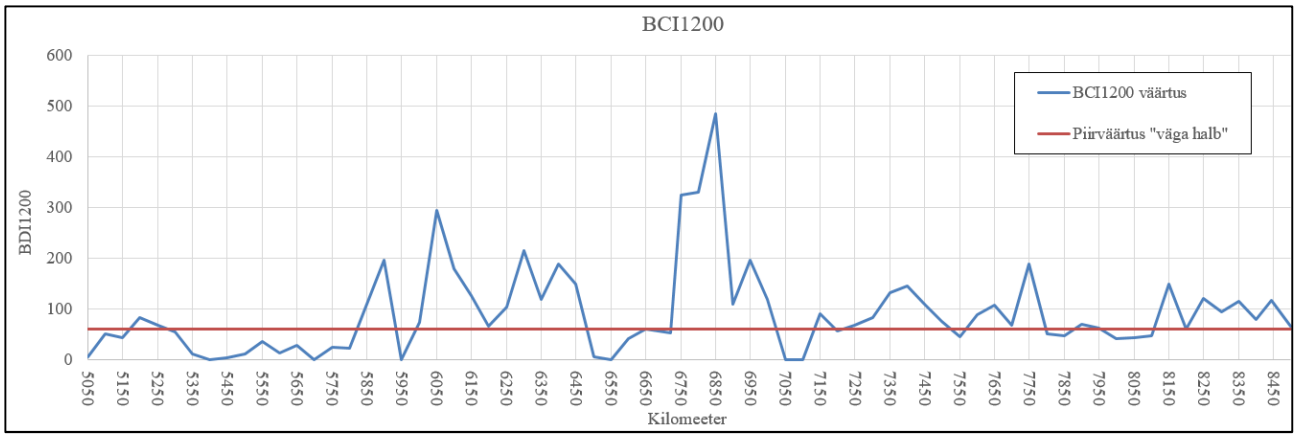
- km 8.45: 25 MPa (külmakerkeline koht).



Joonis 3. Mõõdetud kandevõime jääb veenvalt alla vajaliku miinimum E = 130 MPa. Väga palju punkte on vaid ca 20 MPa, mis on sama nagu KAPis arvestatud aluspinnas.



Joonis 4. BDI väärtus viitab väga niiskustundlikule katendi pinnasele, mis on üleniiskunud.



Joonis 5. Ka BDI1200 väärtus viitab niiskusprobleemidele. Km 6.05 ja 6.75…6.9 on tee all tõenäoliselt kas turvas või voolavas olekus savi.

4. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruanne võtab olukorra teega kokku järgmiselt:

„Ala reljeef on valdavalt tasane, kohati lainjas, väikeste küngastega. Reljeefi liigendab kruusateest ~500 meetri kaugusel lõuna/edela pool kulgev Navesti jõgi ja uuringuala keskosas ristub kruusateega

nimetatud jõkke suubuv Räsna oja. Uuringuala idapoolses otsas jääb kruusatee vahetusse naabrusse Rõstla dolokivikarjäär.“

„Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grclSa, grsiSa ja saGr), mille all esineb 5-49 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen (voolavuspiir W_L=19,7%, plastsuspiir W_P=13,1%, plastsusarv I_P=6,6, looduslik niiskus Wn=13,4...15,9%).“

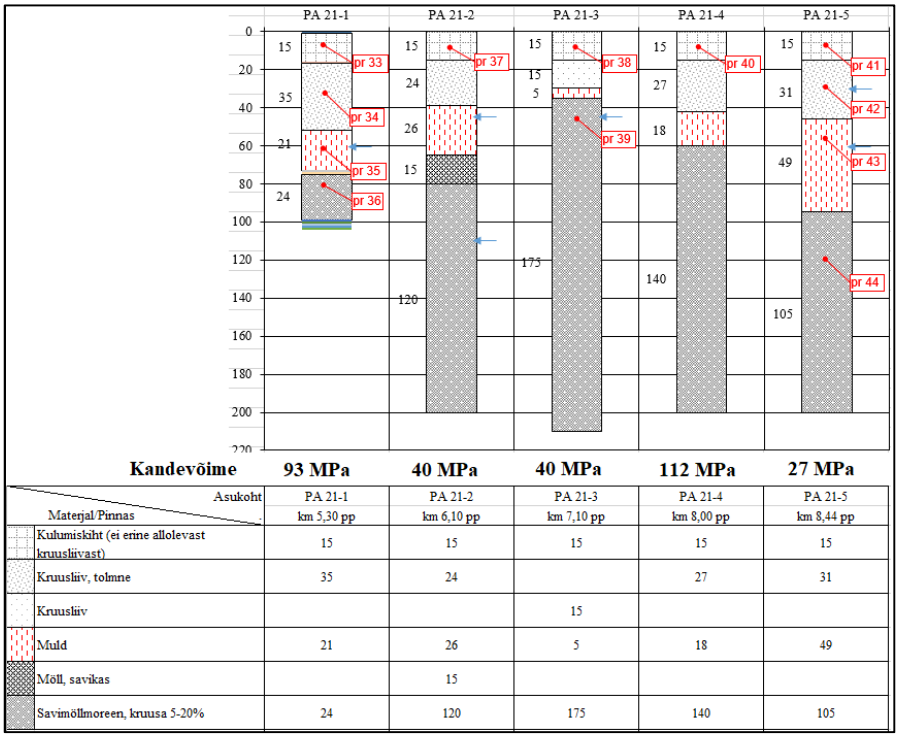
„Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Moreeni pealispinnale ja liivasematesse tsoonidesse võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett. Tee kõrvale on kohati rajatud kuivenduskraavid.“

Ehitusgeoloogilised uuringud teel tehti kuival ajal, kuid sellegipoolest on tee all paiknev savimöllmoreen niiskusproovi järgi otsustades plastses olekus. Tee ristlõiked uuringupunktidest on näidatud tabelis 3.

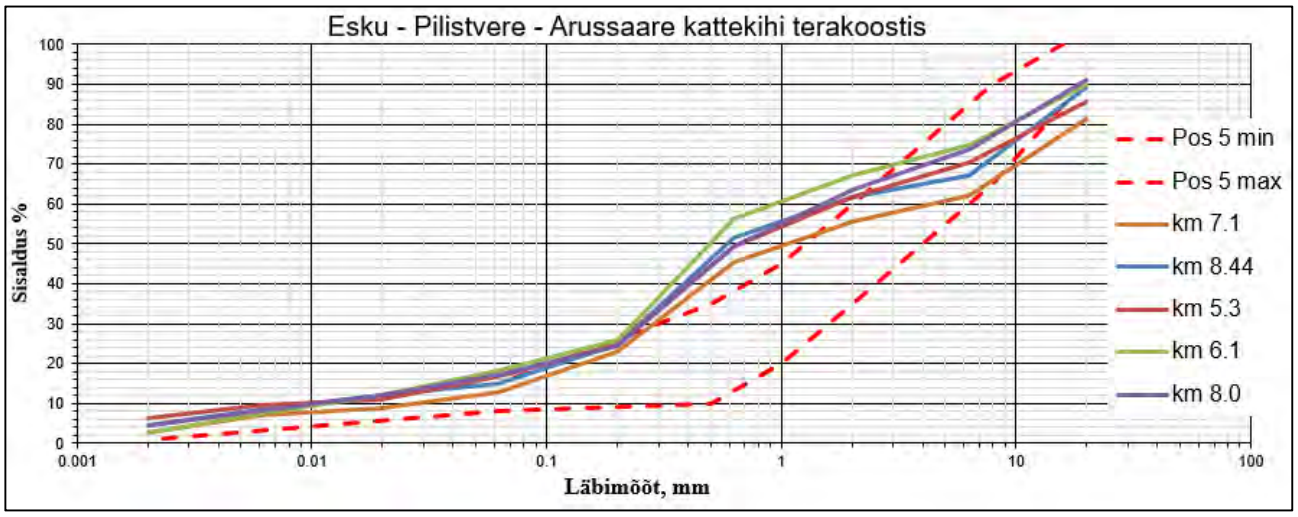
Joonisel 6 on esitatud kattekihi terastikulased koostised, mille järgi materjal on liivane, samuti on enamasti ületatud peenosiste piir.

Tabel 3

Tee ristlõiked puuraukude järgi



Kandevõime	93 MPa	40 MPa	40 MPa	112 MPa	27 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 21-1 km 5,30 pp	PA 21-2 km 6,10 pp	PA 21-3 km 7,10 pp	PA 21-4 km 8,00 pp	PA 21-5 km 8,44 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	35	24		27	31
Kruusliiv			15		
Muld	21	26	5	18	49
Mõll, savikas		15			
Savimöllmoreen, kruusa 5-20%	24	120	175	140	105



Joonis 6. Kattekihi terastikulased koostised.

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Visuaalse vaatluse järgi oli tee väga halvas seisukorras km 5.8…7.75. Paljudes kohtades oli pehme just tee keskel, kuid kandevõime on välimises rattajäljes enam-vähem rahuldav. Kandevõimemõõtmiste ja visuaalse vaatluse alusel saab jagada tee järgmisteks lõikudeks:

- km 5.078…6.35 – keskmine kandevõime ca 80 MPa (sisekurvid vajavad tõstmist);
- km 6.35…6.60 vajab geotekstiili ja dreenivat kihti; kandevõimeks võib arvestada ca 40 MPa;
- km 6.60…6.75 on terastruubile peale- ja mahasõit, kus oli kandevõime ning tee seisukord hea, katendit tugevdada ei ole vaja;
- km 6.75…7.00 vajab geotekstiili ja dreenivat kihti; kandevõimeks võib arvestada ca 40 MPa;
- km 7.00…7.30 – keskmine kandevõime ca 60 MPa (kui parandatakse vee äravoolu kattelt);
- km 7.30…7.45 vajab geotekstiili ja dreenivat kihti; kandevõimeks võib arvestada ca 40 MPa;
- km 7.45…8.454 – keskmine kandevõime 100 MPa;
- ca 80m enne kruusatee lõppu oli väga pehme ja külmakerkeline koht (joonis 7). Antud kohas oli kruusakihi paksus ca 45 cm, mille all muld. Üleminekukohas kruusalt pindamisele on truup ja enne seda paremal pool madal ning kinnikasvanud kraav. Probleemse koha arvatav põhjus on pinnavete ebaefektiivne liikumine (madal kraav, umbes truup ja kinnikasvanud maaparanduslik kraav). Kraavide ja truubi puhastamine võib probleemi lahendada, kuid kindlam lähenemine on olemasoleva kruusa eemaldamine 30 cm sügavuseni, eraldava geotekstiili ja geovõrgu paigaldamine ning tagasitäite tegemine ridakillustikuga.

Joonis 7. Külmakerkelise ja nõrga kandevõimega koht ca 100 m pikkuselt kruusatee lõpus (Regio kaart).

Tee alguses ja lõpus on kandevõime selgelt parem, kui keskel, kuid FWD vajumikausi kohaselt esinevad kõikjal samad probleemid: teekatend on tervikuna üleniiskunud, kuna kogu piirkond on liigniiske. Kraavide süvendamisega mõjutatakse olukorda vähe põhjusel, et teekatend koosneb väga niiskustundlikest materjalidest. Eriti kriitiline olukord on kevadel, kui ümbruskond on liigniiske ja tee sulades vabaneb korraga palju vett. Sulamiskonsolideerumisega tungib liigvesi ülespoole ning kui teele paigaldatakse peale tolmuvaba kate, jääb vesi katte alla, mistõttu laguneb see kiiresti fotodel 6 ja 7 kujutatud viisil.

Fotod 6 ja 7. Sulamiskonsolideerimisega tungib vesi teekatendis ülespoole, kuid kui ette jääb pinnatud kiht või asfaltbetoon, jääb vesi selle alla lõksu muutes niiskustundliku kruusa voolavaks.

Viimaks vaadeldava kruusatee tolmuvaba katte alla, oleks vaja ehitada dreeniv kiht eraldades see alumisest kihist geotekstiiliga, nõrgemates kohtades tuleb kasutada lisaks ka geovõrku, mis tasandab külmakergete koormust teekattele. Sobilikuks materjaliks on killustik, kuna selle dreenivad ja kandvad omadused on suurepärased, lisaks on objektile väga lähedal Rõstla paekivikarjäär.

Kuna teelõigu liiklussagedus on väike, ei ole taoline lahendus kogu teepikkuses siiski majanduslikult otstarbekas ning keskenduda tuleks eelkõige vaatluse ja mõõtmisega avastatud kõige nõrgematesse kohtadesse km 6.35…6.60, km 6.75…7.00, km 7.3…7.45, soovituslikult ka 80 m lõigul enne pindamist, kuid seal tuleb teha kõigepealt väljakaeve. Nõrkade piirkondade katendiarvutuse võib esitada tabeli 4 ja ülejäänud tee osas tabeli 5 kujul. Tabeli 4 osas peaks lisaks arvestama ka geovõrgu kasutamisega.

Tabel 4

Katendiarvutus km 6.35…6.60, km 6.75…7.00, km 7.3…7.45, juurde lisandub ka geovõrk

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale
Maantee klass: 5
Teekatendi liik: Kergkatend

Tugevustegur: 0.79
Töökindlustegur: 0.75
Normhälbetegur 1.06

Pinnas: A - kerge saviliiv
Niiskuspaikkond: 3, liigniiske (märg)
Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03
L1.T3 p5; +0,03=0.03

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Erisurve kattele: 0.6 MPa
Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tard- või paekivikillustik (LA <35)	20.0	280							
ALUS	A - kerge saviliiv		**43.6**					34.3	0.010	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa: t_{arv}	Nihkepinged MPa: t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			21.2%	124.48	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					124.48		
2	Tard- või paekivikillustik (LA <35)	20.0					87.20		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0188	0.0165	-13.6%			0.785
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		0.000

Tabel 5

Katendiarvutus ülejäänud teele

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale
Maantee klass: 5
Teekatendi liik: Kergkatend

Tugevustegur: 0.79
Töökindlustegur: 0.75
Normhälbetegur 1.06

Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60
Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast
Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Erisurve kattele: 0.6 MPa
Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tard- või paekivikillustik (LA <35)	15.0	280							
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja: Kriteerium	Nihkepinged MPa: t_{arv}	Nihkepinged MPa: t_{lub}	Varu %	Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Üldine elastusmoodul			31.4%	134.94	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					134.94		
2	Tard- või paekivikillustik (LA <35)	15.0					95.21		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0325	0.0661	50.8%			-
	Katendi kogupaksus	23.0					Parandustegur Δ		

6. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Olemasolevad kraavid on madalad ja kohati umbes ning ebaefektiivsed, mistõttu tuleb neid puhastada ja süvendada. Lisaks tuleb kraavid kaevata kohtadesse, kus neid veel pole.

Koos kraavide kaevamise ja puhastamisega tuleb eemaldada ka tee ääres olev servavall.

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Raadamine

Võsa tee äärest eemaldamine:

- parem pool: km 6.7…7.0, km 7.2…7.65;
- vasakul pool: km 6.6…7.0; 7.65…7.8, 8.2…8.454.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Truubid

Kõikide mahasõitude alla tuleks paigaldada truubid.

Olemasolevad truubid tuleb vajadusel puhastada.

Mullatööd

Kurvide km 5.65…5.75, km 5.77…5.82, km 5.88…5.98, km 6.32…6.40, km 7.70…7.87, km 8.08…8.20 (kokku 620 m) siseküljed vajavad tõstmist kruuspinnase lisamisega nii, et põikkalle oleks maksimaalselt 6%. Täitmismahuna arvestatakse keskmist kruusakihipaksust 20 cm poole tee laiuses (kokku 380 m^3).

Km 8.37…8.45 kaevata 20 cm sügavuselt, kraavi äärest kraavi ääreni välja, paigaldada põhja geovõrk ning teha tagasitäide kruuspinnase (peenosisesisaldus kuni 5%) või ridakillustikuga.

Katend

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%. Kogu tee kraavi äärest kraavi ääreni peab olema ühtlane, ilma vee voolamist takistavate äärteta.

Katendilahendus lõikude kaupa:

- km 5.078…6.35 – paigaldada 15 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 6.35…6.60 – paigaldada geovõrk, 20 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 6.60…6.75 – paigaldada 15 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 6.75…7.00 – paigaldada geovõrk, 20 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 7.00…7.30 – paigaldada 15 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 7.30…7.45 – paigaldada geovõrk, 20 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;
- km 7.45…8.454 – paigaldada 15 cm ridakillustikku + 8 cm MSE20;

Tee pinnata 2x.

Teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava killustiku ja kurvide täitmiseks kasutatava kruusa vajalikud omadused.

Geovõrguna kasutada geovõrk NAUE Secugrid 30/30 Q1 või analoog (näiteks Tensar TX160, Enkagrid MAX 30, Huesker Basetrack Grid PP 30 jne).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	1554.00	1.54	2 398.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**2 398.60**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30102	Ehituseks sobiva täitepinnase kaevandamine	m3		m^3	110.00	4.12	452.76
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	0.00	6.17	0.00
30301	Truupide puhastamine	m		m	0.00	18.68	0.00
30703	Geovõrk	m2		m^2	5200.00	2.50	13 000.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**13 452.76**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40501	Killustikalus paekivi 15 cm	m3		m^2	18500.00	5.00	92 500.00
40501	killustikalus paekivi 20 cm	m3		m^2	4500.00	7.00	31 500.00
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^3	670.00	20.82	13 949.40
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	200.00	4.16	832.80
	Freespuru	m2 per cm	1	m^2	22612.50	1.49	33 738.98
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m^2	21937.50	3.57	78 332.67
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m^2	150.00	7.14	1 071.22
					Summa kantud kokkuvõttesse		**251 925.07**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	40	m	0.00	95.60	0.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**0.00**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Esku - Pilistvere - Arussaare)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**2 399€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**13 453€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**251 925€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**274 702€**
käibemaks 20%	**54 940€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**329 642€**

Tee nr. 14164 Lahavere – Jõeküla km 0,777 – 5,351

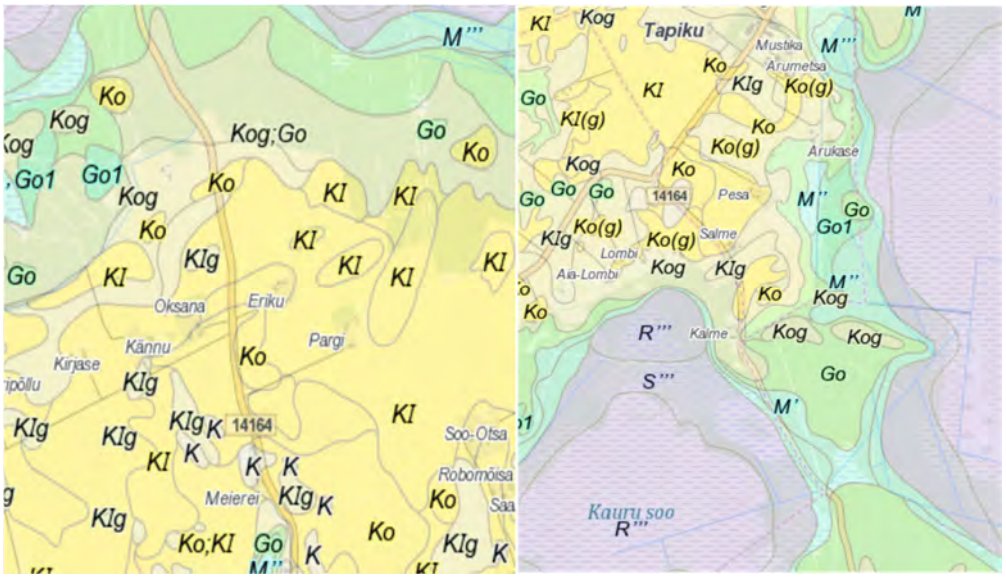
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus tehti 22.04.2018;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega tehti 27.04.2018;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 ja 3 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.

Joonis 1. Tee nr. 14164 Lahavere - Jõeküla km 0.777…5.351 asukoht (Teeregister)



Joonis 2 ja 3. Tee nr. 14164 Lahavere – Jõeküla km 0.777…5.351 asetatuna mullakaardile (Maa-amet). Esimene pool lõigust asub enamasti rähk muldade levikualal, kus esineb ka mõningast

leostunud mulda ja teise poole esimese osas esineb väga õhukest madalsoomulda ja edasi on kas gleistunud leetjas muld või leostunud mulla levikualal.

Kõnealune maantee kulgeb karbonaatmuldade ja leostunud ning leetjate muldade piirkonnas. Karbonaatmullad on keskmise või kõrge huumuse sisaldusega mullad. Leostunud ja leetjad mullad on sobilikud põllukultuuride kasvatamiseks. Leetumistunnused puuduvad või esinevad nõrgalt. Tee keskosa läbib soist piirkonda, kus mullakaardi põhjal esineb õhuke madalsoomulla kiht, kus turbakihi tüsedus võib olla vahemikus 30 – 50 cm.

Pinnase alumistes kihtides esineb nii kerget kui ka keskmist liivsavi. Seal, kus tee läbi soist ala ehk kulgeb Kauru soo ja Tapiku soo vahel esineb kolmanda lagunemisastmega turvast, mille kihi paksus varieerub hinnanguliselt 40-80 cm

Mullakaardi alusel saab järeldada, et tee paikneb kohati (ajutiselt) liigniiskes keskkonnas ehk tõenäoliselt kevadeti on vee tasapind kõrgel, mis nõrgestab teekatendi tugevust. Eriti ilmneb nähtus soises piirkonnas, kus on vesi tõesti kõrgel ja tee visuaalsel vaatlusel oli märgata tõsiseid kandevõime probleeme.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel ei ole teele määratud maantee klassi, kuid liiklussageduse järgi peaks tegemist olema V-klaasi maanteega.

Liiklussagedus 2017: 74 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 80%, veoautod ja autobussid 2%, autorongid 18%, arvuliselt vastavalt 60, 1 ja 13 a/ööp). Antud teel on üsna suur autorongide osakaal, mis võib olla tingitud sellest, et piirkonda jääb suuri metsamassiive ja maanteed 14164 kasutatakse metsamaterjali väljaveoks. Lisaks teenindab piirkonda liinibuss, mis kasutab selleks antud teed.

2017. a andmetele põhinedes $\mathbf{E_{vaj} = 158\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (1*2.67+13*3.76)*0.55 = 28.4 V_1/ööp].

Tee katendikihtide kohta on infot Teeregistris ainult katte osas. Teada on see, et peamiselt on uuendatud ainult kulumiskiht, sinna optimaalse terakoostisega purustatud kruusliiva lisamisega. Viimati toimus tõsisem ehitus 2015 aastal kui lõigus 0,900 – 3,400 km lisati 6 cm paksune purustatud kruusliivast kiht. Varem on kulumiskihti remonditud 2005 aastal lõigus 3,400 – 4,460 km, kuhu samuti lisati optimaalse terakoostisega purustatud kruusliiv. Teeregistri andmeil võib tee ehitamise aastaks pidada 1986 aastat, kus tehti esimene purustatud kruusast kulumiskihi ehitus ja näiteks lõikudes 0,777 – 0,900 km ning 4,460 – 5,351 km pole seda teeregistri andmeil uuendatud.

Katte laiused:

- Km 0.777…0.900 on 8.0 m;
- Km 0.900…3.500 on 8.0 m;
- Km 3.500…4.460 on 7.0 m;
- Km 4.460…5.351 on 6.0 m.

Kruusatee väljaehitamise tase on valdavalt 3, aga lõigus km 3.500…4.000 on tase 2. Asustatud lõikudes teostatud iga aastaselt tolmutõrjet.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 10 mahasõitu (tabel 1), millest enamus on elukoha sissesõidud ja ülejäänud piiramata otstarbega mahasõidud.

Teeregistri andmetel ristub Lahavere-Jõeküla maantee kolme riigiteega (tabel 2).

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja iseloomustused

Mahasõidu asukoht	Parem/vasak pool	Liigitus	Laius	Mahasõidutee kate	Katte ulatus mahas. suunal	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve
960	paremal	Andmed puuduvad	4	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit
1193	vasakul	Andmed puuduvad	5	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	piiramata otstarbega
1238	paremal	Andmed puuduvad	5	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit
1239	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit
3623	vasakul	Andmed puuduvad	2	katteta	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit
4579	vasakul	Andmed puuduvad	4	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	Andmed puuduvad
4660	paremal	Andmed puuduvad	4,5	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	elukohta sissesõit
5158	vasakul	Andmed puuduvad	3	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	piiramata otstarbega
5160	paremal	Andmed puuduvad	4	kruus	Andmed puuduvad	truup puudub	piiramata otstarbega
5305	paremal	Andmed puuduvad	6	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit

Tabel 2

Ristmike asukohad ja iseloomustus

Ristmiku asukoht	Ristmiku nimetus	Ristmiku pool	Ristuva tee number	Ristmiku liik	Suundade arv	Ristumise tüüp
0	LAHAVERE	Mõlemal pool	14162	tavaline ristmik	3	riigitee-riigitee
4451	TAPIKU 1	Otse	14165	tavaline ristmik	3	riigitee-riigitee
5351	TAPIKU 2	Otse	14190	tavaline ristmik	3	riigitee-riigitee

Truubid: uuritavas lõigus truubid puuduvad.

3. Tee visuaalse vaatluse info

Antud tee seisukord on väga muutlik ehk üleüldist visuaalset olukorda teeb paremaks see, et vahetult enne ülevaatust on teed hööveldatud. Tee profiil on valdavalt heas korras kuigi viraažides oleks vaja parandada. Samas esineb probleeme, mis takistavad sademevee teekattelt eemale juhtumist – hööveldamise käigus tekkinud materjali vall ning kohati on teepeenrad kõrgemad kui kate (fotod 1 j 2).

Fotod 1 ja 2. Iseloomustavad olukorda, mis puudutab materjali valli tee ääres ja kõrgemat teepeenart.

Vaadeldava tee kate on samal kõrgusel olemasoleva maapinnaga või isegi madalam. Kraave on rajatud, aga need vajavad puhastamist ja süvendamist. Kraavid olid vaatluse ajal servani vett täis, mis on üks näitaja, et tegu on väga niiske piirkonnaga (fotod 3 ja 4).

Fotod 3 ja 4. Kraavide olukord ja veega tase.

Tee kulgeb valdavalt põldude vahel, aga üks lõik läbi väga soist ala, kus kahele poole teest jääb soo (fotod 5 ja 6).

Fotod 5 ja 6. Ilmestab olukorda kraavides soisel alal.

Tänu sellele, et piirkonnas esineb liigniisket pinnast on paljudes kohtades näha tee peal kandevõime probleeme (fotod 7 ja 8 ning 9 ja 10). Seda on nii soode vahel kui ka lagedatel lõikudel. Arvestades, et ülevaatus toimus ajal kui oli juba mõnda aega olnud üsna kuiv ja soojakraadid, võib eeldada, et olukord võis olla antud teel veelgi halvem, seda kinnitasid ka kohalikud.

Fotod 7 ja 8. Tõsiste kandevõime probleemidega lõigud.

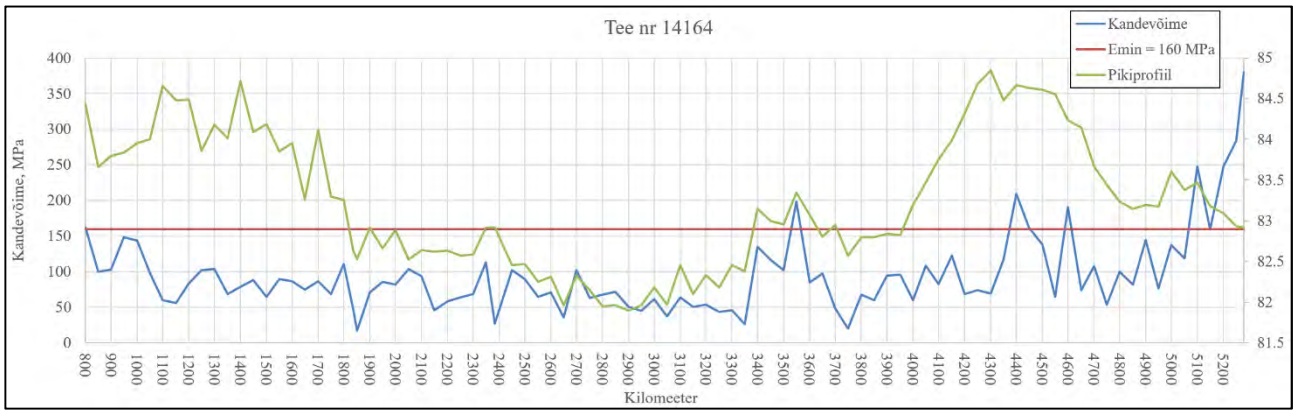
Fotod 9 ja 10. Kandevõime probleemiga koht, kus on pinnas juba kuivem ja probleemne koht, kus katend hakkab kuivama.

- Kokkuvõtteks saab visuaalse vaatluse põhjal öelda, et tegu on väga niiske piirkonnaga ja teel puudub korralik muldkeha.
- Võib öelda, et vahemik km 1.7…4.1 on vaheldumisi enam-vähem korras ja väga pehme. Seda saab lugeda üheks terviklikuks lõiguks, kus teekatendit tuleb oluliselt tugevdada.
- Vahemik km 0.777…1.7 ja 4.1…5.3 on olukord hea ja katendit tugevdada vaja ei oleks. Tagasi suund on siin nõrgem, kui oli parem teepool, aga arvatavasti on põhjus selles, et vesi on valgunud höövеldatud tee äärde, mille äravoolu takistab tee servas olev kerge vall.

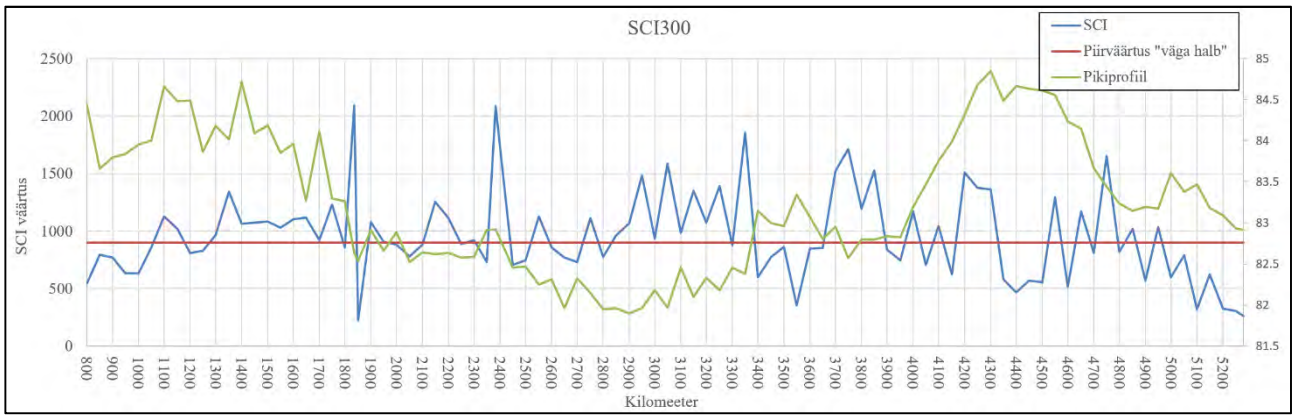
4. Kandevõimemõõtmised

Kandevõime mõõdeti teel 27.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Kandevõime on valdavalt tugevalt allpool liikluskoormuse järgi arvutatud vajalikku piiri, mistõttu tee on kevadeti väga halvas seisukorras. Joonisel on kujutatud rohelise joonena ka pikiprofiili. Visuaalse vaatluse alusel oli tee mõningate eranditega halvas seisukorras vahemikus 1.7…4.1. Pikiprofiililt nähtub, et maapind langeb selles vahemikus allapoole, mullakaardi järgi on tegemist liigniiske piirkonnaga, mis selgitab ka tee seisukorda.

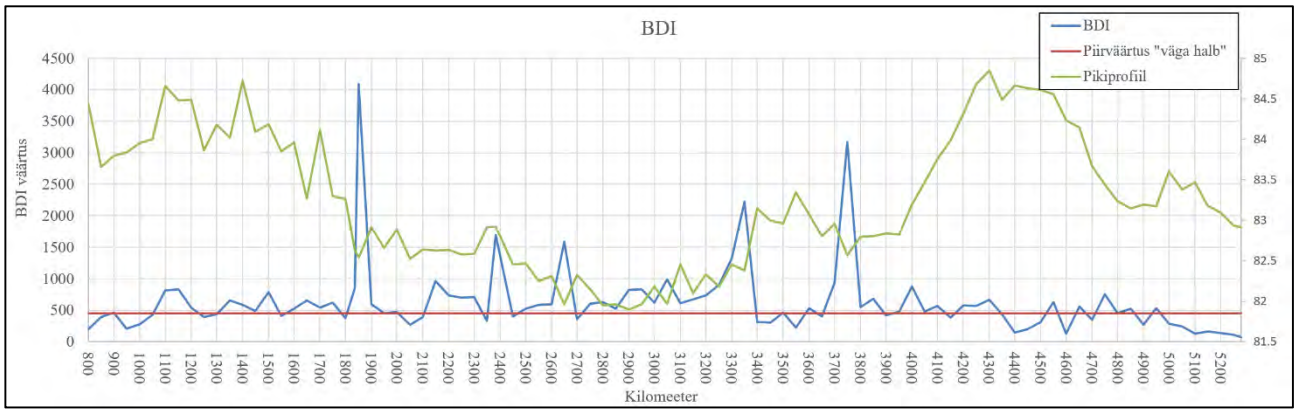
Vaadates jooniseid 4…6 (SCI, BDI ja BCI parameetrid) nähtub, et reeglina on ületatud kõik piirväärtused „väga halb“, mis näitab, et teekatend on tervikuna veeküllastunud koosnedes katendisse sobimatutest materjalidest.



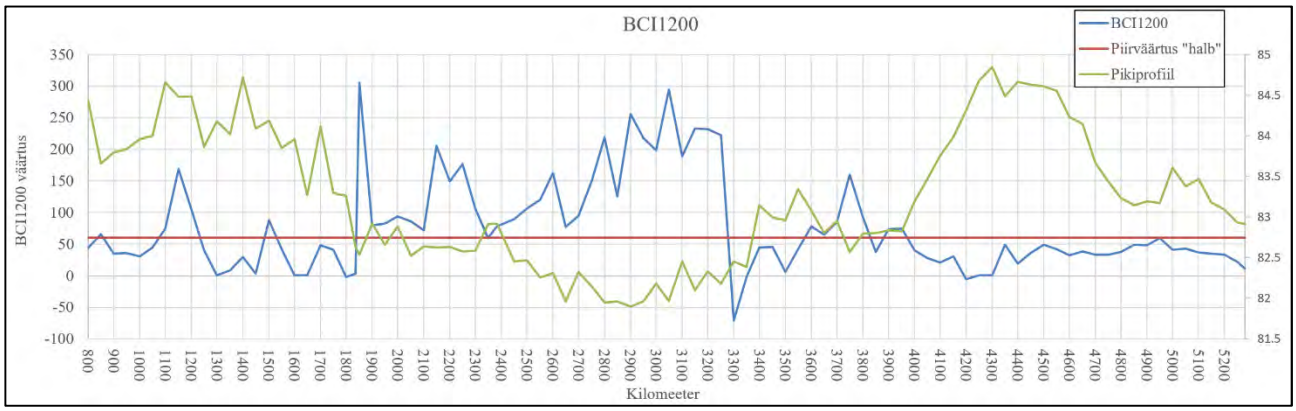
Joonis 3. Mõõdetud kandevõime. Rohelisega on näidatud mõõtmispunktidest registreeritud absoluutkõrgus võimaldades joonistada nii pikiprofiili.



Joonis 4. SCI300 väärtus näitab, et enamikes kohtades on teekatend veeküllastunud. Teekatend koosneb tõenäoliselt sinna mitte sobivatest, tugevalt niiskustundlikest materjalidest.



Joonis 5. BDI väärtuse järgi võib järeldada, et kohati on katendi all lasuv pinnas lausa voolavas olekus.

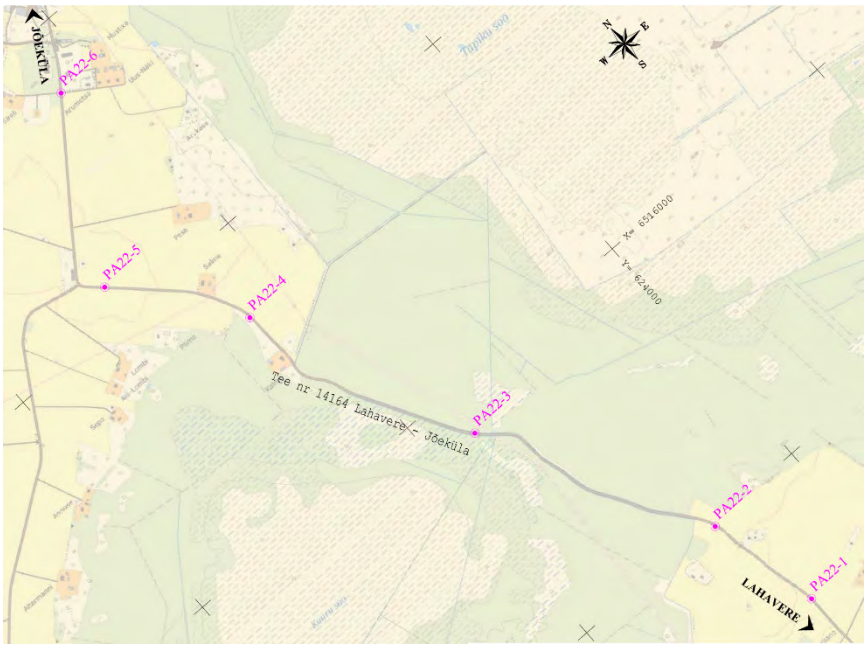


Joonis 6. BCI väärtused korreleeruvad hästi visuaalse vaatluse tulemusega, mille järgi oli tee halvas seisukorras eelkõige vahemikus km 1.7…4.1. Kohati on väärtus läinud ka negatiivseks, mis näitab, et nendes kohtades pole anduritel olnud kas piisavalt aega koormusest taastuda või on katte pind olnud nii pehme, et andur on vajunud sisse andes väära tulemuse.

5. Ehitusgeoloogia

Tulenevalt visuaalsest vaatlusest ja kandevõimemõõtmistest valiti pinnaseproovide võtmiseks järgnevad punktid, mille tulemused on esitatud tabelis 3:

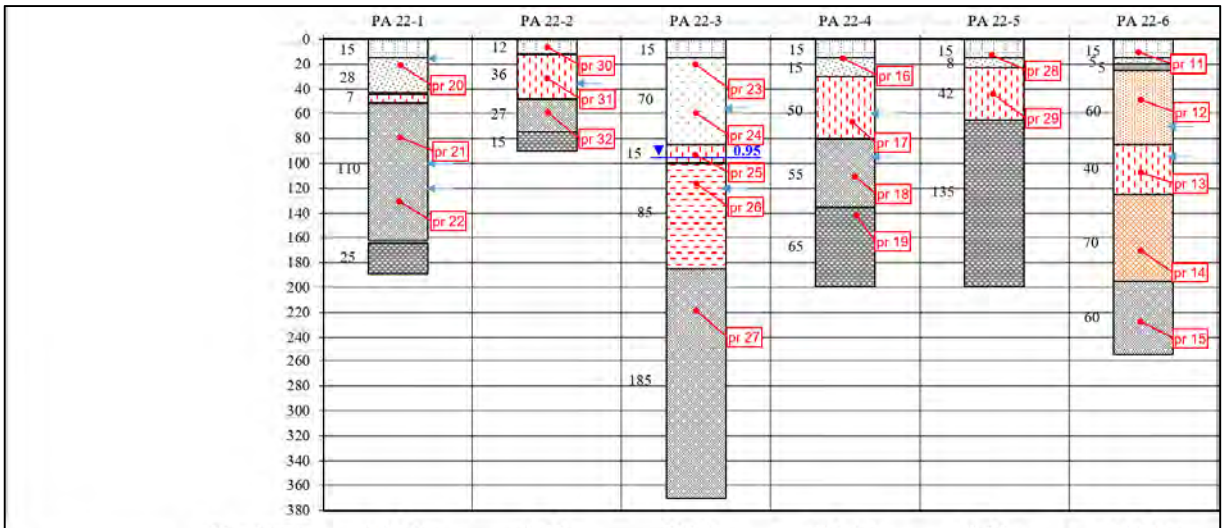
- Km 1.400 parempoolne sõidusuund – 79 MPa;
- Km 1.835 vasakpoolne sõidusuund – 48 MPa;
- Km 2.800 parempoolne sõidusuund – 68 MPa;
- Km 3.750 vasakpoolne sõidusuund – 20 MPa;
- Km 4.300 parempoolne sõidusuund – 70 MPa;
- Km 5.100 parempoolne sõidusuund – 248 MPa.



Joonis 7. Puuraukude võtmise asukohad.

Tabel 3

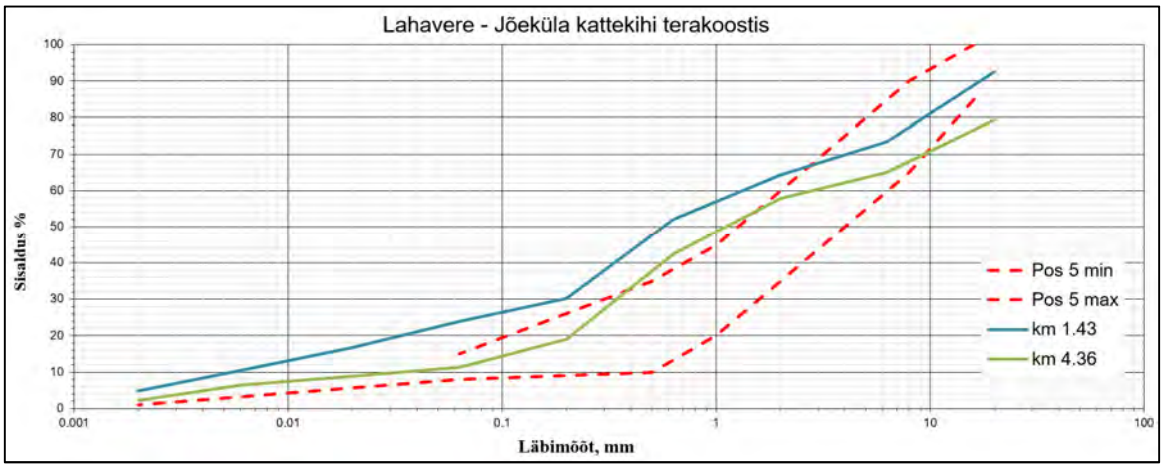
Pinnaskihid



Kandevõime	79 Mpa	48 Mpa	68 Mpa	20 Mpa	70 Mpa	248 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 22-1 km 1,43 pp	PA 22-2 km 1,86 vp	PA 22-3 km 2,84 pp	PA 22-4 km 3,8 vp	PA 22-5 km 4,36 pp	PA 22-6 km 5,16 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	12	15	15	15	15
Kruusliiv			70			
kruusliiv, tolmne	28			15	8	5
Vana asfalt						5
Peenliiv orgaanikaga						60
Muld, mölline	7	36	15	50	42	40
Turvas			85			
Möll orgaanikaga						70
Savimöllmoreen, kruusa 5-20%	110	27	185	55		60
Jämepurdmoreen	25	15		65	135	
veetase (15.16.05.2018)			0.95			

Puuraukude põhjal nähtub, et tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grclSa, grsiSa, grSa, saclGr ja saGr), mille all esineb 7 - 50 cm paksune mullakiht ning puuraugu PA22-3 asukohas esines lisaks mullakihile ka turvas 85 cm paksuse kihina. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen (looduslik niiskus km 1.43 Wn=16,6%), mis läheb sügavuse suunas üle jämepurdmoreeniks. Km 1.43 võetud proovist määrati plastsuspiirid W_L = 20,3%, W_P = 15.2%, mille järgi oli savimöllmoreen plastses olekus.

Kattekihi terastikulise koostise alusel on materjal liivane ja tee pikkuse suhtes ebaühtlane. Proovid km 1.43, 3.8 ja 5.16 väljuvad selgelt pos. 5 terakoostise piiridest, kuid km 1.86, 2.84 ja km 4.36 pigem täidavad nõuded. Joonisel 8 on kujutatud km 1.43 ja km 4.36 sõelkõveraid, teised on nendele väga sarnased.



Joonis 8. Lahavere – Jõeküla kattekihi terakoostised.

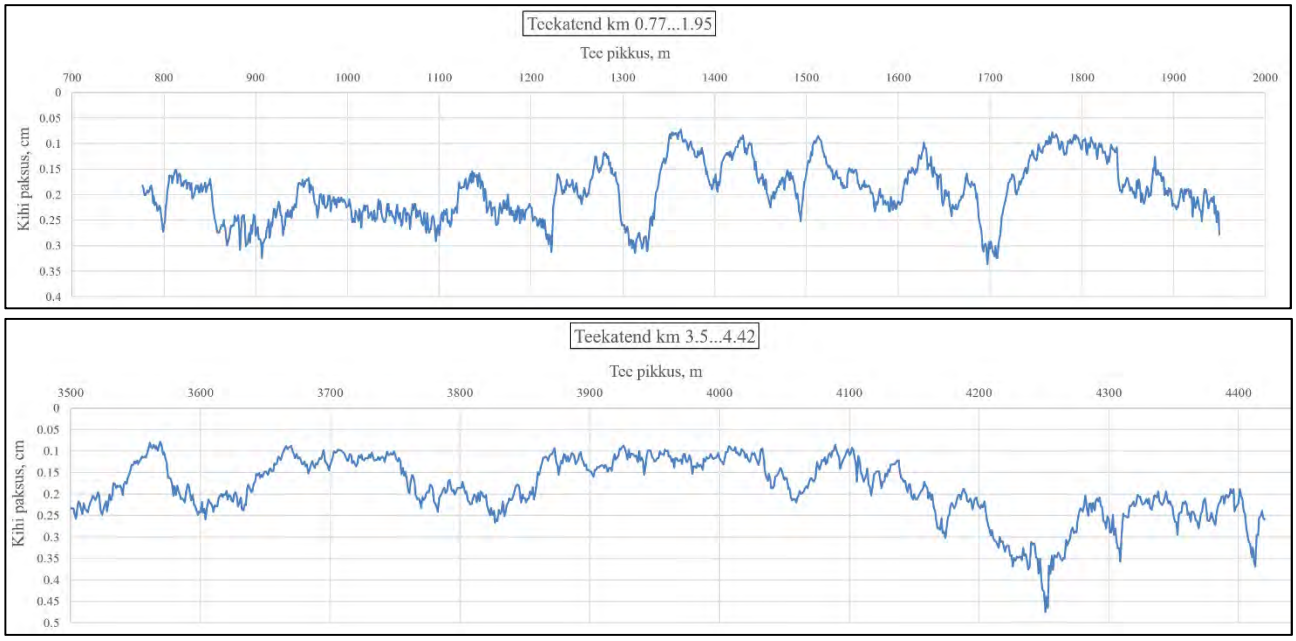
Maaradari alusel on keskmine kulumiskihi või pealiskihi paksus 20 cm, kuid esineb kohti, kus katendi paksus on õhem, näiteks PA 22-2. Erakordselt madalaid kandevõimeid mõõdeti kurvide pealt km 1.85 (17 MPa, foto 12), km 3.350 (26 MPa), km 3.750 (20 MPa), kus katendi paksus on tõenäoliselt õhem, samuti on sinna valgunud vesi, mis mõjutab kandevõimet oluliselt. Vahemikus km 1.96…3.500 ja km 4.42…5.13 eristati maaradari profiililt ka muldkeha/täidet nagu on näidatud puurtulbal PA 22-3, kus turba peal on 70 cm kruusliiva. Keskmine täite paksus antud vahemikes on 67 cm.

Joonisel 9 on näidatud maaradari tõlgenduse alusel teekatendi paksus vahemikes km 0.777…1.95 ja km 3.5…4.42. Eraldi võib käsitleda km 1.7…1.95 ja km 3.5…4.1 (vahemikus 1.95…3.5 on kulumiskihi all kruusast muldkeha), mille osas nähtub maaradari andmetel, et seal on enamasti väga õhukesed kihipaksused; pikiprofiililt näeb samaaegselt, et tee langeb, mullakaardilt nähtub, et pinnaste alusel on tegemist liigniiske piirkonnaga ning ehitusgeoloogia aruandest nähtub, et katenikihtide all on muld. See selgitab näiteks fotol 11 nähtavat olukorda, mis on jäädvustatud km 4.1 juures, kus tee keskelt punnitab välja pehmet materjali.

Foto 11. Taolist olukorda oli võimalik vaheldumisi tuvastada vahemikus ca km 3.5…4.1, kus maaradari järgi oli kohati vaid 10 cm kruusakihi paksust, mille all mulda või savikat materjali.

Ehitusgeoloogia aruandest selgub veel, et kulumiskiht ja selle all asetsev kruusliivakiht ei erine üksteisest, millega selgitada näiteks km 2.40 ülimadalat kandevõimet 27 MPa; seda kohta on kujutatud fotol 13. See selgitab ka seda, miks hoolimata suhteliselt paksust täitekihist vahemikus km 1.96…3.500 oli siiski suhteliselt madal kandevõime – nimelt on kasutatud täitematerjal niiskustundlik ja asetseb liigniiskes keskkonnas.

Fotod 12 ja 13. Sisekurvidesse valgub vesi, tavaliselt on seal katendi paksus väga õhuke, mistõttu saadakse seal madalad kandevõimed. Ehitusgeoloogia aruandest nähtub, et kulumiskiht ja selle all olev kruusliiv on omavahel eristamatud. Seega on kogu katend tervikuna niiskustundlik, mis avaldub tugevalt kevadisel ajal.



Joonis 9. Teekatendi paksus maaradari alusel vahemikes km 0.777…1.95 ja km 3.5…4.42.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõimemõõtmise alusel oli kogu teel kandevõime ühtlaselt ja märkimisväärselt madalam, kui vajalik oleks. Ehitusgeoloogia ja maaradari järgi on teekatendi paksus väga ebaühtlane, katend koosneb niiskustundlikust, peenosisterikkast kruusast, mille tugevus sõltub otseselt ilmastikust ja

niiskuspaikkonnast. Katendikihi all on suures osas mullakiht, mis hoiab niiskust, kuid ka terve katend koosneb niiskustundlikust materjalist. Eriti märg piirkond on vahemik ca km 1.9…3.5, enne ja pärast seda on teekatendi paksus enamasti väga õhuke, mille all on muld.

Foto 14 on võetud ca km 1.8 juurest. Jättes katend tugevdamata ja paigaldades siia peale tolmuvaba katte, laguneb see sarnaselt.

Foto 14. Kevadine kandevõimeprobleem km 1.8 juures.

Väga madalad kandevõimed saadi sisekurvidest, mis on seotud sellega, et vesi ei saa teekattelt (ega ka katendist) ära voolata ja katendisse sobimatu materjali olemasoluga. Samuti on kruusateede kurvides levinud olukord, kus kurvid sõidetakse ja hööveldatakse laiemaks, mistõttu kihipaksused vähenevad.

Tee seisukorra parandamiseks tuleks parandada veerežiimi kaevates kraavid ja puhastades olemasolevad ning tugevdada katendit. Arvestada tuleb suhteliselt suure raskeliikuse osakaaluga, mistõttu on E_{vaj} oluliselt kõrgem kui E_{min} (2017. a. Andmetel E_{vaj} = 158 MPa). Seega tuleb lugeda sobimatuks kõige tüüpilisem tolmuvaba katte ehitamise lahendus, kus remonditud kruusatee pinnatakse kahekordselt, kuna taoline katend ei pea vastu raskeliikuse poolt põhjustatud koormusele (näiteks foto 15).

Foto 15. (kahekordselt) pinnatud kruusatee ei pea raskeliiklusele vastu (Foto: Lääne Elu, Urmas Lauri).

Tee remondiks on mitmeid võimalusi:

- olemasoleva kruusakihi terakoostise muutmine jämetäitematerjali juurde lisamise näol (mehaaniline stabiliseerimine). Väga hästi sobiks selleks põlevkiviaheraine, mis on antud objekti jaoks siiski tõenäoliselt liiga kaugel. Raskeliikluse tõttu tolmuvabaks katteks vaid kahekordne pindamine ei sobi ja vajatakse veel lisaks seotud kihti.
- olemasoleva kruusakihi niiskustundlikkuse vähendamine keemilise stabiliseerimisega. Näiteks tasub kaaluda põlevkivituhaga stabiliseerimist, täpsemalt pinnase omaduste parandamist nii, et suur hulk peenosist saaks ära seotud, mille tagajärjel muutub materjal niiskuskindlamaks. Täpne retsept vajab laboris koostamist;
- uute katendikihtide ehitamine arvestades soopiirkonnas dreeniva materjali paigaldamise vajadusega.

Keskkonnaalaselt oleks tõenäoliselt kõige mõistlikum põlevkivituhaga stabiliseerimine, kuna see võimaldab taaskasutada nii tuhka kui objektil juba olemasolevat materjali. Sellisel juhul moodustub tuhast tsement liivaterade vahel. Miinuseks on see, et vastavad retseptid tuleks laboratoorsete uuringutega välja töötada, kuid seoses erinevate lähiajaloos läbiviidud uuringutega on kogutud juba üpriski palju andmeid, mida saab võtta aluseks.

Kuna tee läheduses on olemas lubjakivikarjääre, on võimalik ehitada soopiirkonda killustikalus, mis toimiks dreenkihina. Samuti leidub kruusakarjääre. Kogu tee kandevõime on ühtlaselt madal, keskmiseks väärtuseks võib lugeda 60 MPa. Selle alusel tehtav katendiarvutus on esitatud tabelis 3, kus on arvestatud kruusalusega.

Tabel 3

Teelõigu katendiarvutus

Koormussagedus: 30.6 normtelge ööp/rajale | Tugevustegur: 0.79 | Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60 | Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5 | Töökindlustegur: 0.75 | Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast | Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend | Normhälbetegur 1.06 | Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0 | Erisurve kattele: 0.6 MPa
Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			-1.3%	124.75	160.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					124.75		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	20.0	Nihkepinged	0.0400	0.0792	49.5%	87.39		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0300	0.0594	49.5%			-
	Katendi kogupaksus	28.0					Parandustegur Δ		

7. Objekti ehitustegevused

- Raadamine

Km 1.950…3.350 on kraavi pervel võsa ja mõned puud. Teemaa-ala puhastada võsast ja teostada puude raie.

- Kraavid

Osaliselt on kraavid olemas, kuid need on madalad, kohati umbe kasvanud ega täida oma ülesannet. Kogu tee pikkuses tuleb kaevata kas uued kraavid või olemasolevaid süvendada ja puhastada. Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Koos kraavide kaevamisega tuleb peenardelt eemaldada huumusekiht.

- Mahasõidud

Olemasolevad mahasõidud tuleb viia teega kokku kasutades purustatud kruusa. Ühegi mahasõidu all truupi ei ole, kuid see tuleb paigaldada: km 0.960 (parem), km 1.070 (parem), km 1.193 (parem), km 3.950 (parem), km 4.660 (parem).

- Mullatööd

Kurvides km 1.78…1.90, km 2.63…2.70, km 3.35…3.42, km 3.75…4.50, km 4.42…4.49 tuleb teostada kruusaga täitmist (keskmine ca 25 cm) tagamaks põikkalde 4…6% täitmist.

- Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%.

Km 1.95…3.50 paigaldada geovõrk, mille peale 20 cm killustikalust (4/32 või 4/63 mm). Killustikaluse eesmärk on täita dreenkihi ülesannet, kuna antud teelõik on ehitatud soode vahele, mistõttu on paikkond liigniiske. Geovõrgu ülesanne on takistada killustikaluse vajumist kruusa sisse, ühtlustada tekkivaid külmakerkeid ning suurendada katendi nihketugevust. Geovõrguks sobivad NAUE Secugrid 30/30 Q1, Tensar TX160, Enkagrid MAX 30, Huesker Basetrack Grid PP 30 või analoogsed materjalid

Km 0.777…1.95 ja 3.50…5.0 paigaldada 20 cm kruuspinnast vastavalt tabeli 3 katendiarvutusele. Kasutatav kruus peab vastama Tee ehitamise kvaliteedi nõuetes toodud näitajatele.

Km 5.0…5.351 teekatendit tugevdada ei ole vaja, kuid km 5.0 tuleb ühtlaselt eelneva lõiguga kokku viia.

Paigaldada kogu tee ulatuses 8 cm MSE20, mis katta kahekordse pindamisega. Teekatte laius 6.5 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.82	2 587.50	4 698.90
					Summa kantud kokkuvõttesse		**8 829.90**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	1400.00	1.54	2 160.90
					Summa kantud kokkuvõttesse		**2 160.90**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	10405.85	6.17	64 245.72
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	3510.00	3.94	13 829.40
30703	Geovõrk	m2, tug. 50kn		m^2	10540.00	2.57	27 114.15
					Summa kantud kokkuvõttesse		**105 189.27**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40501	Killustikalus paekivi 20cm	m2		m^2	10540.00	6.73	70 934.20
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^2	17909.10	3.15	56 413.67
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	250.00	4.16	1 041.00
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	30645.80	4.60	140 970.68
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	29731.00	3.57	106 161.08
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	150.00	7.14	1 071.22
					Summa kantud kokkuvõttesse		**376 591.84**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	40	m	35.00	95.60	3 346.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**3 346.00**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Lahavere - Jõeküla)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**8 830€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**2 161€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**105 189€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**376 592€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**3 346€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**496 118€**
käibemaks 20%	**99 224€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**595 341€**

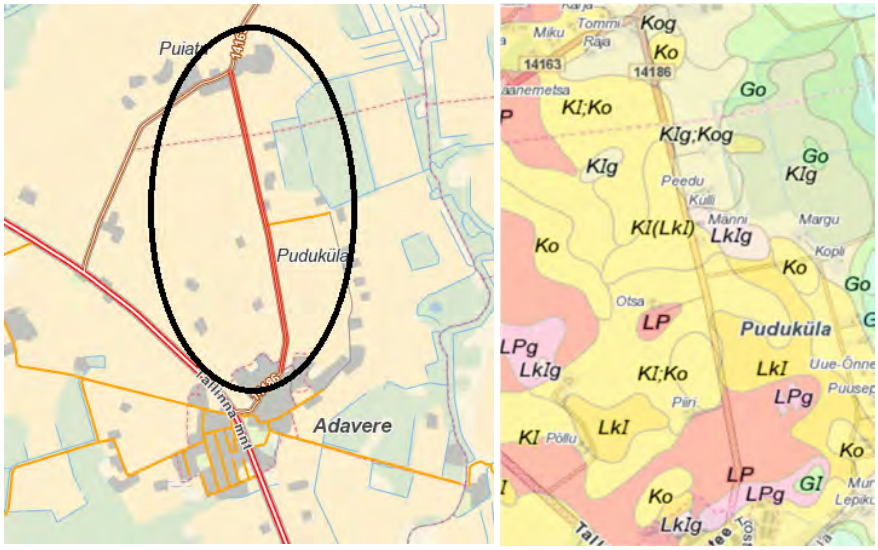
Tee nr. 14186 Adavere – Puiatu, km 0.56…2.99

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus (22.04.2018)
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel (27.04.2018);
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Joonistel 2 on kujutatud objekt asetatuna mullakaardile, mis võimaldab anda sellele esmase ülevaate esineva aluspinnase ja niiskuspaikkonna osas.



Joonised 1 ja 2. Tee nr. 14186 Adavere - Puiatu km 0.56…2.99 asukoht (Teeregister). Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet), millest järeldub, et tee on kas kuivas või kohati nõrgalt liigniiskes keskkonnas.

Kõnealune maantee paikneb leetjas muldade levikalal, kus esineb ka mõningal määral leostunud muldasid ja kahkjas leetunud muldasid. Eelkõige on tegu leetjate saviliiv ja liivsavi muldadega, kus metsakõdu sisuliselt puudub või esineb seda väga õhukese kihina (h=2 cm). Mullad on kas nõrgalt või keskmiselt koreselised (raudkiviveerised või rähk). Leostunud muldade lõimise järgi võime samuti öelda, et tegu on nõrgalt või keskmiselt koreseliste liivsavi muldadega. Kahkjate leetunud muldade lõimises võib samuti välja tuua, et tegu on nõrgalt koreselise liivsaviga.

Mullakaardi alusel saab järeldada, et tee paikneb kohati nõrgalt liigniiskes keskkonnas, seda kinnitavad gleistumise tunnused.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel võib maantee alguse km 0.0…0.600 liigitada asulasiseseks teeks ja seal AKÖL 2017 aasta loendustulemuste andmeil 286, kuid sealt edasi pole maanteele klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „4“.

Liiklussagedus 2017: 84 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 84%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 13%, arvuliselt vastavalt 71, 3 ja 10 a/ööp). Kuna maantee asub suurte põllumassiivide keskel ja põllumajandus ettevõtte läheduses, siis kasutab kõnealust teed kindlasti ka raske põllumajandustehnika. Ka ülevaatuse ajal toimusid põllutööd, mille käigus oli näha poolhaake tsisternautot.

Teeregistri andmetel on antud maanteel juhtunud kaks liiklusõnnetust samas asukoha km 1.000, üks 2010 kevadel ja teine 2012 aasta sügisel. Mõlemas õnnetuses puudusid vigastatud.

2017. a andmetele põhinedes **E_{vaj} = 154 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+10*3.76)*0.55 = 25,1 V_1/ööp].

Teeregistri järgi on aastal 2008 ehitatud purustatud kruusliivast (optimaalse terastikuga) alus ja aastal 2016 paigaldatud 12 cm uus kulumiskiht purustatud kruusast.

Katte laius kogu tee pikkuses on Teeregistri andmeil 7 m, objekti mõõtmiste põhjal väheneb see alates km 2.8 6.6 m peale.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 11 mahasõitu ja üks ristumine kohaliku teega (tabel 1).

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja iseloomustused

Asukoht	Parem/vasak pool	Liigitus	Laius	Mahasõidutee kate	Truubi olemasolu mahas.teel	Mahasõidutee kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
636	vasakul	muu	5,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
954	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
1117	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
1117	paremal	muu	6,0	katteta	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
1633	vasakul	eratee	3,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
1725	paremal	kohalik tee	5,0	kruus	truup on	piiramata otstarbega	6160069
1914	paremal	eratee	2,0	katteta	truup puudub	elukohta sissesõit	hoov
1957	paremal	eratee	3,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	hoov
2046	paremal	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	
2111	paremal	eratee	4,0	kruus	truup puudub	elukohta sissesõit	talu
2301	paremal	eratee	3,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	talu
2893	vasakul	eratee	4,0	kruus	truup on	elukohta sissesõit	hoov

Truubid:

Tee alt läheb läbi 6 truupi, mis kõik on vahetatud aastal 2016 ehk on väga heas korras (tabel 2).

Tabel 2

Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Ava läbimõõt	Seisukorra hinne	Materjal
646	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
1079	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
1412	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
1800	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
2665	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast
2849	2016	12,0	päiseid ei ole	0,4	väga hea	plast

3. Tee visuaalse vaatluse info

Visuaalselt oli tee väga heas korras, kandevõimepuudusele viitavaid probleeme ei täheldatud (fotod 1 ja 2). Üldiselt olid mõlemal pool teed kraavid. Ainus halvemas konditsioonis koht oli ca km 2.0, kus paremal pool ei ole veel võimalik teekattelt ära voolata ja kuhu on seetõttu tekkinud augud ja seisva veega loigud (fotod 3 ja 4).

Fotod 1 ja 2. Suures osas oli tee väga heas korras.

Fotod 3 ja 4. Ainus visuaalselt eristatav probleem oli ca km 2.0 juures, kus vesi ei saa kattelt ära voolata ja mistõttu olid tekkinud augud ja seisva veega loigud.

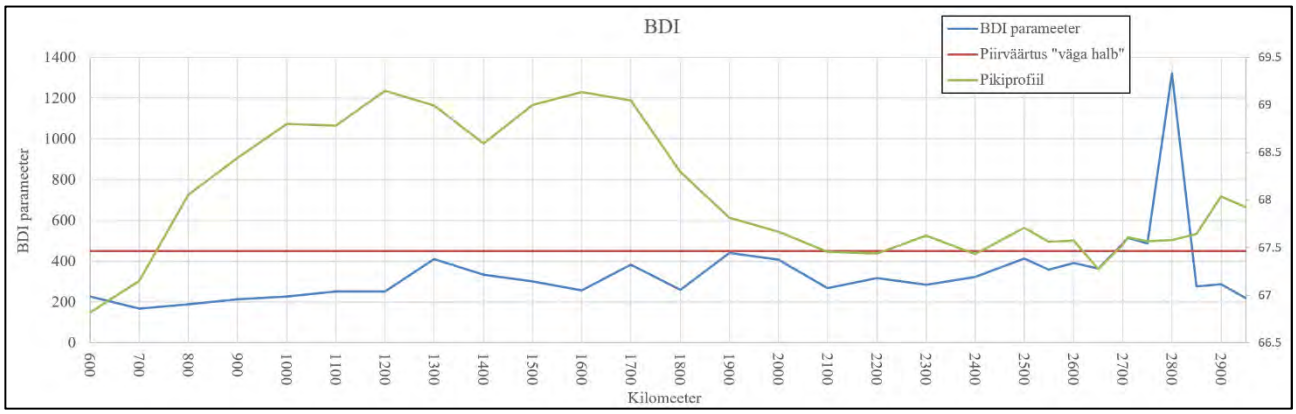
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti teel 27.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 3. Arvestades mõõtmistingimusi (teekate oli märg), on tulemus väga hea. Teekatend on pigem piisava kandevõimega. Kui sellele paigaldatakse peale tolmuvaba kate, lõigatakse ära vihmavee juurdepääs katendisse, mis tõstab selle kandevõimet märgatavalt. Erandiks on km 2.8 mõõtmispunkt, kus on ka SCI ja BDI väärtused ülikõrged (joonised 4 ja 5).

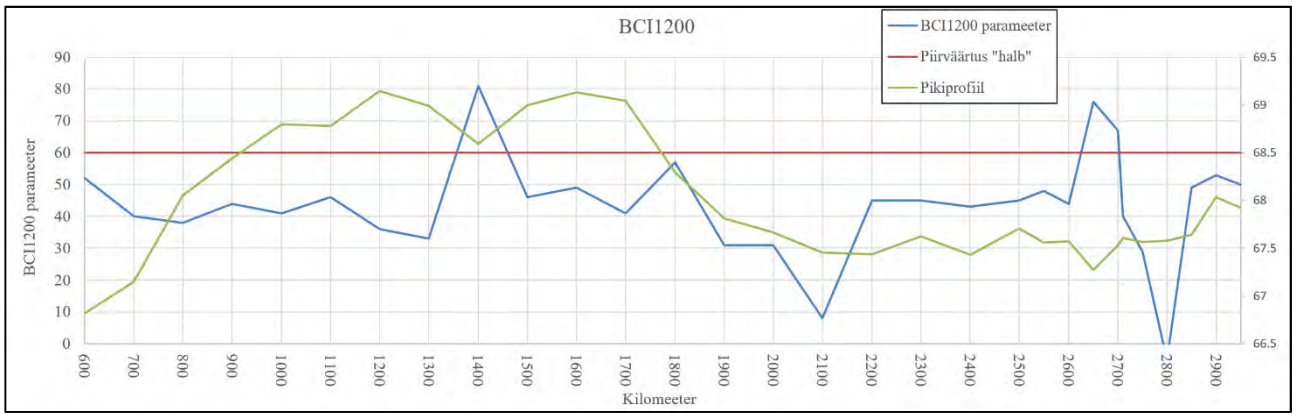
Kandevõimetulemuste analüüsist järeldub, et kui km 2.8 välja arvata, on tee kandevõime pigem piisav ning kruusatee on sobilikus seisukorras tolmuvaba katte ehitamiseks.

Joonis 3. Mõõdetud kandevõime. Rohelisega on näidatud mõõtmispunktidest registreeritud absoluutkõrgus võimaldades joonistada nii pikiprofiili.

Joonis 4. SCI300 väärtus näitab, et teekate on heas seisukorras hoolimata sellest, et kate oli mõõtmisajal märg. Silma paistab siiski km 2.8 juures olev järsk hüpe.



Joonis 5. Ka BDI väärtus näitab, et teekate on pigem heas seisukorras ja et kevadine aeg ei ole teekatendit muutnud väga pehmeks. Ka siin paistab silma km 2.8 juures olev järsk hüpe.



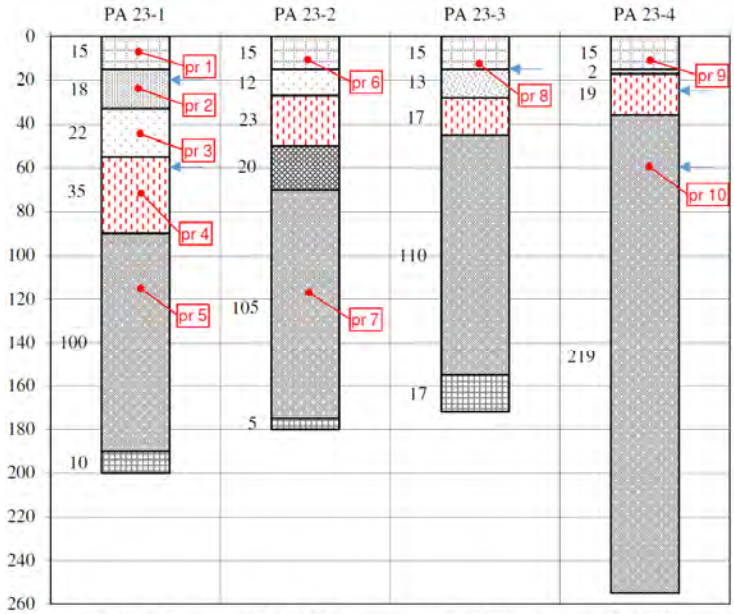
Joonis 6. BCI1200 parameeter viitab, et mõningates kohtades võib olla teekatendi all mulda või muud nõrka materjali. Km 2.8 väärtus ei ole tõene, kuna andurid kas ei ole taastunud suurest läbipaindest piisavalt kiiresti, või on mõõtmistulemust tagumiste andurite piirkonnas häirinud miski muu.

5. Ehitusgeoloogia ja maaradar

Teekonstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, grSa ja sasiGr), mille all esineb 17…35 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen. Selle voolavuspiir W_L = 25,9%, plastsuspiir W_P = 18,1%, plastsusarv I_P = 7,8. Uuringu ajal oli savimöllmoreeni looduslik niiskus Wn=12,4% võetuna PA 23-4.

Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud, kuid moreeni pealispinnale ja liivasematesse tsoonidesse võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett.

Kandevõimemõõtmise ajal oli kahtlus, et km 2.8 (ehk PA 23-4) nõrk kandevõime (44 MPa) on põhjustatud õhukesest katendikihist ja selle all olevast mullast või savist. Kahtlus sai kinnitatud. Tõenäoliselt olid materjalide veesisaldused mõõtmisajal (märgatavalt) kõrgemad, kui niiskusproovide võtmise ajal (aprilli lõpp *vs* mai lõpp).

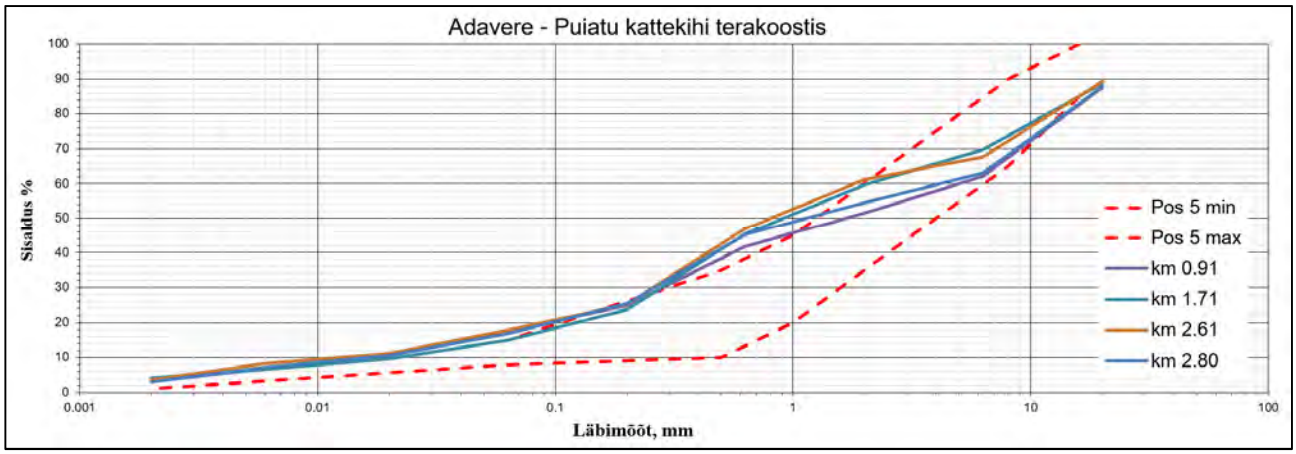


Kandevõime	174 MPa	115 MPa	118 MPa	44 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 23-1 km 0,91 pp	PA 23-2 km 1,71 pp	PA 23-3 km 2,61 pp	PA 23-4 km 2,8 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15
Kruusliiv tolmne			13	2
Peenliiv	18			
Kruusliiv	22	12		
Muld, mölline	35	23	17	19
Möll, savikas		20		
Savimöllmoreen, kruusa 5-30%	100	105	110	219
Murenenud liivakivi	10	5	17	

Maaradari järgi on teekatendi paksus suuresti vahelduv (joonis 7), kuid mingil määral on visuaalne pilt moonutatud seoses sellega, et joonis on kokku surutud. Katendi paksuse ja mõõdetud kandevõime vahel näeb ka seost – kandevõime on kõrgem kuni km 1.3 ja sealt maalt alates väheneb ka keskmine katendi paksus.

Joonis 7. Maaradari järgi on katendi paksus suuresti vahelduv.

Kattekihi terakoostis on esitatud joonisel 8, mille järgi on kruus ühtlase koostisega ja väljub kergelt pos 5 sõelkõveraväljast.



Joonis 8. Kattekihi kruusa terastikulised koostised.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Tee seisukord ja kandevõime on suhteliselt head, mis võimaldaks kogu pikkuses peale kanda tolmuvaba katte. Nõrgem piirkond on km 2.45…2.85, mille sees saadi vaid 44 MPa punktist km 2.80. Selle põhjuseks on õhem katend, langev tee profiil, mis on maapinnaga tasa või isegi sellest allpool (foto 4), mis põhjustab vee kogunemise antud piirkonda.

Foto 4. Puuraugu tegemine km 2.8 juures, millest nähtub, et tee on olemasoleva maapinnaga tasa, või isegi sellest allpool.

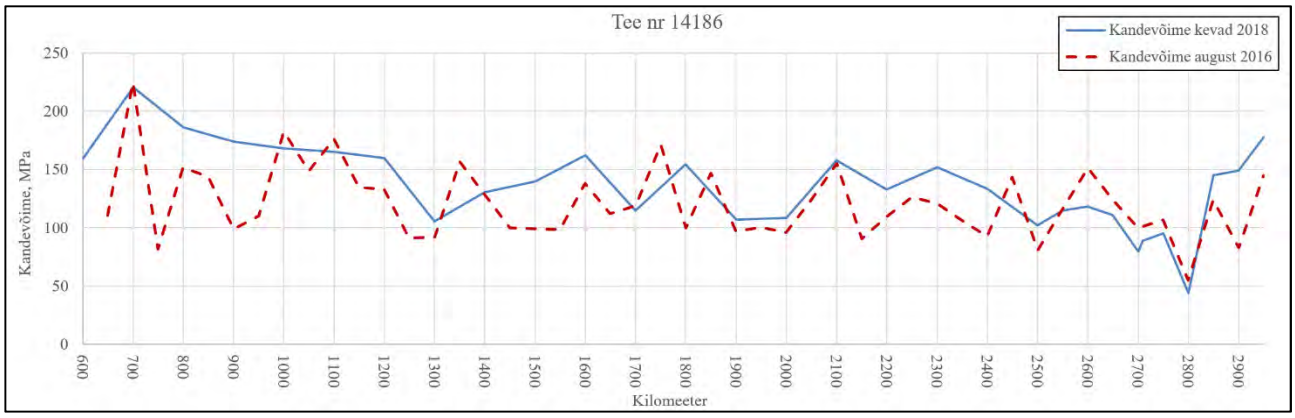
Huvitava võrdluse saab teha kandevõimemõõtmistest, mis tehti samal teel aastal 2016 augustis enne, kui kulumiskihti oli uuendatud ja kraavid kaevatud (ehk enne kruusatee remonti). Mõõtmistingimused olid sarnased, kui 2018 kevade mõõtmised, kuna aastal 2016 oli teekate märg (foto 5) ja enne mõõtmisi oli olnud vihmaperiood.

Foto 5. Käsitletava objekti olukord aasta 2016 augustis, kui tehti kandevõimemõõtmised

Võrdlevad tulemused on esitatud joonisel 9, millest nähtub esiteks, et ka siis oli km 2.8 juures nõrk kandevõime. Muudes punktides on üldise trendi osas kandevõime suurenenud: keskmine väärtus aastal 2016 oli 122 MPa ja aastal 2018 135 MPa. Erinevuseks on see, et objektile on kaevatud kraavid ning paigaldatud on 12 cm uus kulumiskiht. Tehes Odemarki meetodiga tagasiarvutuse saadakse, et optimaalse kruusa elastsusmoodul on 180 MPa, just nagu kirjas Elastsete teekatendite projekteerimise juhendis.

Kandevõime ei ole siiski kõikides punktides suurenenud, näiteks selgelt eristub km 1.9…2.1. Kandevõimemõõtmise tulemustest nähtub, et alati ei piisa ainult 12 cm uue kulumiskihi paigaldamisest, nagu seda kruusateede remontimisel tihti tehakse, vaid olenevalt kohast on vaja ette võtta täiendavaid meetmeid.

E_A MPa	h m	E MPa	E_{max} *MPa*	Ep MPa	Selgitus
122	0	122	*732*	122.0	Aluspinnas
122.0	0.12	180	*732*	135.4	Optimaalne kruus



Joonis 9. 2016 ja 2018 võrdlevad mõõtmised.

7. Objekti ehitustegevused

- Kraavid

Suurel osal teest on kraavid olemas, kuid need tuleb puhastada.

Km 1.8…2.15 tuleb paremale poole kaevata kraav ja paigaldada mahasõitude alla truubid: km 1.914, km 1.957, km 2.046 ja km 2.111.

- Mahasõidud

Olemasolevad mahasõidud tuleb viia teega kokku kasutades purustatud kruusa.

- Katend

Uuringutega tuvastati, et üldiselt on tee kandevõime hea, mis suureneb siis, kui paigaldatakse tolmuvaba kate, kuna see takistab pinnavete sisseimbumist teekonstruktsiooni.

Km 2.8 ümbruses on kandevõimepuudus, mis on tingitud samaaegselt ebasoodsast veerežiimist, õhukesest katendist ja niiskustundlike materjalide olemasolust. Lahendusena tuleb mõlemale poole km 2.8-st 50 m ulatuses (ehk km 2.75…2.85) ja kogu tee laiuses (7 m) paigaldada peale 20 cm paksune kruusakiht (pos 1…4) vastavalt katendiarvutusele tabelis 3. Ülejäänud tee osas võib esitada tabelis 4 oleva katendiarvutuse.

Kogu ülejäänud tee tuleb profileerida ja hööveldada sügavamalt kui on teel esinevad augud või min 5 cm.

Paigaldada MSE20 + 2x pindamine (märkuseks, et käsitletavale lõigule eelneval lõigul on teekatteks pinnatud mustsegu (Teeregistri andmetel aastast 1960!), mis on õigustanud end hästi).

Teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

Tabel 3

Katendiarvutus km 2.75…2.85

Koormussagedus: 25.12 normtelge ööp/rajale			Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			-4.2%	116.53	154.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0					116.53		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0436	0.0810	46.2%	93.72		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0293	0.0607	51.8%			-
	Katendi kogupaksus	31.0					Parandustegur Δ		

Tabel 4

Katendiarvutus, kui kruuskattele lisatakse mustsegu

Koormussagedus: 25.12 normtelge ööp/rajale			Pinnas: GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv		**130.0**					42.0	0.007	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			38.8%	168.85	154.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0					168.85		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	Nihkepinged	0.0426	0.2885	85.2%	139.53		
	GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0410	0.0496	17.4%			-
	Katendi kogupaksus	18.0					Parandustegur Δ		

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	481.25	6.17	2 971.24
30201	Kraavide puhastamine	m		m	4510.00	5.15	23 203.95
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	140.00	13.39	1 874.63
					Summa kantud kokkuvõttesse		**28 049.82**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	300.00	4.16	1 249.20
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	16281.00	4.60	74 892.60
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	15795.00	3.57	56 399.52
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	200.00	7.14	1 428.29
					Summa kantud kokkuvõttesse		**133 969.61**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50209	Torude väljavoolude kindlustamine			tk	8.00	350.00	2 800.00
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	40	m	28.00	95.60	2 676.80
					Summa kantud kokkuvõttesse		**5 476.80**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Adavere - Puiatu)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**28 050€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**133 970€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**5 477€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**174 422€**
käibemaks 20%	**34 884€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**209 306€**

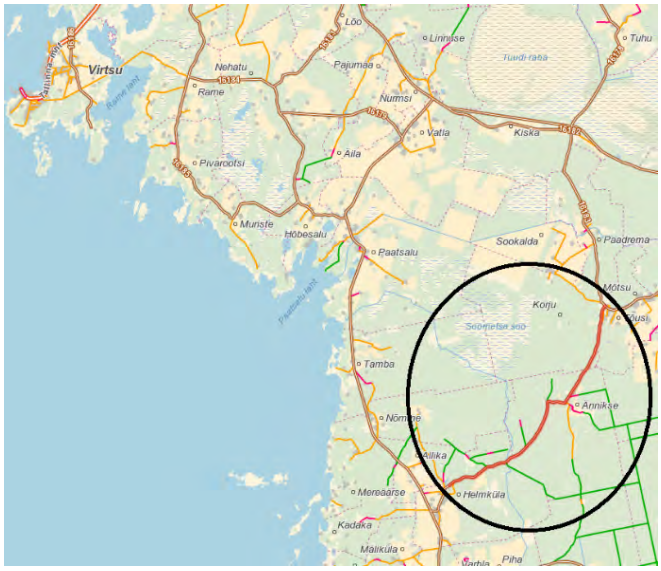
19134 Varbla – Väänja km 1.22…9.943 (8.723 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1.

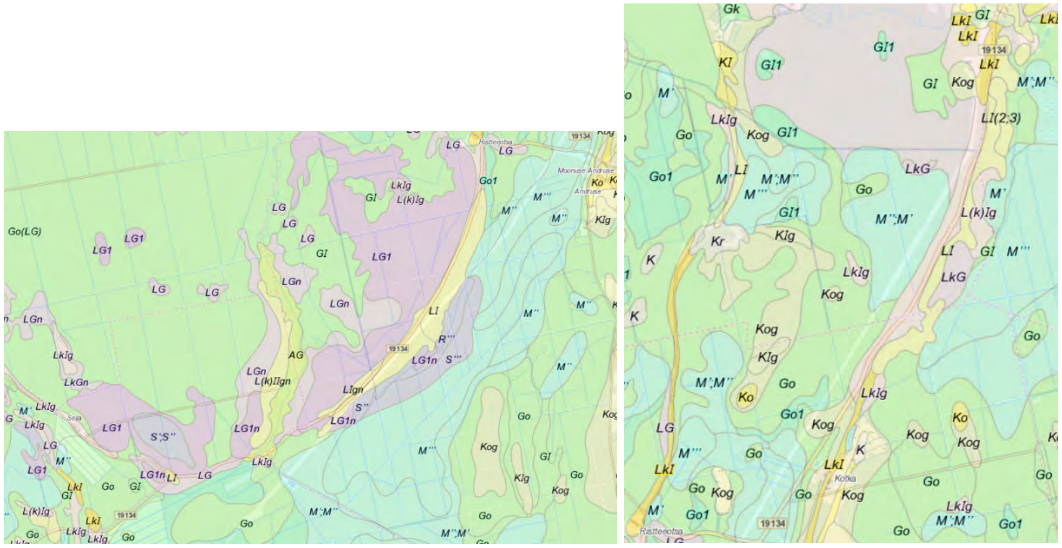


Joonis 1. 19134 Varbla – Väänja km 1.22…9.943 asukoht (Teeregister).

Tee asetatuna mullakaardile on näidatud joonisel 2, millest nähtub, et tee asub suures osas väga lähedal madalsoole, kuid paikneb siiski enamasti mineraalpinnasel. Tee alal levivateks muldadeks on esimeses pooles valdavalt Go ja LI, keskel madalsoomuld ning teises pooles valdavalt L(k)Ig ja LI:

- Go – leostunud gleimuld, mida iseloomustatakse kui alaliselt (keskmiselt) liigniisked mullad, kus liigniiskus on tingitud pidevalt mullaprofiili ulatuvast põhjaveest;
- LI ja L(k)Ig on leedemullad, mis on ajutiselt (nõrgalt) liigniisked liivmullad.

Leostunud gleimuldade ja madalsoomuldade levikualal on tee liigniiskes keskkonnas, kus tõenäoliselt on kogu teekatend kevadel üleniiskunud – taoline olukord on seega tee alguses ja keskel.



Joonis 2. Tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „4“.

Liiklussagedus 2017:

92 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 80%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 17%, arvuliselt vastavalt 73, 3 ja 16 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega on tõenäoliselt oodata liiklussageduse kasvu, kuna teed saab hakata kasutama otseteena. Tee vaatluse ajal 2018 kevadel oli tee ääres erinevates kohtades metsatööd ja tõenäoliselt on raskeveokite osakaalu andnud metsavedu. Piirkonnas on suured metsamassiivid, mistõttu tuleb teekatend dimensioonida minimaalsest siirdekatendi väärtusest E = 130 MPa suuremana.

Lõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 166$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+16*3.76)*0.55 = 37.5 V_1/ööp].

Teeregistris katendikihtide osas infot ei ole. Kattekihtide osas on teada, et aastal 2009 on paigaldatud uus kulumiskiht purustatud kruusast. Vaadeldavale teelõigule eelneb pinnatud mustkate, mis on ehitatud aastal 1970. See oli visuaalse vaatluse alusel väga ebatasane, kuid pragusid ega muid defekte ei esine.

Teeregistri alusel on katte laius 7.0 m. Tegelikkuses peaks teekatte laiuseks arvestama kuni 6.5 m, kuigi on ka lõike, mille laiuseks on üle 7 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 17 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truup	Kasutus	Märkus
2678	vasakul	muu	3,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu	
3298	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega	
4143	paremal	muu	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
4198	vasakul	muu	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
4610	paremal	muu	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
4976	paremal	muu	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
5400	vasakul	muu	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
5852	vasakul	muu	4,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	Metsavaht.
6404	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	karjäär	Ennikse karjääri.
6659	paremal	eratee	3,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit	
6851	paremal	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
7825	paremal	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
9405	paremal	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
9469	paremal	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu	
9659	vasakul	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
9725	paremal	eratee	2,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
9783	paremal	eratee	3,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	

Truubid:

Objektil asub 7 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2, millest nähtub, et truubid on väga heas seisukorras, kuid km 9.252 truup vajab puhastamist.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Truubi pikkus	Päised	Ava 1 läbimõõt	Ava 2 läbimõõt	Seisukord
2469	1	2009	10,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	väga hea
3164	1	2009	10,0	päiseid ei ole	0,5		väga hea
3284	1	1982	11,0	päised on	1,5	0,0	väga hea
6418	1	2009	10,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	väga hea
7093	1	2009	12,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	väga hea
7557	1	2003	11,0	päiseid ei ole	0,5	0,0	väga hea
9252	2	1965	10,0	päised on	1,5	1,5	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee on maapinnaga enamasti samal tasemel. Pinnavete ärajuhtimiseks oleks vaja kaevata ja nõrgemates kohtades teed tõsta. Teelõigu alguses on vett ümbruskonnas palju, mis on tõenäoliselt tingitud lähedalasuvast soost, kuid vesi voolab ehk teekraavid on ühendatud kuivendussüsteemiga. Olukorra paremaks hindamiseks oleks vaja koostada kuivendusprojekt (foto1 ja 2).

Fotod 1 ja 2. Vahemikus km ca 1.8…3.0 on probleeme liigveega.

Km 2.1 on paremal pool mahasõidu truup umbes ja takistab vee äravoolu. Km 2.1…2.5 on piirkond väga märg. Seda ei saa lahendada vaid teeäärsete kraavidega ja peaks vaatama piirkonda suuremalt. Siin on seetõttu ka kandevõimed madalamad.

Km 2.7 on jälle märg, teekonstruktsioon on veeküllastunud, tee keskel augud. Kandevõimemõõtmisel maa veidi õõtsub ehk kogu konstruktsioon on üleniiskunud. Lahenduseks võiks olla olemasoleva kattekruusa terastikulise koostise muutmine segades sinna sisse jämetäitematerjali (tee kattekiht näib väga liivane), mille peale paigaldatakse uus kulumiskiht.

Teine väga märg piirkond on ca km 6.0…7.2. Tee on veidi madalamal ja mõlemal pool seisab vesi. Km 6.3…6.8 on turvast, tee on väga madalal ja vesi kõrgel.

- km 6.5 on tee keskel külmakerkekahjustused.
- km 6.7 on truup umbes ja vajab tõenäoliselt ka vahetamist (foto 3).
- km 6.85 on tee keskel külmakerkekahjustused.
- km 6.9…7.2 on ka nõrgem piirkond, kuid tee asub veidi kõrgemal (konstruktsioon paksem).

Visuaalse vaatluse alusel tuli seega välja kaks nõrgemat ja liigniisket piirkonda: km 1.8…3.0 ja 6.0…7.2. Ülejäänud tee asub liivasel ja kuivemas piirkonnas, mida võiks iseloomustada fotoga 4.

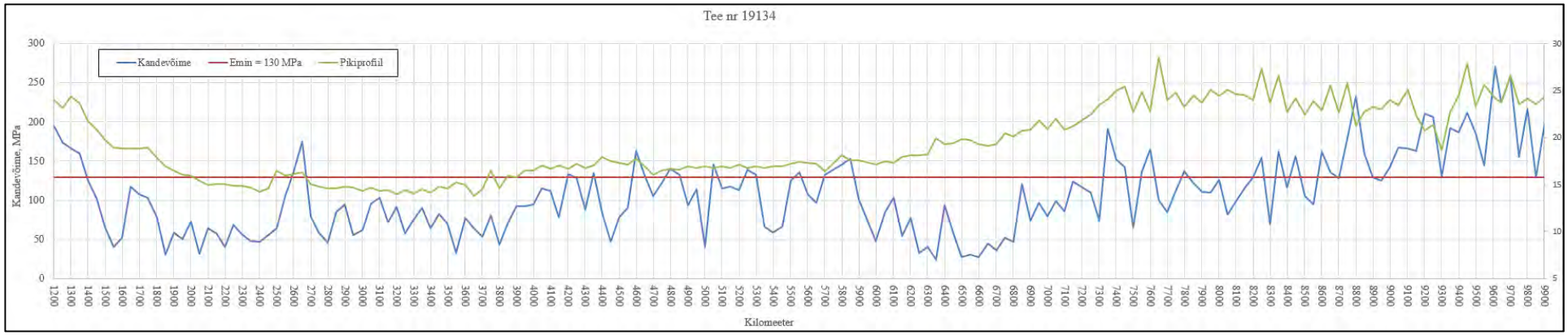
Fotod 3 ja 4. Km 6.7 on truup umbes ja vajab vahetust (Teeregister andmeid selle truubi kohta ei sisalda). Ülejäänud teed saaks iseloomustada foto 4 järgi – ümbruskond on kuiv, mida ümbritseb männimets.

4. Kandevõime

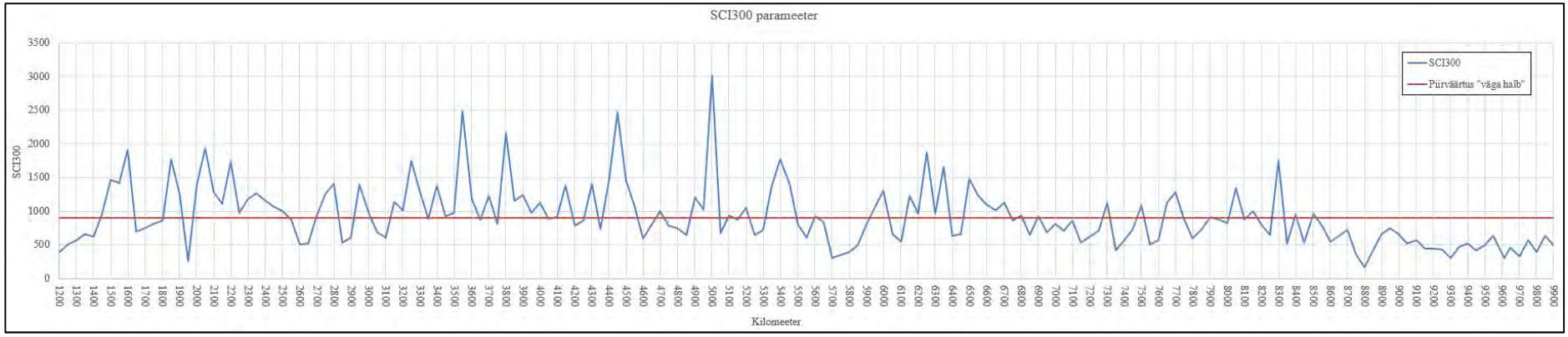
Kandevõime mõõdeti 01.05.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Tulemustest nähtub, et pea kogu teel on kandevõime oluliselt madalam, kui vajalik. Eriti joonistuvad välja piirkonnad km 1.8…3.8, kus kandevõime on vaid ca 50 MPa ja km 6.0…6.8, kus kandevõime on isegi madalam. Nõrkasid punkte oli siiski kogu teepikkuses, kuid kandevõime tõuseb selgelt alates km 8.6.

Kandevõimeprobleemidele annab paremini selgust vajumikausi parameetrid SCI, BDI ja BCI, mille tulemused on kujutatud joonistel 4…6.

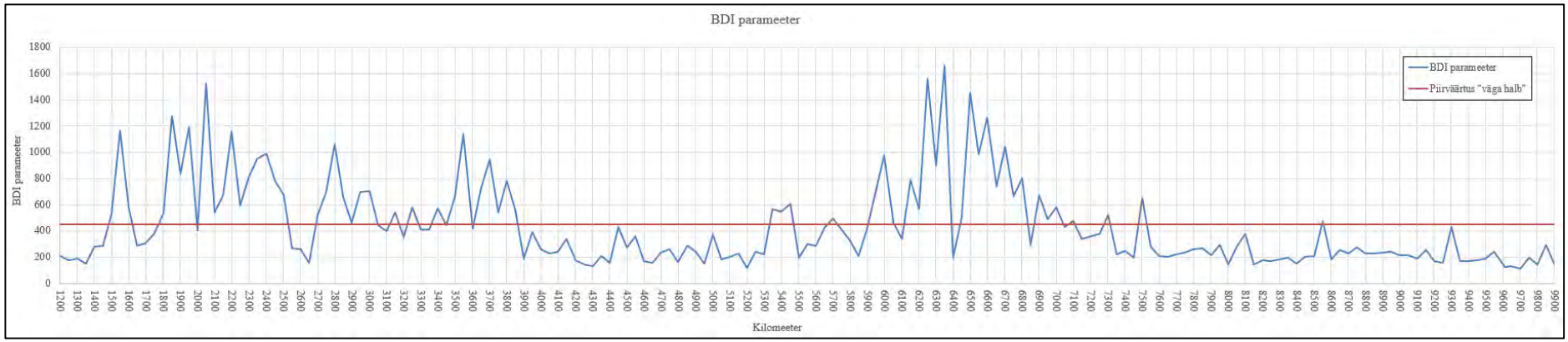
- vaadates kandevõime tõusu alates km 8.6 nähtub, et see on ainus piirkond, kus SCI väärtus on veenvalt alla kriitilise piiri. Kõikjal mujal on SCI väärtus (ehk piirkond teekattest 0…300 mm) suures osas „väga halb“ ehk kattekruus on mõõtmise ajal olnud liigniiske, mis on mõjutanud tugevalt ka mõõdetud kandevõimet. Sellest tuleneb kaks järeldust: pinnavete drenaaž on ebapiisav ja kasutusel olev kruuspinnas on tugevalt niiskustundlik.
- joonistelt 5 ja 6 tulevad välja piirkonnad km 3.9…5.9 ja km 7.6…9.9, kus parameetrid jäävad allapoole kriitilist piiri. Seega põhjustab madalat kandevõimet nendes piirkondades eelkõige pehme kattekruus. Kandevõime paraneb märkimisväärselt kohe, kui tagatakse parem pinnavete äravoolamine koos uue kulumiskihi rajamisega.
- madalad kandevõimed km 1.8…3.8 ja km 6.0…6.8 on jooniste 5 ja 6 kohaselt tingitud liigniiskest keskkonnast, mistõttu kogu konstruktsioon on vett täis.
- lihtsustatult öeldes oleks vaja km 1.8…3.8 ja km 6.0…6.8 teed tugevdada ning ülejäänud osades piisaks kulumiskihi uuendamisest ja kraavide rajamisest. Joonisel 3 on siiski näha mõningaid muid punkte, mille kandevõime on madal, kuid mis jäid siin käsitlemata. Nende osas tehakse analüüs peatükis 6.



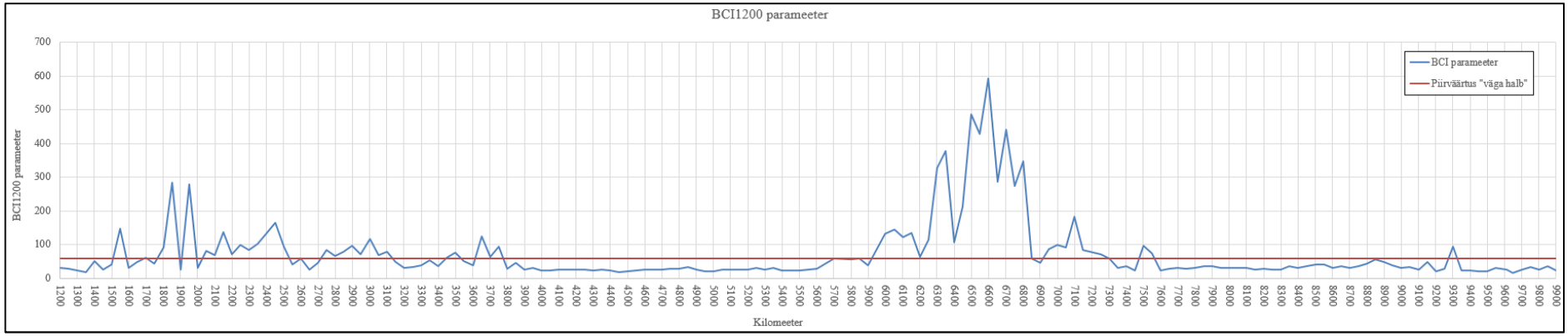
Joonis 3. Enamuses teest jääb mõõdetud kandevõime veenvalt alla vajalikule…



Joonis 4. …kuid SCI parameetri kohaselt on see tingitud liigniiskest kattekruusast.



Joonis 5. BDI parameeteri kohaselt eristuvad eelkõige piirkonnad km 1.8…3.8 ja 6.0…6.9, kuid leidub veel teisigi probleemseid kohti.



Joonis 6. BCI parameeter sobitub hästi kokku BDI parameetri alusel tehtud järeldusega, et väga madala kandevõime põhjuseks on üleniiskunud teekatend.

4. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruanne võtab olukorra teega kokku järgmiselt:

„Uuritud kruusatee paikneb Lääne-Eesti rannikumadaliku lõunaosas. Ala reljeef on väheldase tõusuga edelast kirde suunas (Helmküla poolt Tõusi küla poole). Uuringuala edelapoolses osas ristub teega Küti jõgi ning uuringuala kirdepoolses osas voolab teega paralleelselt teest mõnesaja meetri kaugusel idas Korju jõgi, mis ristub teega uuringuala lõpuosas. Uuritud kruusatee ümbruses esineb maaparanduse eesmärgil rajatud tihe kuivenduskraavide võrgustik.“

„Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, grSa, grclSa, sasiGr ja saclGr), mille all esineb 5-20 cm paksune orgaanilist ainet sisaldav peenliiva kiht ning puuraukudes PA24-5, PA24-6 ja PA24-7 esines turvas/turbamuld paksusega 35-205 cm. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul peamiselt peenliiv ja möll.“

„Pinnasevee tase mõõdeti puuraukudes välitööde ajal 0,65...2,00 m sügavusel kruusatee pinnast (veetaset reguleerib ümbruskonnas olev tihe vooluveekogude võrgustik). Tee kõrvale on kohati rajatud kuivenduskraavid.“

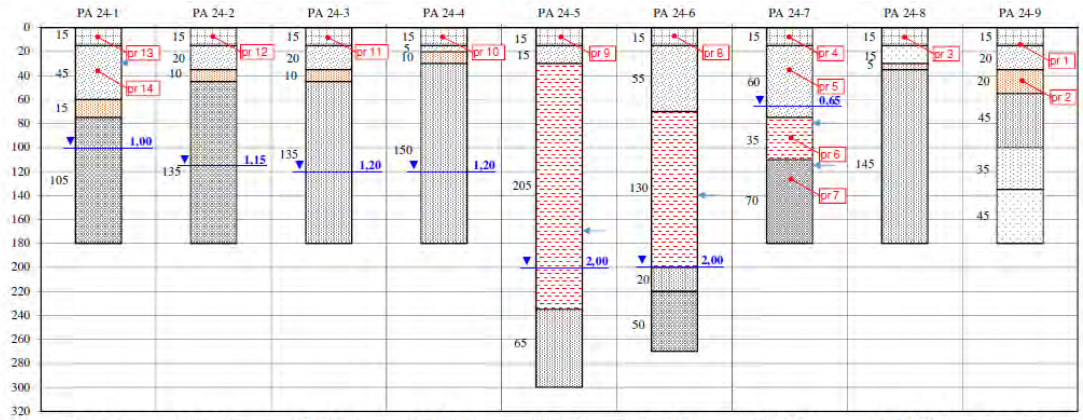
Tee ristlõiked uuringupunktidest on näidatud tabelis 3. Pinnasevesi ulatub paljudes uuringupunktides ülespoole külmumispiiri, teekatendis sisalduv materjal on väga külmaohtlik ja niiskustundlik (tolmne kruusliiv). Võrreldes omavahel PA 1…4 nähtub, et teekatend on sarnane, kuid arvestades mullakaardi infot, siis peamine põhjus erinevale kandevõimele PA 1 ja 2 vs PA 3 ja 4 peab tulema sellest, mis niiskusolud valitsevad ümbruskonnas.

Huvitava võrdluse saab PA 5 ja 6 vahel, kus teekatendi on 30 cm vs 70 cm, kuid kandevõime sisuliselt sama. See on ilmekas näide sellest, kui tugevalt mõjutab veesisaldus teekatendis sisalduvat tolmset kruusliiva.

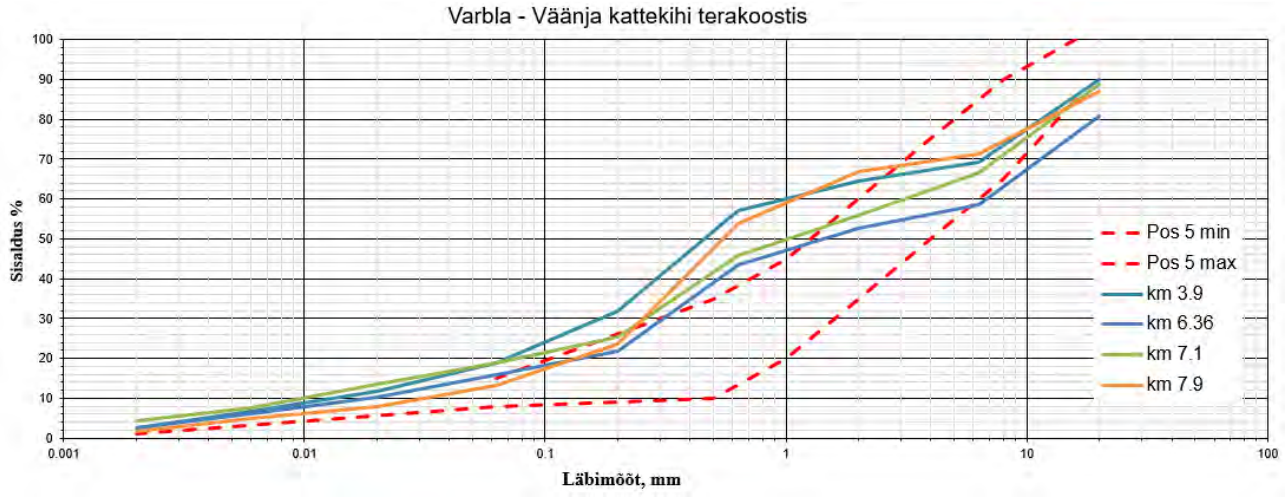
Joonisel 6 on esitatud kattekruusa terastikulased koostised. Kõik proovid mahuvad ülemise ja alumise sõelkõverajoone (km 3.9 ja 6.39) vahele olles seega väga liivased ja sisaldades samaaegselt ettenähtust enam peenosiseid. Taoline kruus on koormuse all kergesti deformeeruv ning on niiskus ja külmatundlik.

Tabel 3

Tee ristlõiked puuraukude järgi



Kandevõime	64 MPa	62 MPa	92 MPa	122 MPa	24 MPa	27 MPa	86 MPa	111 MPa	187 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 24-1 km 2,1 pp	PA 24-2 km 3,0 pp	PA 24-3 km 3,9 pp	PA 24-4 km 4,75 vp	PA 24-5 km 6,36 vp	PA 24-6 km 6,6 pp	PA 24-7 km 7,1 pp	PA 24-8 km 7,9 pp	PA 24-9 km 9,4 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Kruusliiv								15	
Kruusliiv, toimne	45	20	20	5	15	55	60		20
Peenliiv, orgaanikaga	15	10	10	10				5	20
Turvas, turbamuld					205	130	35		
Peenliiv			135	150	65	20		145	45
Mõll	105	135				50			
Jämeliiv									35
Kruusliiv									45
Savimõllmoreen, kruusa 20-30%							70		
veetase (15.05.2018)	1,00	1,15	1,20	1,20	2,00	2,00	0,65		



Joonis 7. Kattekihi terastikulised koostised.

5. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõimemõõtmise põhjal oleks vaja km 1.8…3.8 ja km 6.0…6.8 teed tugevdada:

- km 1.8…2.5 – kandevõimeks arvestada 50 MPa;
- km 2.8…3.8 – kandevõimeks arvestada 60 MPa;
- km 6.0…6.8 – kandevõimeks arvestada 40 MPa;
- ülejäänud teele piisaks kulumiskihi uuendamisest ja kraavide/nõvade rajamisest.

Nimetatud piirkondadest jäid välja veel järgmised punktid, kus oli ümbritsevast selgemalt madalam kandevõime:

- km 1.550 (40 MPa) – tegemist on mõõtmispunktiga sisekurvist, kus tee oli ära vajunud ja kuhu valgub ka pinnavesi;
- km 4.450 (47 MPa) – liivane koht (foto 5);
- km 5.00 (40 MPa) – liivane koht (foto 6);
- km 5.35…5.45 (66, 59 ja 66 MPa) – probleemiks on tõenäoliselt liigniiskus, lahenduseks kraav;
- km 7.30 (74 MPa) – probleemiks on tõenäoliselt liigniiskus, lahenduseks kraav;
- km 7.50 (66 MPa) – probleemiks on tõenäoliselt liigniiskus, lahenduseks kraav;
- km 8.30 (69 MPa) – liivane koht sarnaselt fotodele 5 ja 6.

Fotod 5 ja 6. Näib, et mõningates kohtades on tee sõidetud või hööveldatud laiemaks, mistõttu tee ääred on liivased, mis võivad halbade kokkusattumuste tingimusel osutuda isegi ohtlikeks.

Sobilikuks katendilahenduseks nõrkadele piirkondade (km 1.8…2.5, km 2.8…3.8 ja km 6.0…6.8, kokku 2.5 km) on tabelis 4 esitatu koos geovõrgu kasutamisega. Killustikalus annab kandva ja dreeniva kihi ning geovõrk tagab katendiarvutuses arvestatud nõrgemate kohtade tugevdamise ja võimaldab ühtlustada külmakerkeid.

Ülejäänud tee osas oli probleemiks eelkõige pinnavete ärajuhtimine (mistõttu oleks vaja kaevata kraavid/nõvad ja/või tõsta teed kõrgemale) ja liialt liivane kruusakiht, mille parandusvariantideks on:

- variant 1: olemasoleva kruusakihi terastikulise koostise muutmine jämetäitematerjali lisamisega kasutades segamisfreesi. See oleks eelistatud variant, kuna tagab parema tulemuse läbi kõrgema deformatsioonikindluse ning teekatendi ühtlustamise. Juurde oleks vaja segada 50% ulatuses killustikku fr. 16/32, mis annab joonisel 8 kujutatud terakoostise, mis on sarnane pos. 6 piiridega. Segamisega tekib tõenäoliselt liivafraktsiooni veidi juurde, kuid kruusa omadused paranevad sellegipoolest märkimisväärselt. Kokku peab kruusa-killustikusegu kihipaksus olema vähemalt 20 cm.

- variant 2: uue pos. 6 kruusakihi paigaldamine. Liivased kohad km 4.45, km 5.00 ja km 8.3 (kokku ca 150 m ca 2 m laiuselt ehk 300 m^2) tuleb eelnevalt kas uue materjaliga asendada või tuleb sinna segada sisse jämetäitematerjali.

Tabel 4

Katendiarvutus nõrga kandevõimega kohtades

Koormussagedus: 37.28 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 3, liigniiske (märg)		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

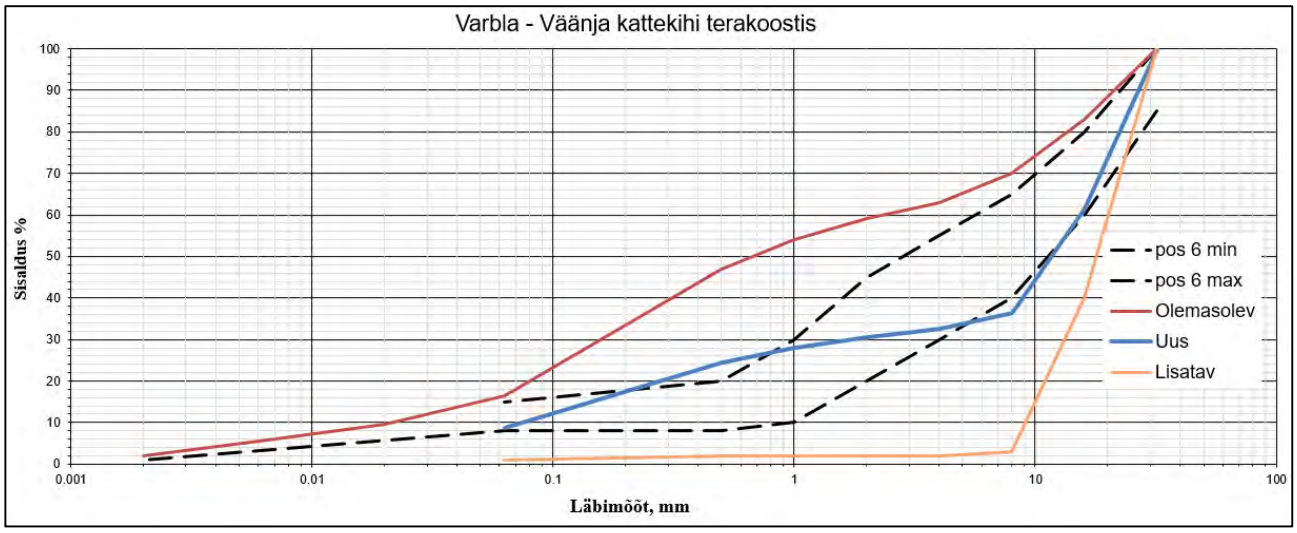
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Bit.stab. kiht asfaldipurust teel segatud - BS	8.0	500							
2	Reakillustik, mittestandardne killustikuseg	25.0	200					45.0	0.040	9.0
ALUS	B - tolmliiv		**59.1**					33.9	0.011	3.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			1.8%	133.50	166.00	
1	Bit.stab. kiht asfaldipurust teel segatud - BS	8.0					133.50		
2	Reakillustik, mittestandardne killustikuseg	25.0					104.86		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0251	0.0319	21.5%			0.807
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		0.000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	36
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	6
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	5.0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	9.4
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	130	8. Külmakindluse varu %	-56.2%



Joonis 8. Lisades olemasolevale kattekruusale juurde 50% ulatuses killustikku fr. 16/32, vähendatakse oluliselt selle peenemate osakeste osakaalu, mis muudab segu vähem niiskustundlikumaks tagades teekatendi kõrgema deformatsioonikindluse.

6. Objekti ehitustegevused

Kraavid

Niisketes ja nõrga kandevõimega kohtades on kraavid olemas

- paremal pool km 2.15…2.45, km 2.7…2.9, km 3.1…3.2, km 4.9…5.1, km 5.5…5.8, km 6.05…6.3 ja km 6.9…7.3.
- vasakul pool km 2.1…3.3, km 4.9…5.8, km 6.15…6.8, km 7.1…7.65 ja km 8.35…8.6.

kuid kevadel olid vähemalt osad neist täielikult veega täitunud. Ehitusgeoloogiline uuring tõi välja, et kruusatee ümbruses esineb maaparanduse eesmärgil rajatud tihe kuivenduskraavide võrgustik. Seega ei ole võimalik olemasolevate kraavide süvendamisega niiskusolukorda enam parandada, kuid kraavid tuleb puhastada. Üle tuleb vaadata kõik truubid, kuna kui need on umbes, ei pääse üleliigne vesi voolama – km 2.1 paremal pool olev mahasõidu truup oli umbes ja km 6.7 tee alt läbi viiv truup väga halvas seisukorras.

Kraav oleks vaja kaevata vähemalt (kuid seda võivad kohati takistada tee ääres jooksvad maa-alused kaablid):

- paremal pool: km 1.8…2.15, km 3.3…4.6 (vaja on paigaldada truup mahasõidu km 3.3 alla);
- vasakul pool: km 1.8…2.1, km 3.3…3.65, km 7.85…8.4.

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

Kraavide puhastamise ja kaevamisega koos tuleb kogu teepikkuses äärtest eemaldada vee äravoolu takistav servavall. Kui kraavide kaevamine ei ole võimalik, tuleb tee äärde teha nõva (madal, ca 30 cm sügavune veeviimar).

Raadamine

Nähtavust oleks vaja parandada vasakul pool km 8.67…8.85.

Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku peateega. Elukohta sissesõidud tuleb viia tolmuvaba katte alla.

Truubid

Kõik truubid tuleb puhastada.

Mullatööd

Kurvide km 1.4…1.48, km 1.5…1.6, km 2.05…2.15, km 2.8…2.88, km 3.2…3.35, km 6.0…6.05, km 6.37…6.43 siseküljed vajavad tõstmist või kurvid profileerimist kruuspinnase lisamisega nii, et põikkalle oleks maksimaalselt 6%. Täitmismahuna arvestatakse keskmist kruusakihipaksust 20 cm poole tee laiuses.

Katend

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%. Kogu tee kraavi äärest kraavi ääreni (kraavide puudumisel kogu tee laiuses) peab olema ühtlane, ilma vee voolamist takistavate äärteta.

Km 1.8…2.5, km 2.8…3.8 ja km 6.0…6.8 paigaldada kogu tee laiuses geovõrk, mille peale 25 cm ridakillustikku fr. 4/32 või 4/63 mm. *(Kärpimisvõimalusena on ära jätta geovõrk ja vähendada killu paksust 20 cm peale).*

Ülejäänud tee osas kas variant 1 (kruuskatte terastikulise koostise muutmine fraktsioneeritud killustikuga) või variant 2 (liivaste kohtade tugevdamine ja uue 12 cm kulumiskihi paigaldamine pos. 6 kruusast).

Paigaldada 8 cm MSE20 segu või teha bituumenstabiliseerimine.

Tee pinnata 2x.

Teekatte laiuseks arvestada 6.5 m.

Muud

Tööd tuleb sooritada lähtudes Tee ehitamise kvaliteedi nõuetest, kus on muuhulgas kirjeldatud aluse ehitamiseks kasutatava killustiku ja kurvide täitmiseks kasutatava kruusa vajalikud omadused.

Geotekstiilina kasutada II-profiili.

Geovõrguna kasutada geovõrk NAUE Secugrid 30/30 Q1 või analoog (näiteks Tensar TX160, Enkagrid MAX 30, Huesker Basetrack Grid PP 30 jne).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201		Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	3 105.00	3 105.00
10202		Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203		Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211		Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	3 622.50	3 912.30
						Summa kantud kokkuvõttesse		**9 078.30**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20210		Puude võra piiramine			m^2	180.00	2.50	450.00
						Summa kantud kokkuvõttesse		**450.00**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30201		Kraavide puhastamine	m		m	5300.00	5.15	27 268.50
30301		Truupide puhastamine	m		m	74.00	26.30	1 946.20
30402		Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	3600.00	3.94	14 184.00
						Summa kantud kokkuvõttesse		**43 398.70**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40501		Killustikalus paekivi 20cm	m2	20 cm	m^2	17000.00	6.73	114 410.00
40507		Purustatud kruusast aluskiht 12 cm	m3		m^2	42316.40	2.05	86 748.62
40511		Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	425.00	4.16	1 769.70
		Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	58444.10	4.60	268 842.86
44005		2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	56699.50	3.57	202 458.04
44005		2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	150.00	7.14	1 071.22
						Summa kantud kokkuvõttesse		**675 300.43**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Varbla - Väänja)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**9 078€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**450€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**43 399€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**675 300€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**728 227€**
käibemaks 20%	**145 645€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**873 873€**

16179 Vatla – Nehatu km 0,38…4,43 (4,050 km)

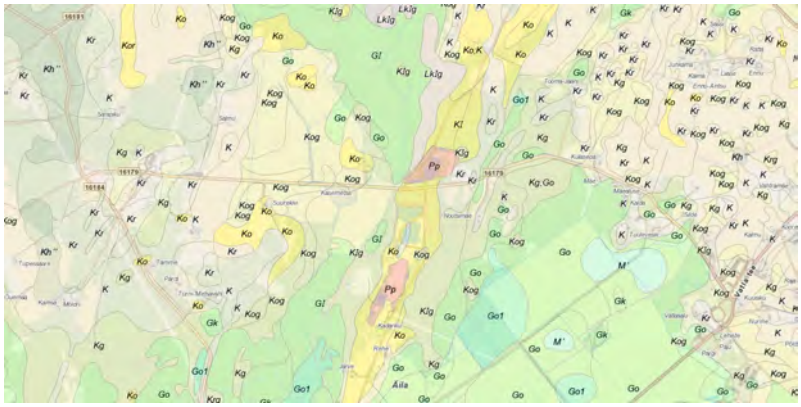
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.

Joonised 1. 16179 Vatla – Nehatu km 0,38…4,43 asukoht (Teeregister)



Joonised 2. 16179 Vatla – Nehatu km 0,38…4,43 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Tee asetseb valdavalt gleistunud leostunud mulla levikualal. Tegemist on ajutiselt (nõrgalt) liigniiskete muldadega.

Arvestatavas koguses esineb lõiguti kogu tee lõikes rähkmulla levikuala, kus aluspõhja pae sügavus üle 30 cm. Haritaval maal huumus- ja sellele järgnevad horisondid rähksed, veeriselised või klibused (karbonaatne materjal). Jaotatakse haritaval maal huumushorisondi ja sellele järgneva horisondi koreselisuse astme, looduslikel maadel koresevaba horisondi tüseduse ja sellele järgneva horisondi koreselisuse järgi.

Tee läbib ka lõiku, kus mõlemal pool on paljandpinnas ehk looduslik muld on täielikult eemaldatud ja paljandub mulla lähtekivim, aluskivim või veel sügavamal asuv looduslik pinnas. Tegemist on liiva- või kruusakarjääridega.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „tase 1“.

Liiklussagedus 2017:

Km 0,38...4,43: 106 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 75%, veoautod ja autobussid 18%, autorongid 7%, arvuliselt vastavalt 79, 19 ja 8 a/ööp).

Lõigu **E_{vaj} = 171 MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (19*2.67+8*3.76)*0.55 = 44.5 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on aastal 2017 ehitatud uus kulumiskiht purustatud kruusast (looduslik kruusliiv optimaalse terastikuga) kihipaksusega 12 cm.

Katendikihtide osas andmed puuduvad.

Teeregistri andmetel on katte laius 6.5 m, sõidutee laius 6 m ja mulde laius 6.5 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
390	paremal	muu	3,5	kruus	nokk puudub	truup on	tegevuskoht	Puidutööd.
623	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup on	elukohta sissesõit	maja
624	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup on	elukohta sissesõit	maja
713	paremal	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
757	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	tegevuskoht	laut
837	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
870	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
901	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
914	paremal	muu	2,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
940	vasakul	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
1060	paremal	muu	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
1061	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
1187	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja
1220	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
1459	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	mets
1850	vasakul	muu	2,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
1920	vasakul	muu	2,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja
2159	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	karjäär	karjäär
2308	paremal	kohalik tee	4,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	karjäär	1950029 Pajumaa tee
2310	vasakul	kohalik tee	4,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	1950030 Raatsiotsa tee
2445	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	karjäär	karjäär
2683	paremal	muu	3	kruus	nokk puudub	truup on	elukohta sissesõit	maja
2732	vasakul	muu	2,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja
2776	vasakul	muu	2,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja
2833	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja õu
3010	paremal	muu	4,5	kruus	nokk puudub	truup on	põllu- ja metsamajandus	uudismaa
3107	vasakul	muu	8	kruus	nokk puudub	truup on	põllu- ja metsamajandus	põld
3311	vasakul	muu	4	kruus	nokk puudub	truup on	põllu- ja metsamajandus	põld
3388	paremal	muu	8	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
3388	vasakul	muu	8	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	põld
3687	paremal	muu	4	kruus	nokk puudub	truup puudub	tegevuskoht	kuivati
3719	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	majad
4010	vasakul	muu	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	maja
4037	paremal	muu	20	kattega	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup puudub	tegevuskoht	

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
395	2002	8	päiseid ei ole	0,3	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	plast	sodi täis
510	2017	14	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
1026	2017	12	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
1261	2017	12	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
1984	2017	12	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
2502	2017	12	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
3002	2017	18	päiseid ei ole	1	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
3405	2017	18	päiseid ei ole	1	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.
3931	2017	12	päiseid ei ole	0,6	väga hea	plast	Raudkivikindlustus otstes. 2 TP.

3. Tee visuaalse vaatluse info

Eelnev pinnatud lõik on väga ära vajunud ja kehvas seisus (foto 1).

Kruusateele on tehtud remont – peale on veetud uus(i) kiht(e), kandevõimed on kruusatee kohta väga kõrged. Näib, et teel on võinud toimuda intensiivne raskeveokiliiklus (näiteks karjäärist või metsavedu), mistõttu teed on tugevdatud/parandatud. Kruusatee kohta jämedat materjali teekattes isegi juba liiga palju (foto 2), kuid taoline pind kannab hästi.

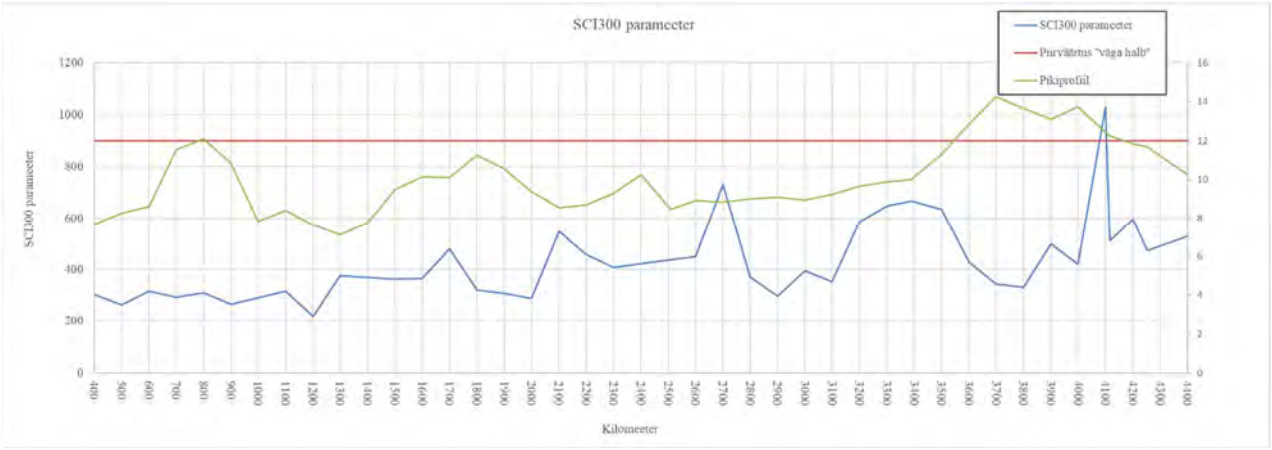
- Km 4.1 on 99 MPa. Selles kohas on tee ääres märg, vesi seisab.
- Km 4.25 on kraav ja teisel pool teed soostunud ala. Tee alla võiks panna truubi ja kaevata kraavi lahti, et saaks veed liikuma. Praegu käitub tee tammina.

Fotod 1 ja 2. Kruusateele eelnenud pinnatud kattega tee oli ära vajunud. Kruusatee oli väga heas seisukorras ja kõrge kandevõimega, kuid teekattel oli väga palju lahtist killustikku.

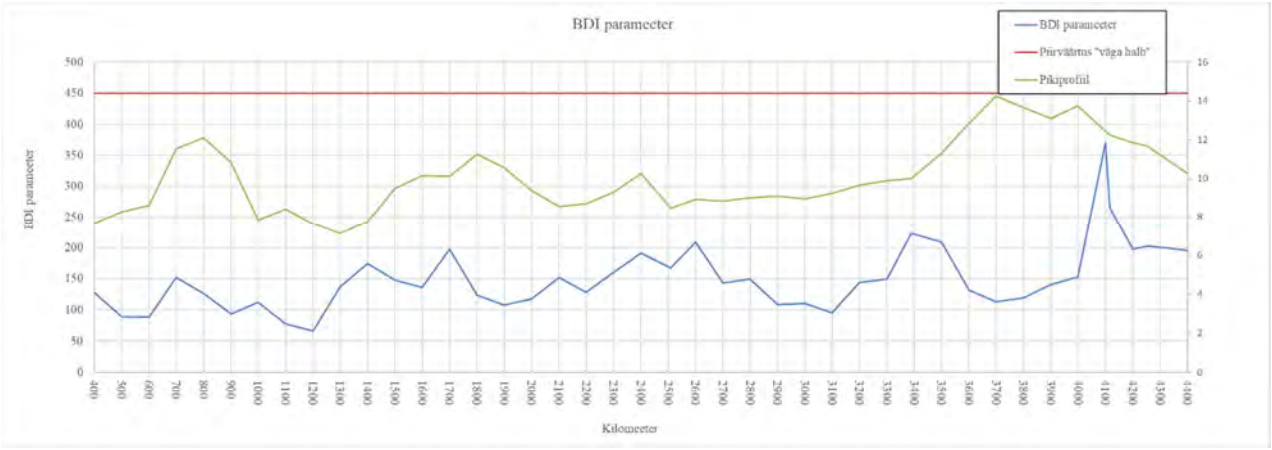
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 01.05.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Kandevõime näitajad ületavad tugevalt ette nähtud „punast joont“, mis antud juhul on 171 Mpa. Väga heade näitajatega on ka vajumikausiparameetrid, mis on esitatud joonistel 4…6. Ainukesena võib välja tuua punkti km 4.10, kus on kandevõime võrreldes ülejäänud keskmisega tunduvalt madalam. Selles punktis on vajumikausiparameetritest ainukesena SCI300 normist väljas, mis annab märku pinnaveega seotud probleemidest, kuid mille lahendab tolmuvaba katte paigaldus.

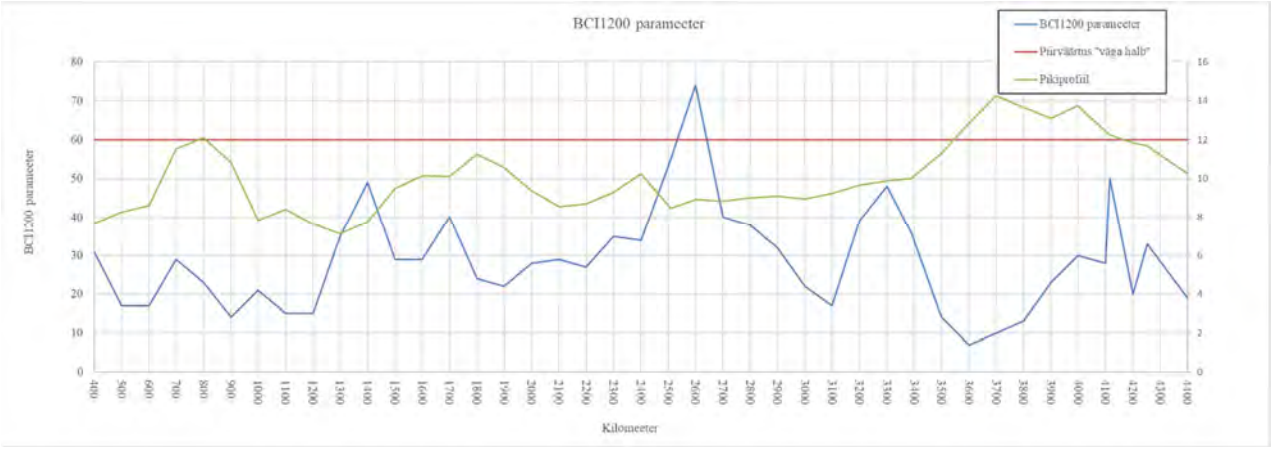
Joonis 3. Vatla – Nehatu kandevõime



Joonis 4. Vatla – Nehatu SCI300 parameeter



Joonis 5. Vatla – Nehatu BDI parameeter



Joonis 6. Vatla – Nehatu BCI1200 parameeter

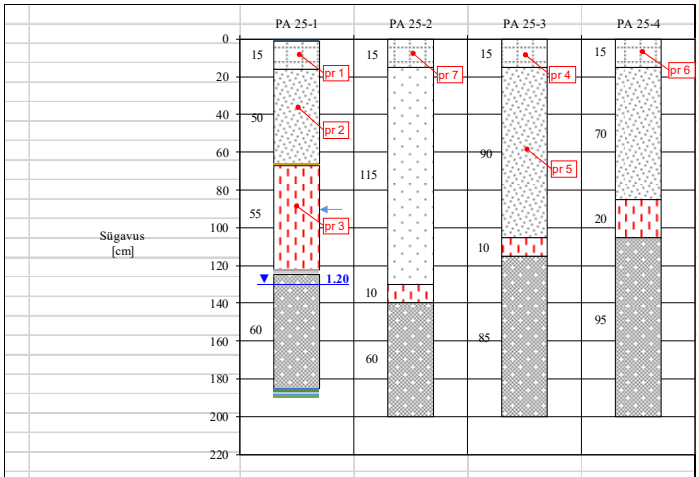
5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogiline uuring võtab tee pinnaseolud kokku järgnevalt:

„Uuritud kruusatee paikneb Lääne-Eesti rannikumadaliku lõunaosas. Ala relfeef on tasane. Uuringuala keskosas liigendab reljeefi Raatsiotsa kruusakarjäär ja kruusa ammutamisest tekkinud veekogud.

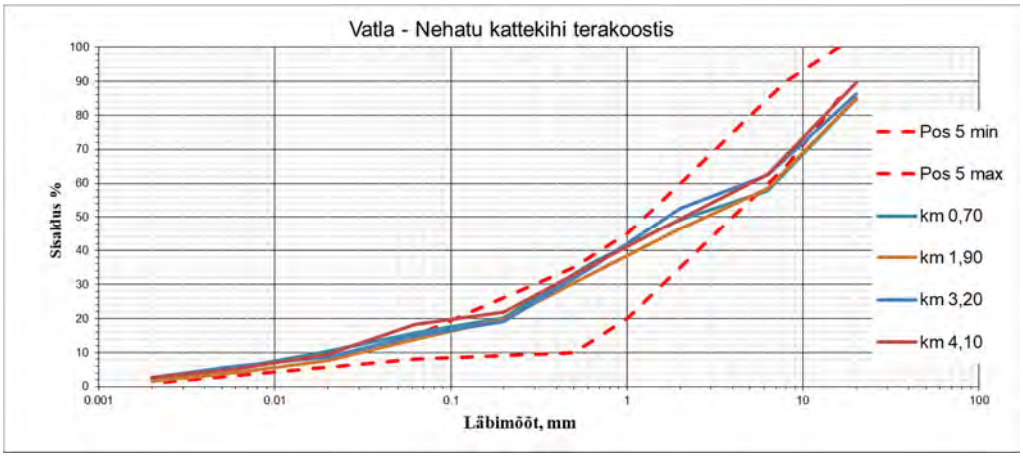
Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on sasiGr ja saGr), mille all esineb 10-55 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen. Pinnasevesi ilmus puurauku PA25-1, kus see asus kruusatee pinnast 1,20 meetri sügavusel. Tee kõrvale on kohati rajatud kuivenduskraavid.“

Puuraukude läbilõiked on esitatud joonisel 8, mis selgitab kõrgeid mõõdetud kandevõimeid. Nimelt on kruusakihtide paksused väga suured, mida kinnitab ka maaradar, mille väljavõte km 3.9…4.35 on esitatud joonisel 10. Mõningane kandevõime kõikumine on tingitud kruusa loodusliku veesisalduse muutusest. Kattekihi terakoostised vastavad pea täielikult pos. 5 sõelkõveraväljale (joonis 9).

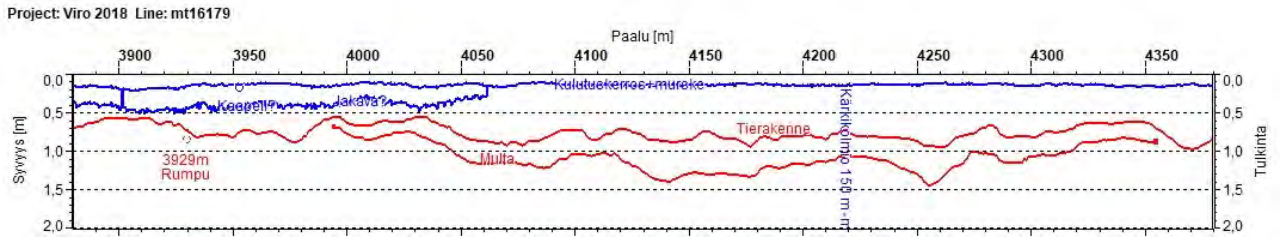


Kandevõime	267 Mpa	293 Mpa	156 Mpa	93 Mpa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 25-1	PA 25-2	PA 25-3	PA 25-4
	km 0,70 pp	km 1,90 pp	km 3,20 pp	km 4,10 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	50		90	70
Kruusliiv		115		
Muld	55	10	10	20
Savimöllmoreen, kruusa 20-30%	60	60	85	95
veetase (18.05.2018)	1.20			

Joonis 8. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 9. Kattekihi terakoostised



Joonis 10. Vatla – Nehatu maaradar km 3.9…4.35.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõime on objekti lõikes kevadise kruusatee kohta väga kõrge, eristus ainult üks nõrgem lõik/koht (km 4.10), mis samas ei ole nõrk kandevõime (99 Mpa), kuid erines keskmisest (Joonis 3).

Km 4.10 on maaradari andmetel olemasoleva teekonstruktsiooni paksuseks ligi 1 meeter (Joonis 10). SCI300 parameeter ületab lubatud piirmäära (Joonis 4), mis viitab liigniiskele keskkonnale. Vaatluse info kohaselt on antud kohas tee ääres väga märg ning vesi seisab. Vaadeldes laiemat pilti, siis on näha, et tee käitub lõigus km 4.10...4.39 tammina. Vaatluse info kohaselt on paremal pool teed soostunud ala, mis on liigniiske piirkond (Foto 3). Sellest tingituna on vaja panna veed liikuma, et tagada piisav kuivendus. Piisab kui rajada km 4.24 uus põhiteetruup, kaevata lõigus 4.05...4.39 kraavid, mis toimivad omakorda ka kui eesvooluna. Kui seejärel profileerida antud lõik (eesmärk tagada pinnavee juhtimine teekonstruktsioonist eemale). Katendiarvutuse alusel ei ole vajadust katendi täiendavale tugevdamisele (Tabel 3).

Foto 3. Vaade olukorrale, kus tee käitub tammina

Kohe objekti alguses on lõik km 0.39...0.56, kus paremal pool teed on liigniiske piirkond ning on näha, et vesi seisab (Foto 4). Kuigi vajumikausi parameetrid ja kandevõime ei ole selles lõigus problemaatiline, on tulevikule mõeldes vaja tagada ühtlane veerežiim ja piisav kuivendus. Antud juhul piisab, kui kaevata lõigus km 0.39...0.56 kraav ning juhtida vesi olemasolevasse kraavi (Foto 5).

Fotod 4 ja 5. Vaade olukorrale, kus tee kõrval vesi seisab

Kogu tee lõikes tuleb tee profileerida ning anda vajalik põikkalle ja eemaldada tee ääres paiknevad vallid, mis takistavad vee äravoolu. Profileeritud kate tuleb tihendada, misjärel saab paigaldada 8 cm MSE 20 (Tabel 3). Lisaks tuleb tee pinnata kahekordse pindamisega (2x).

Tabel 3.

Vatla – Nehatu katendiarvutus

Koormussagedus: 42.52 normtelge ööp/rajale			Pinnas: Gr - Kruuspinnas		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
ALUS	Gr - Kruuspinnas		**150.0**					43.0	0.010	8.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			47.7%	198.42	170.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					198.42		
	Gr - Kruuspinnas		Nihkepinged aluspinnasel	0.0432	0.0762	43.3%			-
	Katendi kogupaksus	8.0					Parandustegur Δ		

7. Objekti ehitustegevused

1. <u>Kraavid</u>

Kraavid tuleb kaevata:

- Km 0.39...0.56 (parem pool)
- Km 4.05...4.39 (parem pool)

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

3. Truubid

Km 4.24 tuleb paigaldada uus põhitee truup. Truubi pikkuseks arvestada 12 meetrit ning läbimõõt 600 millimeetrit. Ehitamisel tuleb lähtuda Teetööde tehnilisest kirjeldusest.

4. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Peale profileerimist ja tihendamist paigaldada 8 cm MSE 20, mis pinnata 2x

Pinnatud teekatte laiuseks saab arvestada 6.5 m.

2019		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201		Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202		Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203		Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211		Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
						Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107		Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	401.63	6.17	2 479.63
30301		Mahasõitu truupide puhastamine	m		m	42.00	18.68	784.73
						Summa kantud kokkuvõttesse		**3 264.36**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511		Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	0.00	2.30	0.00
40511		Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	950.00	4.16	3 955.80
		Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	26730.00	4.53	121 022.75
44005		2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	26325.00	3.57	93 999.20
44005		2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	500.00	7.14	3 570.72
						Summa kantud kokkuvõttesse		**222 548.47**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50501		Päiste tüüp x			tk	2.00	776.25	1 552.50
51001		Plastiktruup (mahasõidud)	diameeter (m)	60	m	12.00	186.30	2 235.60
						Summa kantud kokkuvõttesse		**3 788.10**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Vatla - Nehatu)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**3 264€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**222 548€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**3 788€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**236 526€**
käibemaks 20%	**47 305€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**283 832€**

12109 Palade - Tubala, km 3.085...4.90 (1.815 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1.

Joonis 1. 12109 Palade - Tubala, km 3.085...4.90 asukoht (Teeregister).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „5“.

Liiklussagedus 2017:

61 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 75%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 22%, arvuliselt vastavalt 46, 2 ja 13 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega liiklussagedus tõenäoliselt märkimisväärselt ei kasva, kuna teele ei ole olemas lihtsalt alternatiivi, mistõttu kasutatakse seda igapäevaselt.

Lõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 160$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+13*3.76)*0.55 = 29.8 V_1/ööp].

Teeregistris katendikihtide osas infot ei ole. Kattekihtide osas on teada, et aastal 2017 on paigaldatud uus 12 cm kulumiskiht purustatud kruusast. Vaadeldavale teelõigule eelneb pinnatud freespurukate, mis on ehitatud aastal 2015. See oli visuaalse vaatluse alusel väga heas korras. Teelõik lõpeb pinnatud mustseguga, mis on ehitatud 1989.

Teeregistri alusel on katte laius 7.0 m, kuid teelõigu lõpus olev pinnatud katte laius on vaid 5.0 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 12 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truup	Kasutus	Nimi
3148	paremal	muu	3,5	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	Truup 2017, 0,4; 10m.
3156	vasakul	muu	3,5	kruus		truup on	põllu- ja metsamajandus	Truup 2017, 0,4; 10m.
3486	vasakul	muu	3,5	kruus	nokk puudub	truup on	põllu- ja metsamajandus	Truup 2017, 0,4; 10m.
3554	paremal	kohalik tee	3,5	kruus	nokk puudub	truup on	piiramata otstarbega	6390005Soovälja teeTruup 2017
3894	vasakul	muu	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
3894	paremal	muu	3,5	kruus	nokk puudub	truup on	põllu- ja metsamajandus	Truup 2017, 0,4; 10m.
4218	vasakul	eratee	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	6390133 Kreisi tee
4414	vasakul	muu	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	
4657	vasakul	kohalik tee	3,5	kruus	nokk puudub	truup on	piiramata otstarbega	6390010 Koldema tee
4685	paremal	kohalik tee	3,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	6390009 Soovälja põik
4856	paremal	muu	3,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit	
4891	vasakul	muu	3,0	kruus	nokk puudub	truup on	piiramata otstarbega	

Truubid:

Objektil asub 3 truupi, mis on paigaldatud kas aastal 2015 või 2017 ning on väga heas seisukorras. Üle tuleb vaadata mahasõitude truubid.

3. Tee visuaalse vaatluse info

Teele on hiljuti tehtud kruusatee remont, tee on väga heas seisukorras, kuid tee äärde on kogunenud suures hulgas killustikku (fotod 1 ja 2). Eelnev lõik on pinnatud ja väga heas korras (tasasus ei ole kõige parem, kuid kandevõimeks mõõdeti 431 MPa), pindamise laiuseks on 6.5 m. Ka kruusateele saaks panna sama laia katte.

Vaadeldav kruusatee lõpeb pinnatud teekattega, millelt kandevõime oli 557 MPa ja katte laiuseks 5 m.

Tee remondiga (või hooldusega) on üle vaja vaadata mahasõitude truubid, millest osad olid vaatluse ajal umbes ja takistasid vee äravoolu (fotod 3 ja 4).

Fotod 1 ja 2. Vaatlus näitas, et kruusatee remont on tehtud väga põhjalikult. Ainsaks puuduseks on see, et tee ääres on palju lahtist killustikku, mis võib tekitada liiklusohtliku olukorra.

Fotod 3 ja 4. Üle tuleb vaadata mahasõitude truubid, millest mõned olid vaatluse ajal umbes.

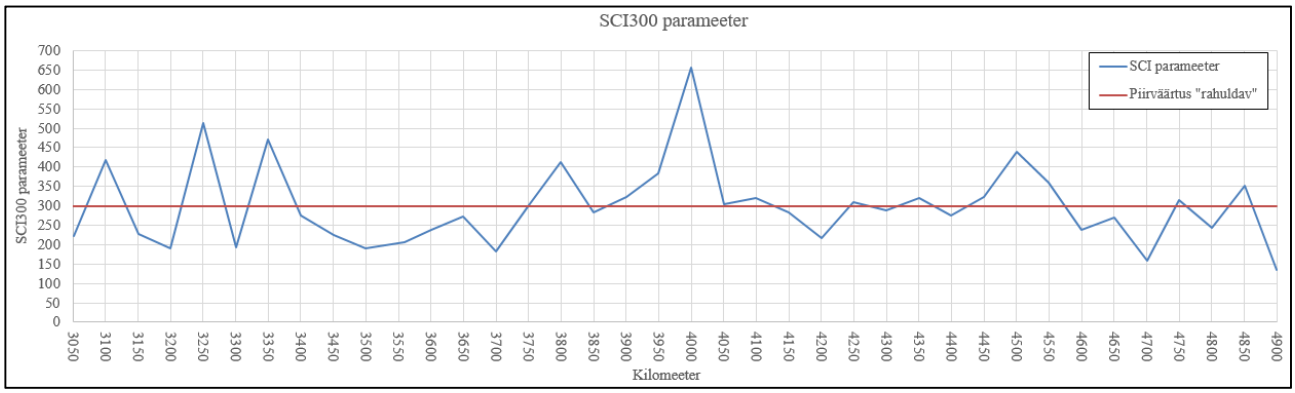
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 01.05.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Kandevõimed on kevadise kruusatee kohta väga kõrged ehk tee remont on igati õnnestunud. Sellele aitab kaasa ka pinnavete efektiivne äravool ning kõrge muldkeha.

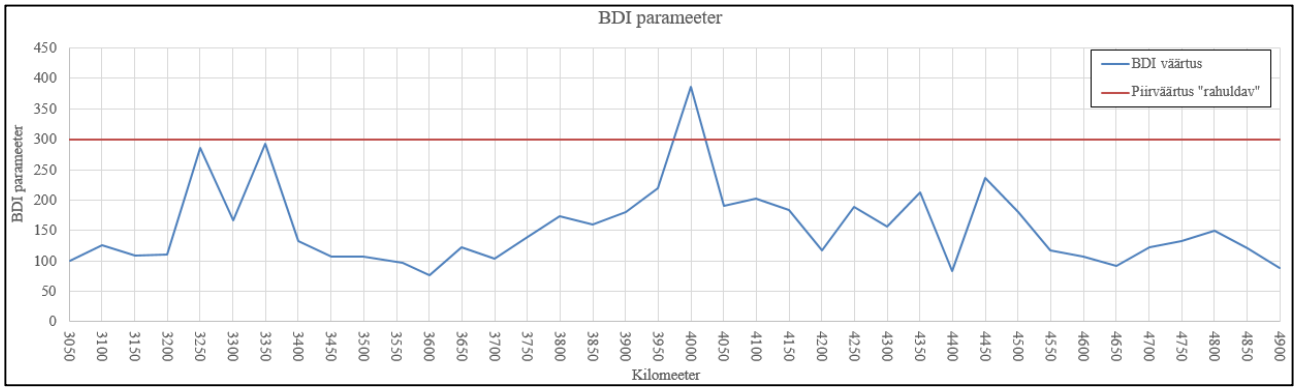
Vaid ühes punktis oli kandevõime madalam, kui E_{vaj}: km 4.0 saadi kandevõimeks 95 MPa. Joonistel 4…6 on kujutatud graafiliselt vajumikausi parameetrid, kus piirväärtuste jooned on seatud „rahuldav“, mitte „väga halb“, nagu enamikele muudele projekti käigus vaadeldud teedele. Ka see annab kinnitust antud tee väga heale seisukorrale.

Km 4.0 juures on kõikidel graafikutel vajumikausi parameeter kõrgel, sh ka aluspinnast iseloomustava BCI puhul. Probleem võib olla tingitud sellest, et esiteks on see loodusliku maapinna kõige alumisem punkt, kuhu koguneb rohkem pinnavett ning ka selles, et eelnevalt oli mahasõidu all olev truup umbes, mis takistab pinnavete äravoolu. Lisaks on silmapaistvalt kõrgem ka SCI parameeter, mis iseloomustab kattekihti ja mille pehmenemine on tihti seotud pinnavetega. Kui teele paigaldatakse tolmuvaba kate, takistatakse sellega vee ligipääs katendisse ülaltpoolt, mistõttu kandevõime tõuseb märgatavalt. Seega katendit täiendavalt tugevdada ei ole vajalik ning peale võib paigaldada tolmuvaba katte.

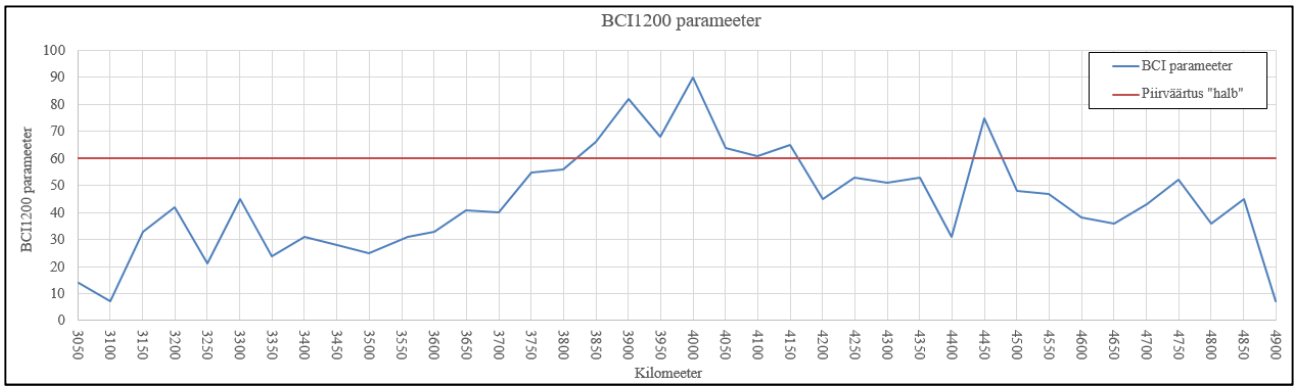
Joonis 3. Tee keskmine kandevõime oli 225 MPa, mis on kevadise kruusatee kohta erakordselt kõrge väärtus.



Joonis 4. Kattekihti iseloomustav SCI väärtus.



Joonis 5. Tee alust iseloomustav BDI väärtus.



Joonis 6. Tee alla jäävat pinnast iseloomustav BCI väärtus.

Kuna tee seisukord oli nii visuaalse vaatluse kui kandevõimemõõtmise alusel nii hea, siis muid uuringuid teha ei olnud enam vajalik.

6. Objekti ehitustegevused

Mõõdetud kandevõime ja objekti liiklussageduse põhjal piisaks, kui tolmuvaba kate rajada kruuskattele pindamiskihi paigaldamisega. Sobilikuks viisiks on pindamine kasutades eelpuistega kahekordset meetodit, mis võimaldab tekitada paksema pinnatud kihi ja killustikuga eelpuiste võimaldab tugevamini ära siduda pindamist ning selle alla jäävat kruuskatet. Siiski tuleb arvestada, et kurvide ja põllumajandusmaadele pööravate mahasõitude ümbrustesse võib tekkida lühikese aja jooksul defekte, mis vajavad parandamist. Samuti tuleks planeerida kahe-kolme aasta möödudes korduspindamist, mis võimaldab tekitada täiendavalt paksemat seotud kihti, mis võtab

liikluskoormust paremini vastu ning millega korrigeerida võimalikke liikluse poolt tekitatud kahjustusi.

Kuna raskeliikluse osakaal on liiklusvoos märgatav (mis nõuab arvutuslikult ka suurema E_{vaj} kasutamise, kui minimaalset E_{min} = 130 MPa), on soovituslik rajada kruuskatte ja pindamiskihi vahele sideainega seotud kiht, sobilikuks on näiteks MSE20, kuid olenevalt materjalide saadavusest on võimalikud ka muud seotud kihtide variandid. Tabelis 2 esitatud katendiarvutuse järgi (mille aluseks on võetud pigem nõrgemad kandevõimemõõtmise punktid) on katend mustsegu lisamisega üledimensioonitud, kuid seoses suhteliselt suure raskeliikluse osakaaluga oleks see siiski võrreldes lihtsalt kruusatee pindamisega eelistatavam.

Tabel 2

Katendiarvutus, kui kruuskattele lisatakse mustsegu

Koormussagedus: 30.6 normtelge ööp/rajale			Pinnas: GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (ka	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv		**130.0**					42.0	0.007	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			33.6%	168.85	160.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	6.0					168.85		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (ka	12.0	Nihkepinged	0.0426	0.2821	84.9%	139.53		
	GrSa, CSa - kruusliiv ja jämeliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0410	0.0485	15.5%			-
	Katendi kogupaksus	18.0					Parandustegur Δ		

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201		Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202		Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203		Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211		Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 070.00	2 235.60
						Summa kantud kokkuvõttesse		**6 366.60**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30301		Mahasõidu truupide puhastamine	m		m	49.00	26.30	1 288.70
						Summa kantud kokkuvõttesse		**1 288.70**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr		Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
		Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	0.00	4.60	0.00
44005		2,5x pindamine (sõidutee)	m2		m2	11797.50	4.33	51 135.08
44005		2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	50.00	8.67	433.44
						Summa kantud kokkuvõttesse		**51 568.52**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Palade - Tubala)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 367€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**1 289€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**51 569€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**59 224€**
käibemaks 20%	**11 845€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**71 069€**

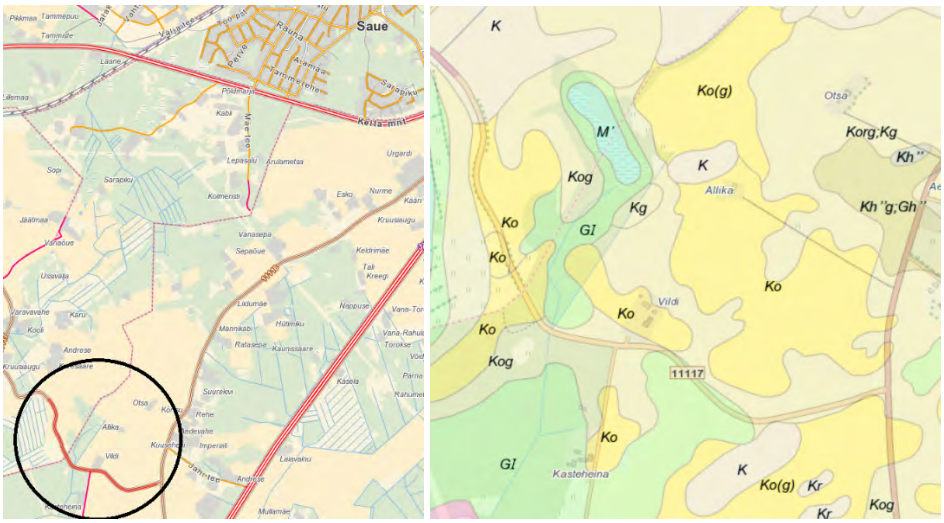
11117 Valingu - Jõgisoo, km 3.661...5.058 (1.397 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Tee asetatuna mullakaardile on näidatud joonisel 2, millest nähtub, et tee asub muldade K (rähkmuld), Ko (leostunud muld), Kog (gleistunud leostunud muld) ja GI (leetjas gleimuld) levikualal, millest viimast saab kirjeldada kui liigniisket mulda. Ülejäänud ala on mullastiku leviku mõttes pigem kuiv.



Joonised 1 ja 2. 11117 Valingu - Jõgisoo, km 3.661...5.058 asukoht (Teeregister) ning tee asetatuna mullakaardile (Maa-amet).

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase on „3“.

Liiklussagedus 2017:

244 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 99%, veoautod ja autobussid 1%, autorongid 0%, arvuliselt vastavalt 241, 2 ja 1 a/ööp). Tee tolmuvaba katte alla viimisega tõenäoliselt liiklussagedus otseselt ei suurene, kuna tee on kohaliku tähtsusega. Liiklussageduse suurenemine ei mõjuta teekatendi tugevusarvutust, kuna teed kasutavad 99% ulatused sõidu- ja pakiautod. Seega lõigu **$E_{vaj} = E_{min} =$ 130 MPa**

Teeregistris katendikihtide osas on info, et aastal 1981 on aluskiht ehitatud looduslikust kruusast. Kattekihtide osas on teada, et aastal 2012 on paigaldatud uus 12 cm kulumiskiht purustatud kruusast.

Vaadeldavale teelõigule eelneb pinnatud mustkate, mis on ehitatud aastal 2002, mis on väga heas korras, kuigi kurvides esines mõnes kohas serva vajumisi. Pinnatud kate on suhteliselt kitsas – pindamise laius vaid 4.8 m. Kruusatee on veidi laiem ja võimaldaks teha teed laiendamata 6 m katte.

Mahasõidud ja ristumised:

Objektil on kokku 3 mahasõitu, mille andmed on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Mahasõitude asukohad ja info

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulaus	Truup	Kasutus
3600	vasakul	muu	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
4398	paremal	kohalik tee	5,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega
4420	vasakul	eratee	3,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit

Truubid:

Objektil asub üks truup, mille asukoht ja seisukord on esitatud tabelis 2.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Avade arv	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Ava 1 läbimõõt	Seisukord
4259	1	1964	10,1	päised on	0,75	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)

3. Tee visuaalse vaatluse info

Tee kandevõimed on väga head. Peamiseks probleemiks on kattekruusa pehmenemine. Põikkalded ei ole kõikjal ideaalsed (kohati liiga vähe) ja samuti on tee ääres vee äravoolu takistav vall. Teekattes on palju auke. Näib, et kattekihi terastikuline koostis ei vasta optimaalsele.

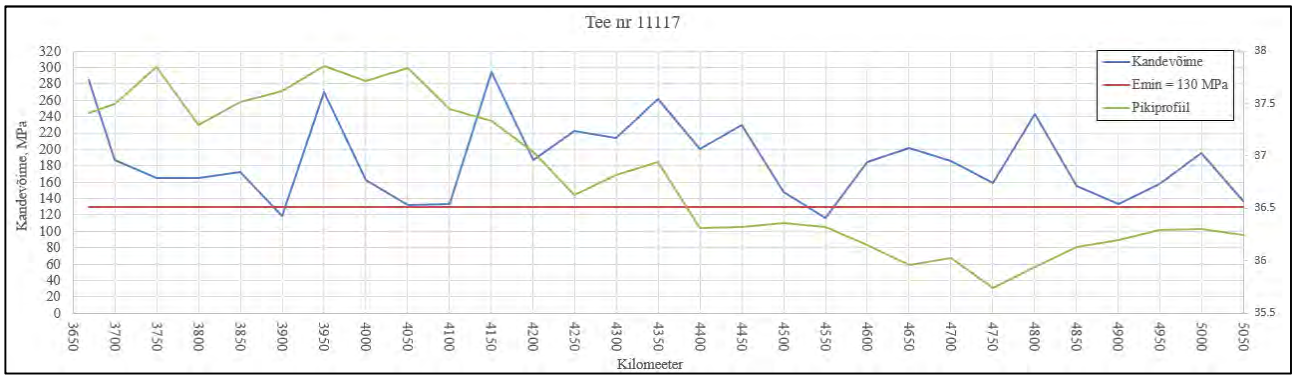
Km 4.5 on kurv liiga suure kalde all ja vajab tõstmist (siin on samuti näha kattekihi probleemi).

Fotod 1 ja 2 iseloomustavad tee kevadist seisukorda hästi, kuigi seda on hiljuti hööveldatud.

Fotod 1 ja 2. Teed iseloomustavad fotod.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 02.05.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, mille järgi on tee väga heas korras ning omab vajalikku elastsusmoodulit.



Joonis 3. Tee kandevõime vastab nõutule.

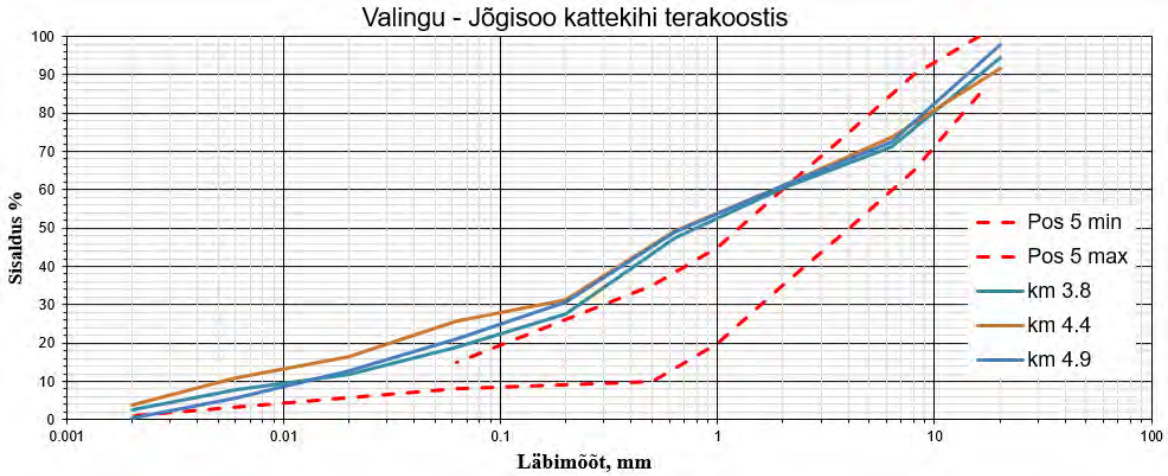
5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogia aruanne võtab olukorra teega kokku järgmiselt:

„Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on tolmne kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grsiSa, sagrsiS ja grsasiS), mille all esineb 35-80 cm paksune mullakiht. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul savimöllmoreen (voolavuspiir W_L=25,6%, plastsuspiir W_P=14,8%, plastsusarv I_P=10,8, looduslik niiskus Wn=19,8%). Pinnasevett puuraukudesse ei ilmunud. Moreeni pealispinnale ja liivasematesse tsoonidesse võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett.“

Savimöllmoreeni niiskusproovist nähtub, et see oli proovi võtmise ajal plastses olekus, lisaks on tabelist 3 näha, et teekatendi all on suhteliselt paks mullakiht ning teekatendis sisalduv materjal on niiskustundlik (tolmne kruusliiv). Mullakaardi põhjal sai järeldada, et tee on kuivas ümbruskonnas, millega saab selgitada kõrgemaid kandevõimeid, kuid pinnase ristlõiked seda lubaksid arvata.

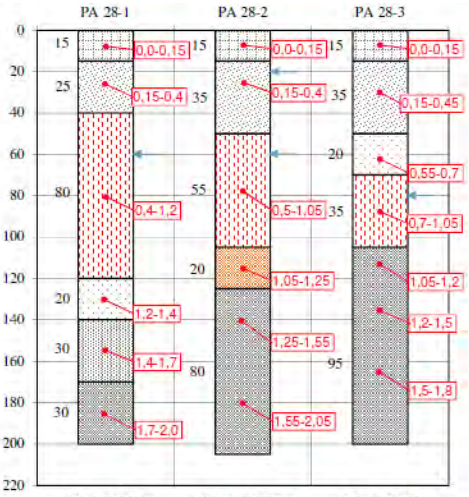
Joonisel 4 on näidatud kattekihi terastikulased koostised, mis kinnitavad visuaalse vaatluse käigus saadud infot, et olemasolev kruus väljub optimaalsetest piiridest. Kruusa peenosisesisaldus on väga kõrge, km 4.4 puhul isegi 25.7%.



Joonis 4. Kattekihi terastikulised koostised.

Tabel 3

Tee ristlõiked puuraukude järgi



Kandevõime	166 MPa	201 MPa	134 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 28-1 km 3,8 pp	PA 28-2 km 4,4 pp	PA 28-3 km 4,9 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	25	35	35
Kruusliiv orgaanikaga			20
Muld	80	55	35
Savimõll, orgaanikaga		20	
Kruusliiv	20		
Peenliiv	30		
Savimõllmoreen, kruusa 5-25%	30	80	95

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Arvestades teekatendi ristlõiget ja olemasolevat kruuspinnast on üllatav, kui heas seisukorras ja kui kõrge kandevõimega tee on. Kandevõime suhtes on piisav, kui teele paigaldada peale pinnatud mustsegu. See on piisav ka seetõttu, et teel ei avastatud ühtegi probleemset kohta, mis viitaks kandevõimekaotusele või külmakerkele. Samuti on raskeliikluse osakaal minimaalne.

7. Objekti ehitustegevused

Hööveldada olemasolev teekate nii, et lõikesügavus oleks aukude põhjani või min. 5 cm. Anda teele põikkalle 3…4%, kurvides 4…6%. Kogu tee kraavi äärest kraavi ääreni (kraavide puudumisel kogu tee laiuses) peab olema ühtlane, ilma vee voolamist takistavate äärteta.

Enamus kurvid vajavad lisakruusaga täitmist, et tagada maksimaalne lubatav viraažikalle 6%.

Paigaldada 8 cm MSE20 segu või teha bituumenstabiliseerimine.

Tee pinnata 2x.

Teekatte laiuseks arvestada 6.0 m.

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 070.00	2 235.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 366.60**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30301	Truupide puhastamine	m		m	10.10	26.30	265.63
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest sis. Materjal	m3		m^3	1350.00	3.94	5 319.00
					Summa kantud kokkuvõttesse		**5 584.63**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	75.00	4.16	312.30
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	8661.40	4.60	39 842.44
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	8382.00	3.57	29 929.78
44005	2x pindamine (mahasõidud)	m2		m2	25.00	7.14	178.54
					Summa kantud kokkuvõttesse		**70 263.05**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Valingu - Jõgisoo)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 367€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**- €**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**5 585€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**70 263€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**82 214€**
käibemaks 20%	**16 443€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**98 657€**

13158 Agusalu - Permisküla km 0…5,127 (5,127km)

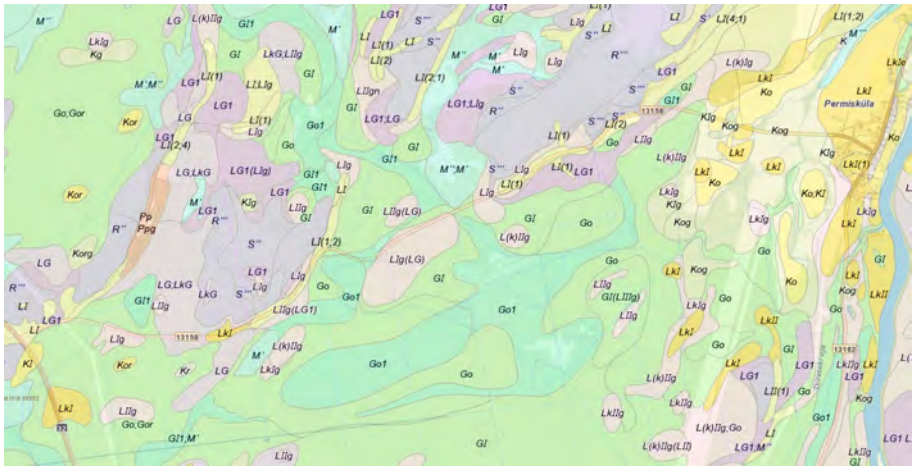
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2.

Joonis 1. 13158 Agusalu - Permisküla km 0…5,127 asukoht (Teeregister)



Joonis 2. 13158 Agusalu - Permisküla km 0…5,127 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

Lõiguti paikneb tee leostunud ja leetjate gleimuldade levikualadel. Tegemist on alaliselt (keskmiselt) liigniiskete muldadega, kus liigniiskus on tingitud pidevalt mullaprofiili ulatuvast põhjaveest, rasketel muldadel lisandub ka ülavesi. Gleistumine väljendub suurte sinakashallide ja roostevärvi laikude esinemises, mis alumistes horisontides katavad üle 1/3 kaeve seinast. Huumushorisont on looduslikel maadel valdavalt toorhuumuslik.

Kahes lõigus riivab tee sügava siirdesoomulla levikuala ja sügava rabamulla levikuala. Antud tingimused tekitavad püsiva liigniiske keskkonna valdavas lõikes.

Tee asetseb Permisküla lähistel gleistunud leostunud mulla levikualal. Tegemist on ajutiselt (nõrgalt) liigniiskete muldadega.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra taset pole määratud.

Liiklussagedus 2017:

Km 0…5,127: 109 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 94%, veoautod ja autobussid 5%, autorongid 1%, arvuliselt vastavalt 103, 5 ja 1 a/ööp).

Lõigu $\mathbf{E_{vaj} < E_{min} = 130\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (5*2.67+1*3.76)*0.55 = 9.4 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on aastal 2014 ehitatud uus kulumiskiht purustatud kruusast (purustatud kruusliiv optimaalse terastikuga) kihipaksusega 10 cm.

Katendikihtide osas andmed puuduvad.

Teeregistri andmetel on:

- Km 0...0.043 katte laius 8.8 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 8.8 m,
- Km 0.043...0.252 katte laius 9.4 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 9.4 m,
- Km 0.252...0.441 katte laius 9.5 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 9.5 m,
- Km 0.441...0.730 katte laius 10.6 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 10.6 m,
- Km 0.730...1.014 katte laius 10 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 10 m,
- Km 1.014...1.300 katte laius 9.7 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 9.7 m,
- Km 1.300...1.936 katte laius 9.2 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 9.2 m,
- Km 1.936...2.830 katte laius 8.5 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 8.5 m,
- Km 2.830...4.010 katte laius 8.8 m, sõidutee laius 7.5 m ja mulde laius 8.8 m,
- Km 4.010...5.070 katte laius 7 m, sõidutee laius 7 m ja mulde laius 7 m,
- Km 5.070...5.127 katte laius 7 m, sõidutee laius 7 m ja mulde laius 7 m.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1. Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve	Mahasõidutee nimi
268	vasakul	Andmed puuduvad	3	kruus	nokk puudub	truup puudub	Andmed puuduvad	Tee,andmeid pole.
308	vasakul	muu	5	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega	
1892	vasakul	Andmed puuduvad	4	katteta	nokk puudub	truup puudub	Andmed puuduvad	Tee,andmeid pole.
1924	vasakul	muu	5,3	katteta	nokk puudub	truup puudub	Andmed puuduvad	
4007	vasakul	Andmed puuduvad	4,5	kruus	nokk puudub	truup puudub	Andmed puuduvad	Tee,andmeid pole.
4044	vasakul	Andmed puuduvad	3	katteta	nokk puudub	truup puudub	Andmed puuduvad	
4617	vasakul	muu	2,5	katteta	nokk puudub	truup puudub	põllu- ja metsamajandus	Metsa.

Truubid:

Tabel 2. Objektil olevad truubid

Asukoht	Ehitusaasta	Pikkus	Päiste olemasolu	Ava läbimõõt	Seisukord	Materjal	Märkused
793	1983	13	päised on	0,75	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)		Vasak lüli paigast ära 1/2 u
2070	2012	13	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast	
2815	1983	17,3	päised on	1,5	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)		Vasak päis purunenud.
2829	1983	14	päiseid ei ole	0,75	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)		Metall truup
3698	1983	14	päised on	0,75	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)		
4550	1985	16,1	päised on	1	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)		Vesi seisab.
4737	1985	15	päised on	1	truup peaks olema aga ei ole		
4974	1985	18,1	päised on	1	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)		

3. Tee visuaalse vaatluse info

Üsna heas korras tee. Leidus auklikke kohti, aga just ülevaatuse käigus toimus hööveldamine. Kandevõimeprobleeme ei tuvastanud. Näib, et teed on üsna hiljuti remonditud, sest kraavid olid tee ääres korralikud ja põikprofiil oli korras, ainult viraažidel peaks kohendama. Mõlemal pool teed on valdavalt soine ala, aga tee on ehitatud kõrgemale ehk omab muldkeha, mis tõttu tundubki, et see võib olla põhjus, miks pole kandevõimeprobleeme.

Detailsem info:

Tee alguses mahasõidu laius 35 m, tee laius kraavi äärest kraavi ääreni ca 10 m (foto 1). Mahasõidu pikkus ca 25 m. Km 1.9…2.1 on järsk kurv suure kaldega. Km 2.1 on uus truup ja siit algab ka soisem maapind. Km 2.1...2.3 on parempoolses kurvis augud ja vesi sees. Km 2.8 on sild ja siit läheb tee kitsamaks – enne seda oli ca 8 m ja pärast ca 6.5 m. Kohati on ümbruskonnas palju vett, aga kandevõimed siiski head. Km 3.0 tuli kandevõimeks 94 MPa - visuaalselt ei muutunud midagi, kuid kattekiht oli märg. Km 3.6…3.8 on kurv, mis vajaks veidi tõstmist. Km 3.7 on katte laius 6.7 m. Tee lõpus pindamise laius on 5.2 m, kuid kruusatee on 7.4 m (foto 4).

Tagasi sõites km 2.85 on võetud punkt, kuna ümbruskond on väga vesine. Kandevõime on siiski hea (128 MPa). Km 2.350 on soine ala – seetõttu alates siit mõned punktid: 121, 88, 120, 100 MPa. Selles piirkonnas tuleks tee vasakut äärt tõsta (foto 3).

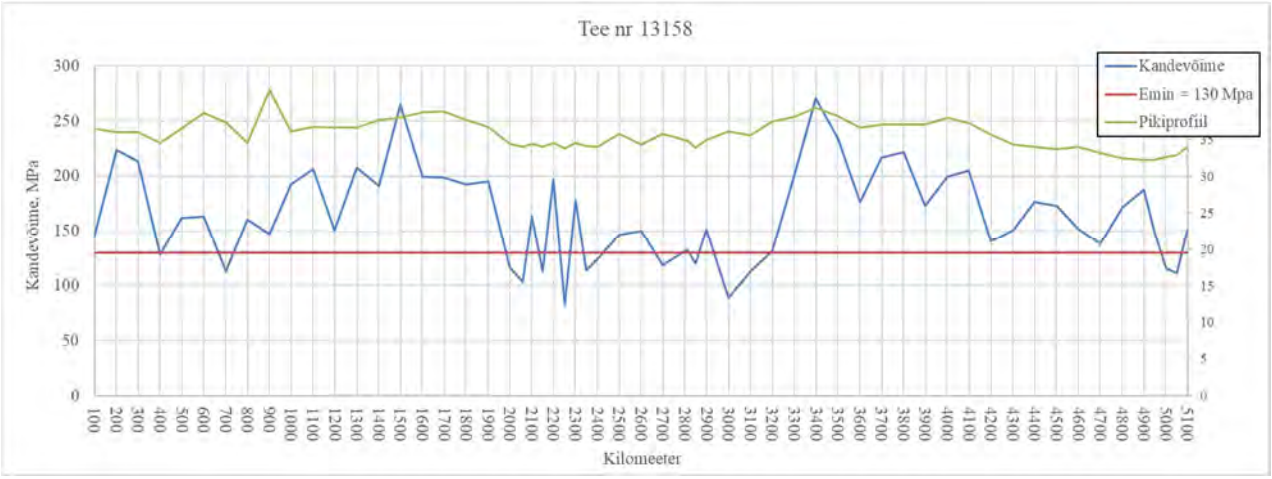
Foto 1. Kruusateele mahasõit on väga lai, mida oleks liiklusohutuse mõttes soovituslik tolmuvaba katte paigaldusega piirata

Fotod 2 ja 3. Km 2.85 peaks vasakut teepoolt veidi tõstma. Väga lai kruusatee läheb üle üpriski kitsaks pinnatud teeks

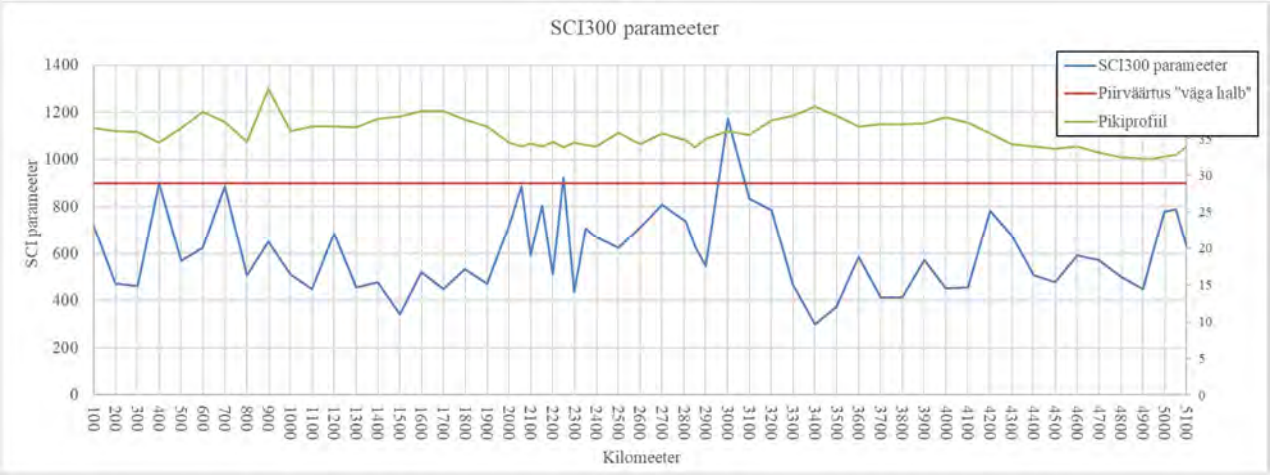
4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 27.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3. Antud lõigus on kandevõime tulemused kevadise kruusatee kohta suures osas ülikõrged, kuigi objekt paikneb valdavas enamuses liigniiskes piirkonnas. Vaatluse info kohaselt asub tee ümbruskonnast kõrgemal ehk omab muldkeha, mis on heade kandevõime tulemuste eelduseks.

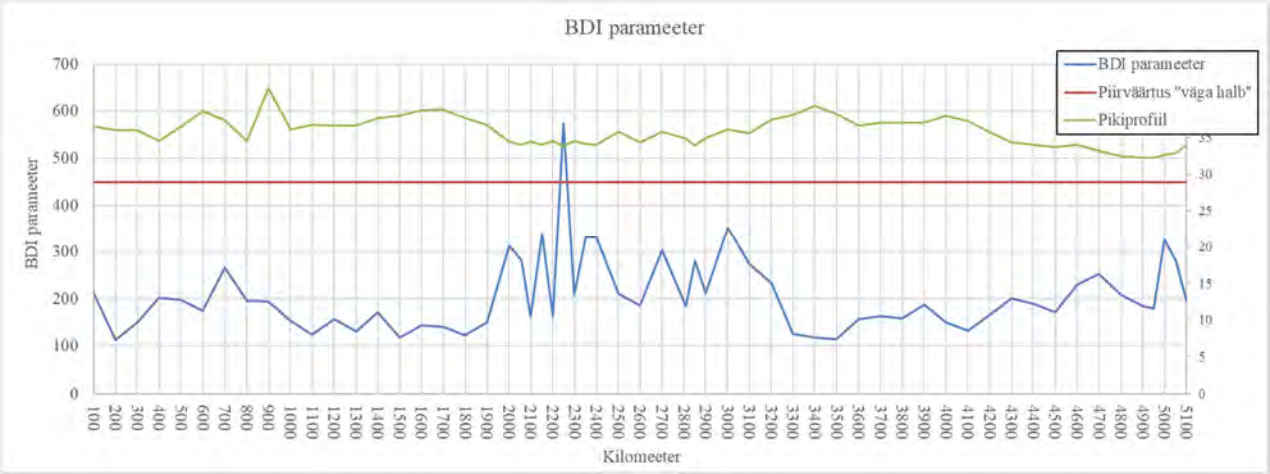
Kuigi kandevõime tulemused kui ka vajumikausi parameetrid on head (joonised 4…6), eristub siiski üks piirkond, kus näitajad on tunduvalt madalamad keskmisest (km 2.05...2.40). Antud lõigus viitavad vajumikausiparameetrid (eriti BDI väärtus) teekatendi kõrgele niiskussisaldusele. Lisaks sellele lõigule on üks koht, kus SCI300 väärtus ületab lubatud piirmäära (km 3.00).



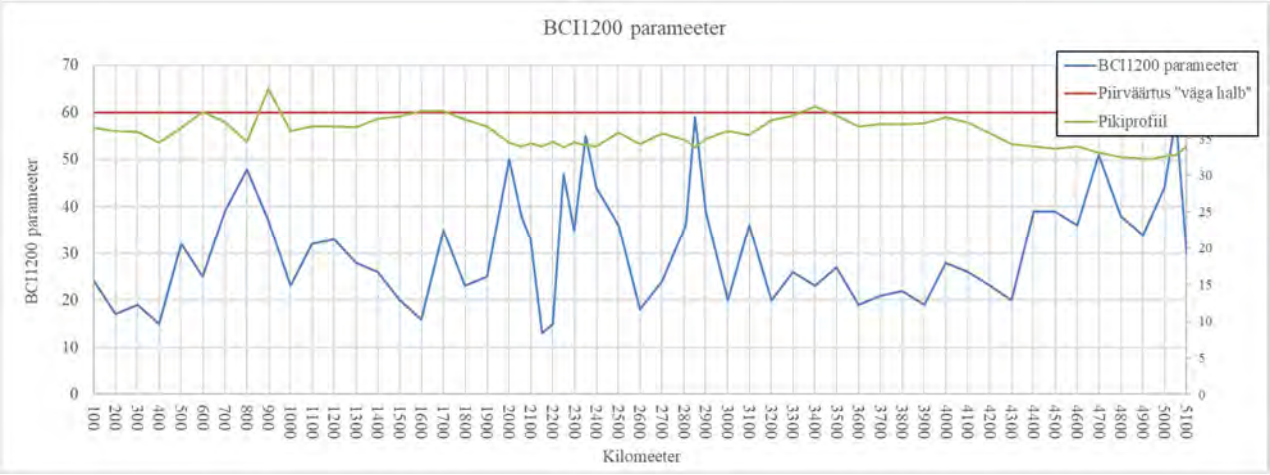
Joonis 3. Agusalu - Permisküla kandevõime



Joonis 4. Agusalu – Permisküla SCI300 parameeter



Joonis 5. Agusalu - Permisküla BDI parameeter



Joonis 6. Agusalu - Permisküla BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia ja maaradar

Ehitusgeoloogiline uuring iseloomustas teed järgnevalt:

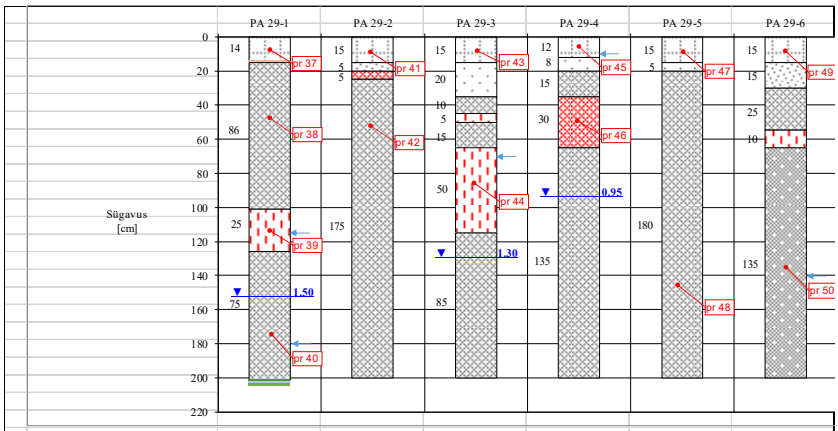
„Uuritud kruusatee paikneb Alutaguse madalikul, rohkete soodega Puhatu looduskaitseala lõunapiiril. Ala reljeef on valdavalt tasane. Suurematest vooluveekogudest ristub kruusatee paaril korral Permisküla ojaga.

Tee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on saGr, sasiGr ja grclGr), mille all levivad liivased möllpinnased, milles esineb 5-50 cm paksuseid mulla (vahe)kihte. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul peamiselt liivased möllpinnased ja savimöllmoreen (voolavuspiir WL=20,6%, plastsuspiir WP=12,8%, plastsusarv IP=7,8, looduslik niiskus Wn=14,8%).

Pinnasevett esines puuraukudes PA29-1, PA29-3 ja PA29-4, kus see asus kruusatee pinnast 0,95…1,50 meetri sügavusel.

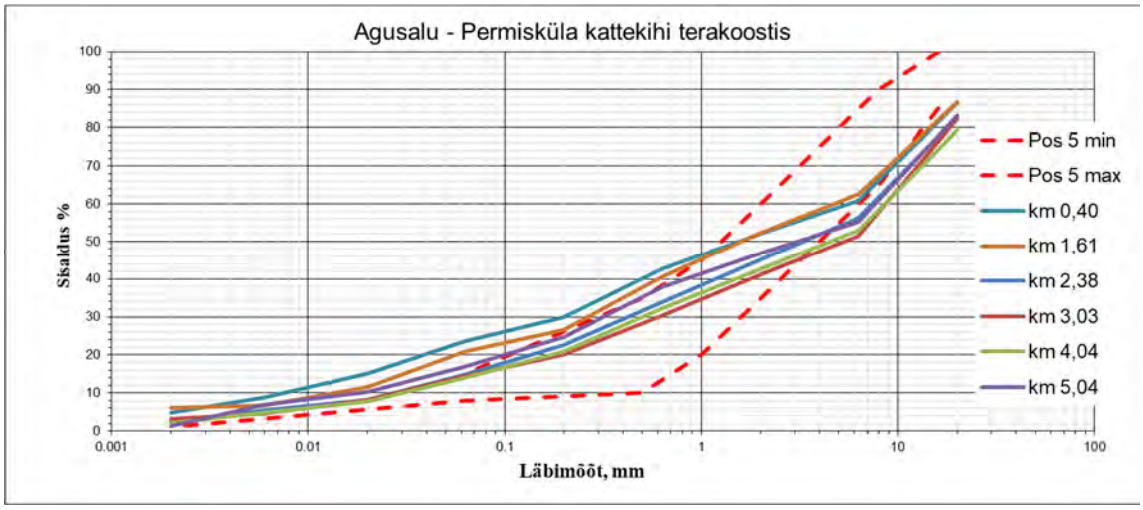
Puuraukude läbilõiked on esitatud joonisel 9, millest nähtub, et teekatend, kui selle all mõelda kruuspinnast, on väga õhuke ning selle all paikneb suures osas peeneteraline möllpinnas. Ei ole teada, kas möllpinnas on näiteks tee ehitamiseks kohale toodud või oli see seal juba olemas, mille peale rajati kruuskate. Maaradariprofiiliga on eristatud, et teekatend on ca 80 cm tüsedusega, kuigi esineb paksemaid ja õhemaid kruusakihte ning kohati esineb nende all ka mulda (näiteks joonised 9 ja 10).

Kattekruusa terakoostis on esitatud joonisel 8, mille alusel väljub kruus pos. 5 terakoostise piiridest olles liialt peeneteraline. Ida-Virumaal on levinud peeneteralised liivad, mis mingil määral kajastub ka siin objektil kasutatud kruusa terakoostises.

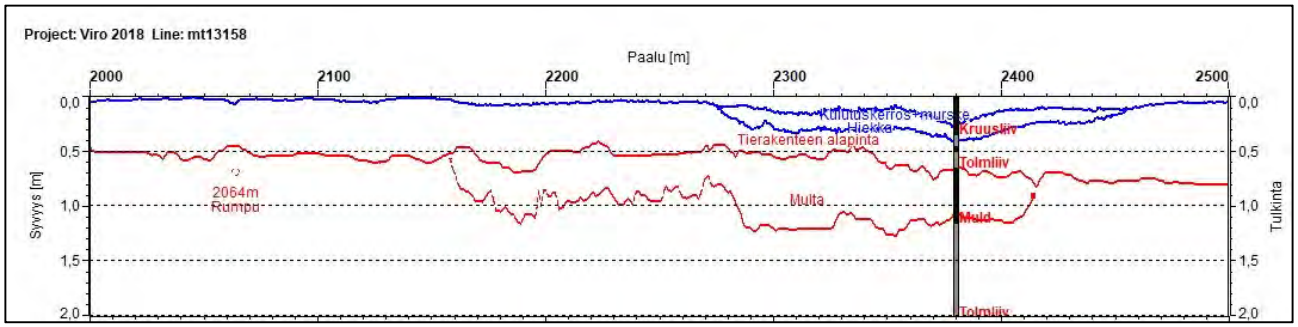


Kandevõime	128 Mpa	200 Mpa	114 Mpa	89 Mpa	200 Mpa	116 Mpa
Asukoht	PA 29-1	PA 29-2	PA 29-3	PA 29-4	PA 29-5	PA 29-6
Materjal/Pinnas	km 0,40 pp	km 1,61 pp	km 2,38 pp	km 3,03 pp	km 4,04 pp	km 5,04 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	14	15	15	12	15	15
Kruusliiv			20	8	5	
Kruusliiv, tolmne		5				15
Möll	86		10	15	180	25
Muld	25		5			10
Möll, orgaanikaga		5		30		
Möll	75	175	15	135		
Muld			50			
Möll			85			
Savimöllmoreen, kruusa 30-40%						135
veetase (07.06.2018)	1.50		1.30	0.95		

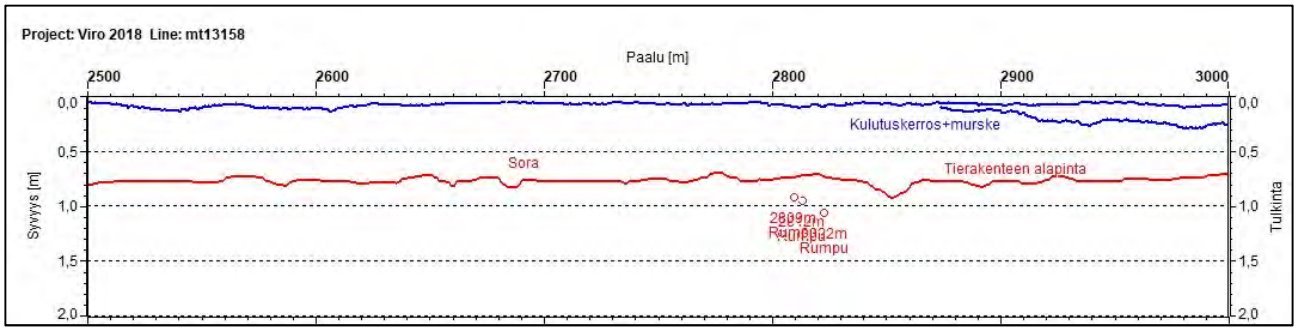
Joonis 7. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 8. Agusalu – Permisküla kattekihi terakoostis



Joonis 9. Km 2.00...2.50 maaradar



Joonis 10. Km 2.50...3.00 maaradar

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõime terve objekti lõikes on väga hea, eristusid üks lõik (km 2.05...2.40) ning üks koht (km 3.00), kus näitajad olid tunduvalt erinevad keskmisest.

Esimese lõigu tulemustest on näha, et tulemused vahelduvad. See on tingitud asjaolust, et mõõtmised tehakse „maleruudu“ meetodil ehk üks tulemus vasakult teepoolelt, järgmine tulemus paremalt jne. Vaatluse info kohaselt on näha, et kehvemad tulemused on võetud sisekurvist, kus kurv on lääpas, kraavitus puudub ning vesi seisab kohe teekonstruktsiooni ääres (Foto 4). Maaradarist nähtub, et üle poole antud lõigust/kurvist paikneb ca 50 cm paksusega mullakihi peal (joonis 9), mis muudab teekonstruktsiooni tunduvalt tundlikumaks liigniiskuse suhtes. Antud lõigus on vaja parandada eelkõige kuivendust kraavide kaevamise näol ning tõsta sisekurvi 20 cm kruusaga andes optimaalne

kurvikalle 4...6%. Eraldi katendiarvutust pole vaja näidata antud olukorras, kuna probleem pole otseselt nõrgas kandevõimes, vaid ebapiisavas kuivenduses.

Foto 4. Problemaatiline sisekurv km 2.05...2.40

Madalam kandevõime saadi ka punktist km 3.0, kus on väga kõrgel SCI300 parameeter, kuid mitte BDI ja BCI1200, mis annab märku sellest, et probleem valitseb teekatte kruusas. Vaatluse info kohaselt on antud kohas rajatud kraavitus ning maaradari andmetel ei erine konstruktsioon keskmisest (Foto 5) (Joonis 10), mistõttu pole vaja antud kohas eraldi katendi tugevdamist ette võtta. Tõenäoliselt põhjustas antud punkti nõrgemat kandevõimet teekatte serva seisma jäänud vesi. Probleem kõrvaldatakse tolmuvaba katte rajamisega.

Kogu teelõigule võib teha ühesuguse lahenduse kasutades tabelis 3 esitatud katendiarvutust. Olemasolev kruuskate ei ole üldiselt kuigi sobilik tolmuvaba katte aluseks, kuna seoses kõrge peenosisesisaldusega on see niiskus- ja deformatsioonitundlik. Kuna aga tee kandevõime on juba kruusateena väga kõrge ning liikluskoosseisus on raskeliiklust minimaalselt, võib taolist lahendit kasutada.

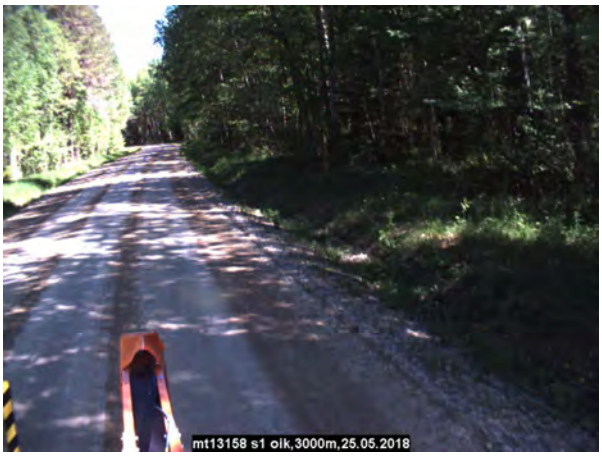


Foto 5. Vaade nõrgema kandevõimega kohale km 3.00

Tabel 3

Agusalu – Permisküla katendiarvutus

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: F - kruusa- või killustikusegu E-110		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06			Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
ALUS	F - kruusa- või killustikusegu E-110		**110.0**					36.0	0.020	7.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			47.0%	150.98	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					150.98		
	F - kruusa- või killustikusegu E-110		Nihkepinged aluspinnasel	0.0517	0.1543	66.5%			-
	Katendi kogupaksus	8.0					Parandustegur Δ		

7. Objekti ehitustegevused

1. Kraavid

Km 2.07...2.40 tuleb kaevata vasakule poole teed kraav, mis toimib km 2.07 asuvale truubile eesvooluna. Lisaks tuleb kaevata eesvoolu (E)- ja äravoolukraavid (Ä) truupidele:

- Km 0.79 (E)25+(Ä)25 meetrit
- Km 4.55 (E)25+(Ä)25 meetrit
- Km 4.73 (E)25+(Ä)25 meetrit

Kraavi keskmiseks sügavuseks arvestatakse 0,7 m. Eeldatakse, et kraavide kaevamine teostatakse profiilkoppadega varustatud ekskavaatoritega (põhja laius 0,4 m). Kraavi nõlvakalle tagada vastavalt võimalusele sisenõlv 1:2 ja välisnõlv 1:1,5. Erandkorras võivad nõlvad kujuneda ka 1:1 kaldega, kuid sellised nõlvad tuleb kindlustada.

2. Raadamine

Enne kui ees- ja äravoolukraave saab kaevata, tuleb teostada nendes lõikudes raadamine. Raadamislaiuseks arvestada 5 meetrit ja raadata piki ees- ja äravoolukraavide sihti (eesvool 25 meetrit ja äravool 25 meetrit).

3. Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia ühtlaselt kokku põhiteega. Elukohtade sissesõidud ja mahasõidud kohalikele teedele tuleb viia tolmuvaba katte alla.

4. Truubid

Truubid tuleb välja vahetada järgnevates kohtades:

- Km 0.79
- Km 2.81

- Km 3.69
- Km 4.55

Km 4.73 tuleb paigaldada uus truup. Kuigi Teeregistri andmetel peaks selles kohas truup paiknema, ei eksisteeri seda truupi reaalsuses vaatluse info kohaselt (Tabel 2).

Truupide pikkuseks arvestada km 0.79 ja 2.81 12 meetrit ning km 3.69, 4.55, 4.73 10 meetrit. Truupide läbimõõduks arvestada 800 millimeetrit. Ehitamisel tuleb lähtuda Teetööde tehnilisest kirjeldusest.

5. Mullatööd

Lõigus km 2.09...2.35 täita sisekurv kruusaga kihipaksusega 20 cm. Täite laiuseks arvestada 3 meetrit. Eesmärk on saavutada optimaalne profiil.

6. Katend

Tee tuleb profileerida nii, et põikkalle oleks 3…4%, kurvides 4…6%. Lõikesügavus peab olema aukude põhjani või vähemalt 5 cm.

Profileeritud ja tihendatud kruuskattele paigaldada 8 cm MSE 20.

Teha seotud kihile kahekordne pindamine (2x).

Pinnatud teekatte laiuseks arvestada 6.5 m (lõigus km 0.00...4.01 saaks teha 7 meetrise katte, kuid lõigus km 4.01...5.12 mitte üle 6.5 meetri).

2019	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus

KULUDE LOEND NR 1: ÜLDISED

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10201	Proovivõtt ja katsetamine			kogusumma	1.00	2 070.00	2 070.00
10202	Load, kindlustused			kogusumma	1.00	1 035.00	1 035.00
10203	Infotahvlid			kogusumma	1.00	1 026.00	1 026.00
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	km		kogusumma	1.08	2 587.50	2 794.50
					Summa kantud kokkuvõttesse		**6 925.50**

KULUDE LOEND NR 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20202	Raadamine, juurimine ja tee-maa-ala puhastamine	m2		kogusumma	750.00	1.54	1 157.63
					Summa kantud kokkuvõttesse		**1 157.63**

KULUDE LOEND NR 3: MULLATÖÖD

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30107	Uute kraavide kaevamine	m3		m^3	378.00	6.17	2 333.77
					Summa kantud kokkuvõttesse		**2 333.77**

KULUDE LOEND NR 4: KATEND

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40507	Purustatud kruusast aluskiht	m3		m^2	156.00	3.50	546.00
40511	Purustatud kruusast sirbikujulise profiiliga kate (6 cm, sõidutee)	m3	6	m^2	0.00	2.30	0.00
40511	Purustatud kruusast kate (mahasõidud)	m3	15	m^2	125.00	4.16	520.50
	Mustsegu (MSE)	m2 per cm	1	m^2	36355.90	4.53	164 604.97
44005	2x pindamine (sõidutee)	m2		m2	35330.50	3.76	132 718.32
					Summa kantud kokkuvõttesse		**298 389.79**

KULUDE LOEND NR 5: DRENAAŽ JA TRUUBID

Artikli nr	Makseartikli nimetus	Parameetrid	cm/Ø	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
50502	Päiste parandamine			tk	1.00	258.75	258.75
51001	Plastiktruup	diameeter (m)	80	m	54.00	248.40	13 413.60
					Summa kantud kokkuvõttesse		**13 672.35**

KULUDE LOEND: KOKKUVÕTE (Agusalu - Permisküla)

KULUDE LOEND Nr 1: ÜLDISED	**6 926€**
KULUDE LOEND Nr 2: EHITUSOBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	**1 158€**
KULUDE LOEND Nr 3: MULLATÖÖD	**2 334€**
KULUDE LOEND Nr 4: KATEND	**298 390€**
KULUDE LOEND Nr 5: TRUUBID JA VEEVIIMARID	**13 672€**
KULUDE LOEND Nr 6: KONSTRUKTSIOONID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 7: LIIKLUSKORRALDUSVAHENDID	**- €**
KULUDE LOEND Nr 8: TEHNOVÕRGUD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 9: MAASTIKUKUJUNDUSTÖÖD	**- €**
KULUDE LOEND Nr 10: TALIHOOLE	**- €**

KANTUD KOGU SUMMASSE	**322 479€**
käibemaks 20%	**64 496€**
KOKKU käibemaksuga 20%	**386 975€**

19201 Pärnu-Jaagupi – Kalli km 23.68…32.11 (8.43 km)

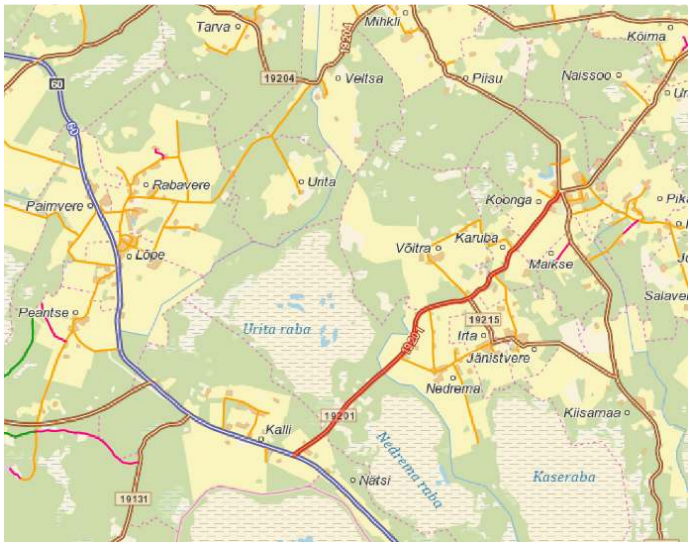
Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

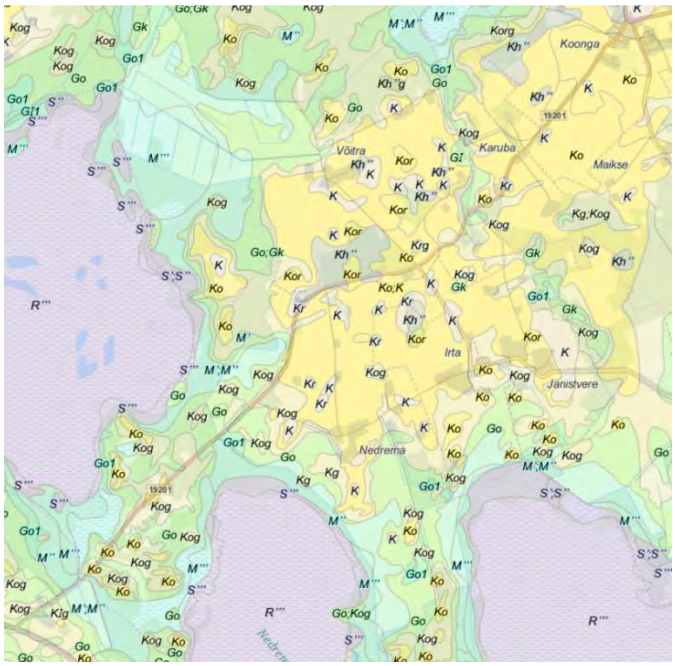
1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart joonisel 2. Mullastiku kaardilt nähtub esiteks, et tee viimane kolmandik on liigniiskes piirkonnas, mõlemal pool teed on tabad, väike osa teest on ka madalsoo mulla levikualal. Ülejäänud viimane kolmandik paikneb leostunud gleimulla või gleistunud leostunud mulla levikualal. Need on vastavalt alaliselt või ajutiselt liigniisked mullad. Leostunud gleimulla puhul on liigniiskus tingitud pidevalt mullaprofiili ulatuvast põhjaveest. Ülejäänud tee (esimene 2/3) on valdavalt leostunud mulla levikualal.

Mullakaardilt järeldub seega, et viimane ca 1/3 teest kannatab liigniiskuse all.



Joonis 1. 19201 Pärnu-Jaagupi – Kalli km 23.68…32.11 asukoht (Teeregister)



Joonis 2. 19201 Pärnu-Jaagupi – Kalli km 23.68…32.11 näidatuna mullakaardil (Maa-amet)

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel on tegemist V klassi maanteega

Liiklussagedus 2018:

237 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 91%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 6%, arvuliselt vastavalt 213, 8 ja 16 a/ööp), mille alusel E_{vaj} = 172 MPa [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (8*2.67+16*3.76)*0.55 = 44.8 V_1/ööp].

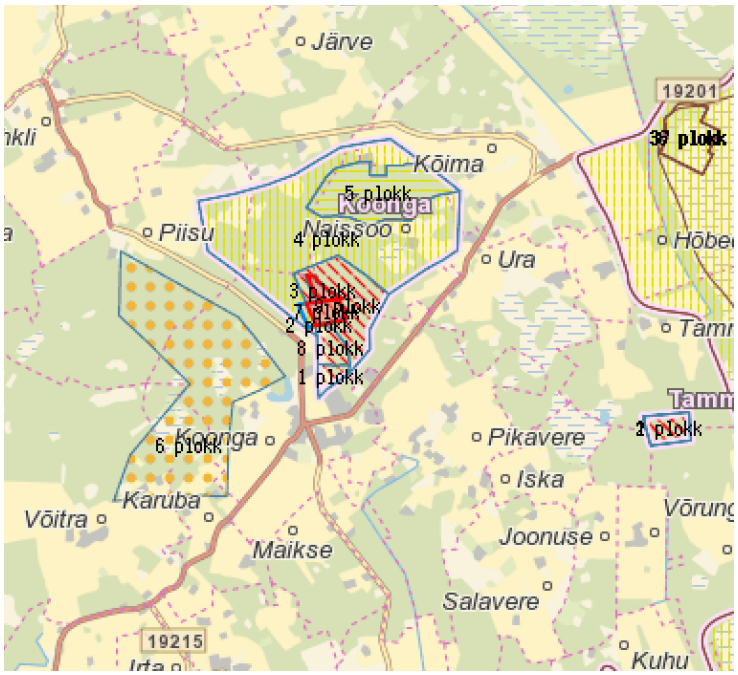
Tulevikuplaanidest on teada, et tee ümbruskonda on planeeritud karjääride avamist, mis suurendab raskeliikluse osakaalu. Tee vahetus lähetuses on dolokivikarjäär (Koonga II) ning suur ehitusdolokivi varu (joonis 3). Oletades, et karjääri avamisel või aktiivsema kasutuselevõtu tagajärjel suureneb veoautode arv 20-ni ja autorongide arv 50-ni, saadakse E_{vaj} = 205 MPa. Kuna ei ole täpselt teada liikluskoormuse kasvu, siis kasutatakse seda katendiarvutuse tegemisel.

Teele on tehtud viimane pindamine aastal 2009 (1x fr. 8/12 mm, tardkivi). Teeregistri alusel on tegemist pinnatud kruusateega, katte ehitamise aasta 1990.

Katte laiuseks on märgitud 7 m ja mulde laiuseks 8 m. Reaalsuses mõõdeti katte laiuseks järgnevalt:

- km 2.4: 5.4 m;
- km 2.5: 6.3 m;
- km 2.58: 6.3 m;
- km 2.8: 5.9 m;
- km 2.91: 5.9 m;
- km 3.07: 5.7 m;
- km 3.19: 5.6 m;

Võimalik, et aastal 1990 on teekate ehitatud hetkel objektil mõõdetavast laiemana, kuid mõõtmisandmed kajastavad viimase pindamiskihi laiust.



Joonis 3. Tee vahetus lähetuses paikneb suur ehitusdolokivi varu.

Mahasõidud ja ristumised:

Tabel 1

Mahasõitude ja ristumiste asukohad ning iseloomustused

Ristmik, km	Ristmiku nimetus	Ristmiku pool	Ristuva tee number	Ristmiku liik	Suundade arv	Ristumise tüüp
26769	IRTA	Vasakule	19215	tavaline ristmik	3	riigitee-riigitee
32110	KALLI	Mõlemal pool	60	tavaline ristmik	3	riigitee-riigitee

Asukoht, km		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truup	Kasutus
23925	vasakul	muu	6,0	kattega	nokk puudub	truup puudub	muu
24046	vasakul	muu	4,0	kattega	nokk puudub	truup puudub	muu
25188	paremal	muu	3,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	muu
25250	paremal	muu	4,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega
25293	vasakul	muu	3,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega
25992	vasakul	muu	4,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega
26770	paremal	muu	4,0	kruus	nokk puudub	truup puudub	piiramata otstarbega
27679	vasakul	muu	4,0	katteta	nokk puudub	truup puudub	elukohta sissesõit
29005	vasakul	muu	5,0	kattega	nokk puudub	truup puudub	muu
30746	vasakul	muu	6,0	katteta	nokk puudub	truup on	muu
31405	vasakul	muu	4,0	katteta	nokk puudub	truup on	muu
31841	vasakul	muu	5,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup on	muu
31842	paremal	muu	5,0	kruus	kattega noka pikkus 6 ja >m	truup on	muu

Truubid:

Tabel 2

Objektil olevad truubid

Asukoht	Avad	Ehitusaasta	Pikkus	Päised	Läbimõõt	Seisukord
25128	1	1963	10,0	päised on	0,45	väga hea
25720	1	1963	11,0	päised on	0,45	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)
26068	1	1963	11,0	päised on	0,45	väga hea
26593	1	1963	11,0	päised on	0,45	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)
28359	1	1963	11,0	päised on	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)
28498	1	1963	12,0	päised on	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)
29482	1	1972	19,0	päised on	1,25	väga hea
30672	1	1963	11,0	päised on	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)
30880	1	1963	11,0	päised on	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)
31414	1	1964	13,0	päised on	1,0	väga hea
31653	1	1970	12,0	päised on	0,75	väga hea

3. Tee visuaalse vaatluse info

Väga palju on tee keskel võrkpragu ja/või näha, kuidas keskelt on hägust vett välja ajanud (sulamiskonsolideerumine, vabal veel ei ole võimalik mujale minna, kui väljuda läbi teekatte; see põhjustab ka liigvee kogunemise seotud kihi alla nõrgestades kandevõimet ja põhjustades objektil esinevaid defekte).

Kõikjal ei ole otsest seost mõõdetus kandevõime ja teekattel nähtavade defektide vahel, näiteks km 28.2 olid kandevõime hea, kuid tee keskelt punnitas tugevalt üles.

Tee remontimisel tuleb arvestada sellega, et raskeliikluse osakaal tulevikus suureneb. Raskeveokid põhjustavad nidusates pinnastes pooriveerõhu tõusu, mistõttu pinnase tugevus tugevalt kahaneb. Seega on katendisse vaja kihti, kuhu liigvesi saaks hajuda, teisisõnu dreenkihti.

Fotodel 1…6 on kujutatud tee seisukorda.

Fotod 1 ja 2. Tee seisukord km 24.8 ja km 26.0.

Fotod 3 ja 4. Teekatte seisukord km 26.3 ja km 26.7

Fotod 5 ja 6. Liigvesi tungib läbi teekatte, kuna alus ei ole dreeniv.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti 01.05.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3 ja millest nähtub, et tee kandevõime on enamasti (oodatult) madalam kui vajalik. Vajumikausiparameetrid on esitatud joonistel 5…7.

Väga madalad kandevõimed saadi järgmistest punktidest:

- km 24.3…24.9: 110…120 MPa;
- km 25.3: 100 MPa;
- km 25.9…26.05: ca 60 MPa;
- km 27.1…27.2: ca 110 MPa;
- km 27.7…27.9: ca 120 MPa;
- km 29.6: 100 MPa;
- km 31.3…31.6: 90…120 MPa.

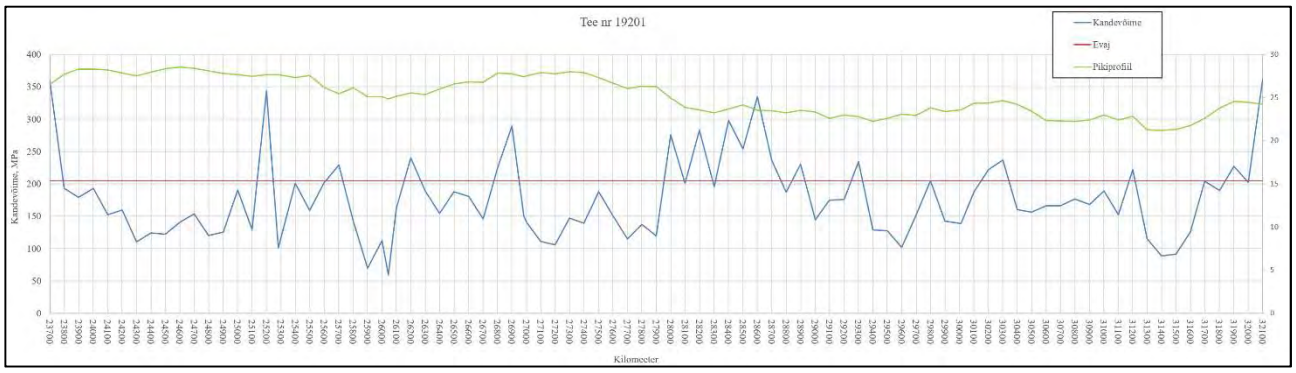
Jooniselt 5 SCI parameetri osas nähtub, et km 28.0 toimub järsk muutus. Kui enne km 28.0 on SCI väärtus enamasti väga kõrge, siis peale seda kukub piirväärtuse lähedusse. Ka visuaalse vaatluse mõttes oli tee esimene pool halvemas olukorras (väga palju võrkpragunemist) kui teine pool.

Jooniselt 6 nähtub, et BDI väärtus on väga veenvalt üle piirväärtuse, teisisõnu on sügavuses 300…600 mm niiskustundlikud ja madala deformatsioonikindlusega pinnased, mis tõenäoliselt

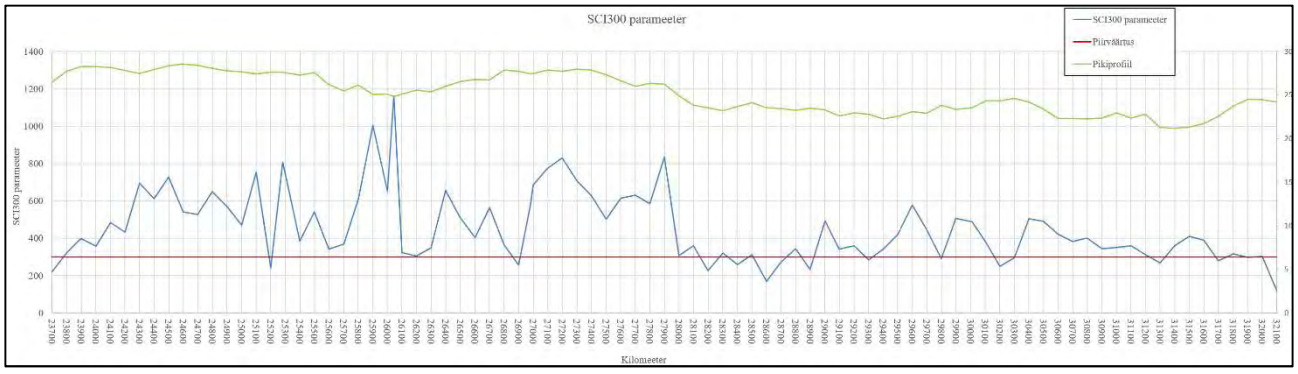
liigniisked. Nii SCI kui BDI puhul paistab silma km 25.9…26.05, kus oli ka kandevõime kõige madalam.

Jooniselt 7 nähtub, et BCI ehk aluspinnast iseloomustav väärtus on kuni 29.0 allpool piirväärtus tõustes seejärel üle piiri. See korreleerub mullakaardil nähtavate muldade levikualaga ja nende põhjal tehtud järeldustega, et pinnaste osas on tee viimane kolmandiks niiskemas keskkonnas kui esimene. Km 31.3…31.7 on BCI väga kõrge väärtusega, mis viitab turbapinnaste olemasolule tee all.

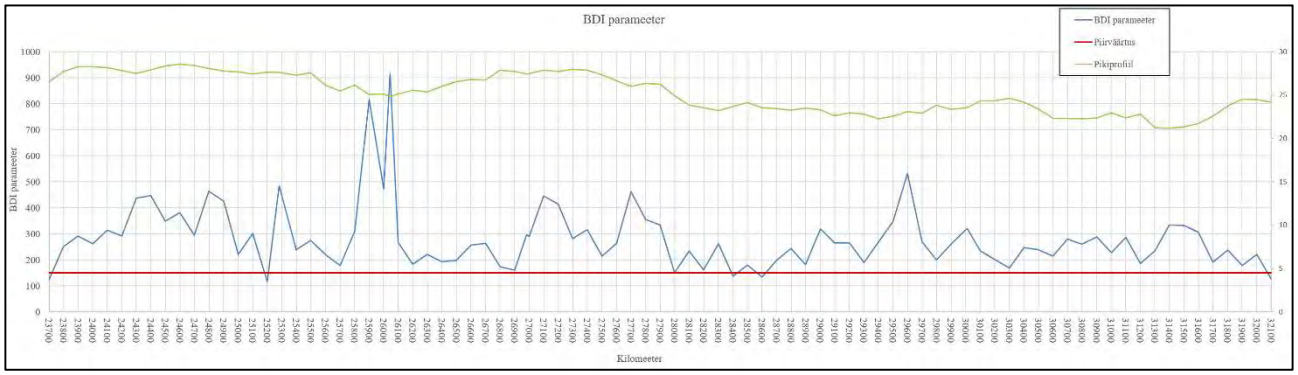
Tee koondanalüüs tehakse eraldi peatükis peale ehitusgeoloogiliste uuringute tulemuste esitamist.



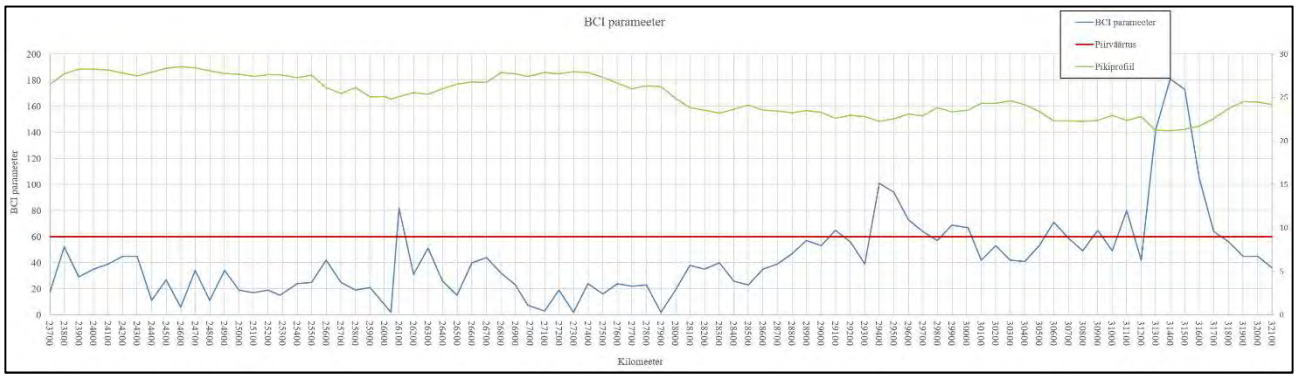
Joonis 4. Teelt mõõdetud kandevõime.



Joonis 5. SCI300 parameeter.



Joonis 6. BDI parameeter.



Joonis 7. BCI parameeter.

1. Ehitusgeoloogia

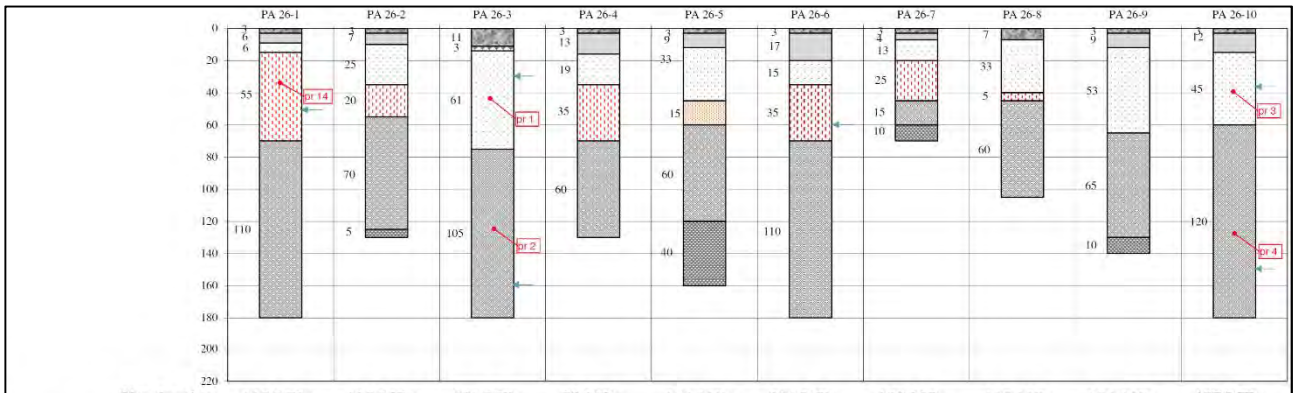
Ehitusgeoloogiline aruanne kirjeldab pinnaseolusid järgnevalt:

„Uuritud tee paikneb Lääne-Eesti rannikumadaliku kaguservas. Ala relfeef on väheldase tõusuga edelast kirde suunas (Kalli küla poolt Koonga küla poole). Suurematest vooluveekogudest ristuvad teega Oara oja ja Kalli kraav (Urita kraav).

Kruusatee on kaetud pinnatud pudeda (frees)asfaldikihiga, mille kogupaksus on 7-20 cm. Asfaldikihi aluse vana kruusatee konstruktsiooni põhiliseks pinnaseks on kruusliiv, mille all esineb 5-55 cm paksune mullakiht. Puuraugus PA26-15 esines kruusliiva lamamina turbamulda 15 cm ja turvast 90 cm. Tee aluspinnaseks on nimetatud lõigul enamasti savimöllmoreen (voolavuspiir WL=21,1...22,1%, plastsuspiir WP=15,3...18,0%, plastsusarv IP=4,1...5,8, looduslik niiskus Wn=11,2...19,2%). Puuraugus PA26-15 esines turbamulla/turba lamamina möllsavi (voolavuspiir WL=38,3%, plastsuspiir WP=17,2%, plastsusarv IP=21,1, looduslik niiskus Wn=29,2%).

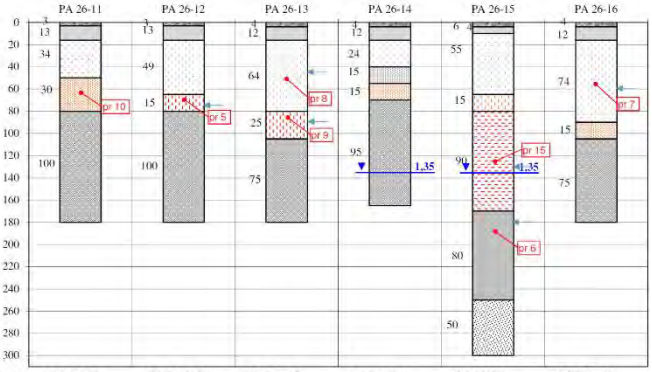
Pinnasevee tase mõõdeti PA26-14 ja PA26-15 asukohas välitööde ajal 1,35 m sügavusel kruusatee pinnast. Ülejäänud puuraukudesse vahetult pärast puurimistööde lõppu pinnasevett ei ilmunud (vee esinemise korral koguneb see moreenpinnastes puurauku väga aeglaselt) ja pärast puurimistööde lõppu puuraugud koheselt likvideeriti ning liiguti edasi järgmisele puuraugule. Moreeni pealispinnale ja liivasematesse tsoonidesse võib tekkida ajutise iseloomuga ülavett.“

Puuraukude läbilõiked on esitatud joonistel 8 ja 9. Fotod teekatte seisukorrast puuraugu võtmise kohast on lisas 1. Tulemustest nähtub, et Teeregistris sisalduv info teekatte osas ei ole korrektne. Tegemist pidi olema pinnatud kruusateega, siis tegelikkuses on vahel 7…20 cm paksune seotud kiht, tõenäoliselt mustsegu. Maaradari andmetele tuginedes on seotud kihi paksus keskmiselt ca 18cm. Selle all oleva kruusliiva kihipaksus vaheldub väga suures vahemikus 6…74 cm.



Kandevõime	110 MPa	120 MPa	101 MPa	70 MPa	154 MPa	224 MPa	106 MPa	115 MPa	283 MPa	187 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 26-1 km 24,30 pp	PA 26-2 km 24,80 pp	PA 26-3 km 25,30 pp	PA 26-4 km 25,90 pp	PA 26-5 km 26,40 pp	PA 26-6 km 26,79 pp	PA 26-7 km 27,19 pp	PA 26-8 km 27,69 pp	PA 26-9 km 28,19 pp	PA 26-10 km 28,79 pp
Asfalt	3	3	11	3	3	3	3	7	3	3
Asfalt, pude, bituumeniga, killustikuga	6	7		13	9	17	4		9	12
Lubjakivikillustik			3							
Kruusliiv	6	25	61	19	33	15	13	33	53	45
Peenliiv, orgaanikaga					15					
Muld	55	20		35		35	25	5		
Savimõllmoreen, kruusa 10-30 %	110	70	105	60	60	110	15	60	65	120
Jäänepurdmoreen, kruusa > 50%		5			40		10		10	

Joonis 8. Ehitusgeoloogilise uuringu puuraukude ristlõiked, osa 1.



Kandevõime	129 MPa	205 MPa	237 MPa	168 MPa	92 MPa	227 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 26-11 km 29,38 pp	PA 26-12 km 29,78 pp	PA 26-13 km 30,28 pp	PA 26-14 km 30,88 pp	PA 26-15 km 31,50 pp	PA 26-16 km 31,90 pp
Asfalt	3	3	4	4	4	4
Asfalt, pude, bituumeniga,killuga	13	13	12	12	6	12
Kruusliiv	34	49	64	24	55	74
Turbamuld					15	
Turvas					90	
Peenliiv				15		
Peenliiv, orgaanikaga	30			15		15
Muld		15	25			
Savimõllmoreen, kruusa 10-30 %	100	100	75	95		75
Möllsavi					80	
Kruusliiv, savikas					50	
veetase (16.05.2018)				1,35	1,35	

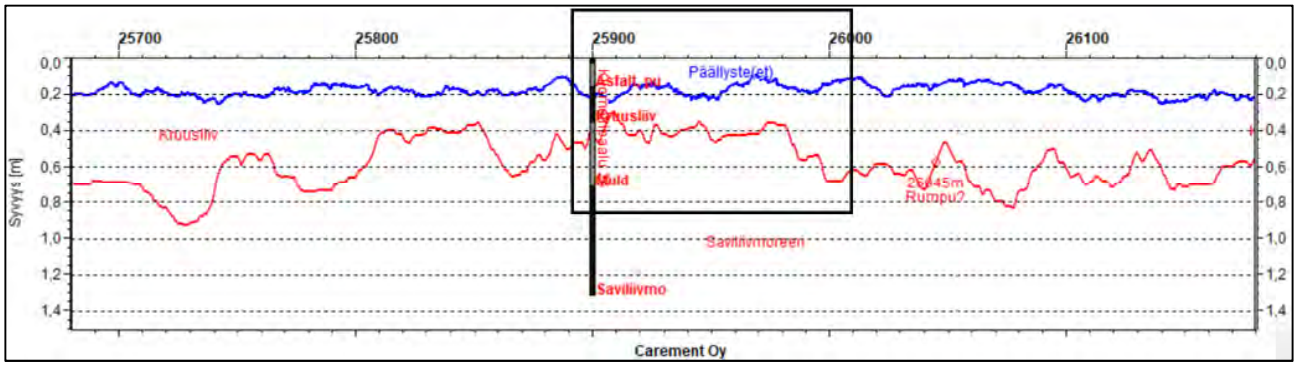
Joonis 9. Ehitusgeoloogilise uuringu puuraukude ristlõiked, osa 2.

6. Analüüs ja tee jagamine homogeenseteks lõikudeks

Kandevõimemõõtmise alusel olid nõrkadeks kohtadeks järgmised punktid/piirkonnad:

- km 24.3…24.9 (110…120 MPa, piirkonda võib laiendada km 23.8…24.9). SCI ja BDI väärtused on väga kõrged. Ehitusgeoloogia puuraukude alusel ei ole piirkonnas sisuliselt katendit, kruusakihi all on muld (mis on tõenäoliselt orgaanikasisaldusega saviliiv või liivsavi). Lisaks on tee olemasolevast maapinnast madalamal.

- km 25.3: 100 MPa. Kandevõime on mõõdetud sisekurvist (ehitusgeoloogia punkt väliskurvist, v.t foto L2), kuhu koguneb vesi ka kus on tõenäoliselt ka katendikihid väga õhukesed. Muidu on piirkonnas kandevõime hea, kuid sisekurv vajab täitmist.
- km 25.9…26.05: ca 60 MPa. SCI ja BDI parameetrid on väga kõrged. Tee asetseb väikesel künkal, mis on kruusateede osa tavaliselt kohaks, mis ajab vett välja. Maaradari alusel on katendikihid õhukesed (joonis 10), ehitusgeoloogia aruande kohaselt asetseb kruusliiva all mullakiht.
- km 27.1…27.2 ja km 27.7…27.9 (ca 110…120 MPa, piirkonda võib laiendada km 27.0…27.9). Katendikihid väga õhukesed.
- km 29.6 (100 MPa). Tee asetseb väikesel künkal, mis on kruusateede osa tavaliselt kohaks, mis ajab vett välja. Probleemile viitab ka väga kõrge BDI parameeter. Maaradari alusel on katend künkal õhuke.
- km 31.3…31.6 (90…120 MPa). Tee all on turvas (madal kandevõime korreleerub mullakaardil nähtava madalsoomulla levikualaga).



Joonis 10. Väljavõte maaradariprofiilist km 25.7…26.1.

Täiendavalt oli lisaks madalate kandevõimega kohtadele kogu objekti piires näha tee keskel külmakerkekahjustusi ja neid ka kohtades, kus kandevõime oli kõrgem, mis näitab, et kogu teekatend on tugevalt niiskustundlik ja külmakerkeline. Liikluskoormuse suurenedes on oodata tee olukorra olulist halvenemist. Siiski lõiku km 28.0…29.0 võib lugeda mõnevõrra ülejäänud teest paremaks, kus võiks kasutada ökonoomsemat latendilahendust.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et tee lagunemise ja nõrga kandevõime probleemiks on:

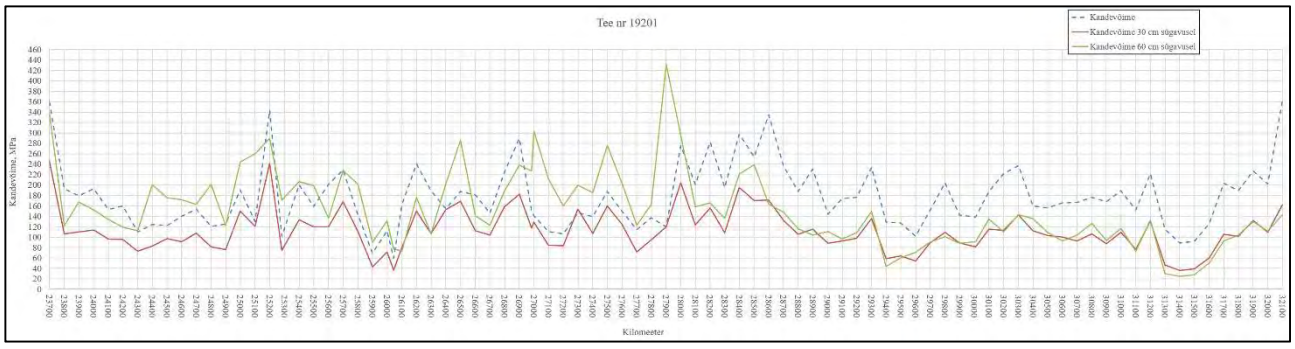
1. aluses sinna mitte sobiva materjali olemasolu: kruusatee kattekihtides kasutatava optimaalse terastikulise koostisega kruus, mis on suure niiskustundlikkusega;
2. teekatendi ja tee ümbruse mittetoimiv drenaaž;
3. kohati liiga õhukesed katendikihid;
4. tee katendit ja seal sisalduvaid materjale arvestades liiga suur liikluskoormus.

Käesolev objekt näitab ilmekalt seda, mis juhtub pikaajalises perspektiivis ebapiisavalt ettevalmistatud kruusateele tolmuvaba katte paigaldamisel tingimustes, kus liikluskoormus tõuseb tavapärasest kruusateest (ca 100…150 autot/ööp) kõrgemale.

Tee seisukorra parandamiseks on vajalik paigaldada dreeniv kiht. Vajalik oleks kaevata ka kraavid ja olemasolevad puhastada. Uute kraavide kaevamine on komplitseeritud, kuna tee ääres jookseb

(side)kaabel. Lisaks oleks vaja teed laiendada, kuid ka seda takistavad paigaldatud (side)kaablid. Käesolevalt on võimalik lahendada teekatendi tugevdamine, kuid seoses tee ääres jooksva kommunikatsioonitrassiga ei ole võimalik planeerida teekatte olulist laiendamist ega kraavide kaevamist ilma projekti koostamata. Olemasoleva informatsiooni põhjal saaks ilma projektita lahendatava teekatte laius olla maksimaalselt ca 6.5 m.

Teekatendi rekonstrueerimiseks on kõigepealt vaja eemaldada teekate. Seetõttu ei ole võimalik kasutada kandevõimemõõtmise tulemusi otse, vaid on vaja arvestada katte all olevate pinnastega. Seda on võimalik teha arvestades kas pinnase nimetust (nagu Elastsete teekatendite projekteerimise juhis) või tehes FWD tulemustele põhinedes tagasiarvutus. Kruusateede projekteerimise juhises on selleks esitatud väga lihtne valem (valem 2), millega arvestada lihtsustatud korras ka sügavamate kihtide pealt saadavaid kandevõimeid. Tegemist on lihtsustatud lähenemisega, mis ei sobi kasutamiseks kattega teedel, kuid kuna antud juhul on kate väga pragunenud, võetakse siiski valemi 2 tulemusi arvesse. Kattega teede puhul tuleb kasutada tagasiarvutamise programme, kuid need enamasti ei kehti, kui teekattes on võrkpragu ehk asfaltkate ei tööta enam plaadina. Viidatud valemiga 2 tehtud tagasiarvutused sügavustes 30 ja 60 cm osas on esitatud joonisel 11.



Joonis 11. Tagasiarvutatud kihtide elastsusmoodulid sügavuses 30 ja 60 cm.

Joonisel nähtub, et km 23.7…28.6 on 30 cm sügavusel kandevõimed oluliselt nõrgemad kui 60 cm sügavusel. Sellele viitas juba ka BDI parameeter, mis näitab, et drenaaž on ebapiisav, tee ülaosas paiknevad üleniiskunud ja niiskustundlikud materjalid, mis tõenäoliselt on lisaks veel ka madala deformatsioonikindlusega. Selles kilomeetrivahemikus on probleeme pigem (ajutise) pinnaveega ja nagu mullakaardi alusel nähtub, ei viita seal levinud mullad, et piirkond oleks muidu liigniiske. Km 23.7…28.6 on aluspinnas kuivem, mistõttu on ka kandevõimed 60 cm sügavuses kõrgemad kui 30 cm peal.

Mullakaardilt järeldus, et km 28.6…32.11 (ehk tee viimane kolmandik) on niiskem, mistõttu on 30 ja 60 cm tulemused ühtlasemad. Kuna tee viimane kolmandik paikneb niiskemas keskkonnas, siis on võimalik, et seetõttu on sinna paigaldatud ka paksemad kruusakihid, mistõttu on tee seisukord mõnevõrra parem, samuti on mullakihid õhemad.

Katendiarvutuse jaoks peaks lähtuma sellest, et 30 cm sügavusel on pinna kandevõimeks 60 MPa. Sellisel juhul on sobilik KAPis lähtuda tolmliiva parameetritest. Kui teekate eemaldada (pindamine koos vana mustseguga), jääb alles veel kruusakiht, mida on arvutuses kajastatud kui kasutaja poolt lisatud materjalina „märg kruus“ elastsusmooduliga 65 MPa. Tugevusarvutuse mõttes piisaks, kui paigaldada 25 cm killustikku, mille peale 9 cm mustsegu, kuid sellisel juhul ei ole katend külmakindel (tabel 3). Külmakergetega on probleeme kogu teelõigu ulatuses hoolimata kandevõimemõõtmise

tulemustest. Lisaks, kuna on oodata raskeliikluse osakaalu märgatavat suurenemist, oleks soovituslik planeerida püsikatendit, kuid see eeldab väga põhjalikku rekonstrueerimist, mistõttu seda siinkohal ei käsitleta.

Tuleb märkida, et külmakindluse arvutamisel on kasutatud suuremat pinnaseteguri väärtust, kui tolmliivale ette nähtud, kuna olemasolevad pinnased on tegelikkusest külmakerkelisemad. Külmakindluse tagamiseks on vaja suurendada katendikihtide paksusi. Esimeseks variandiks on suurendada killustikukihi paksust 32 cm-ni, teiseks variandiks on lisada liivakiht (tabel 4).

Eelnevalt oli nimetatud, et km 28.0…29.0 oli ülejäänud teest mõnevõrra paremas seisukorras. Seal ei täheldatud võrkpragunemist ning külmakerkekahjustusi oli minimaalselt, lisaks oli kandevõime väga hea. Seega võib km 28.0…29.0 kasutada tabelis 4 esitatud katendit nii, et liivakihti ei paigaldata.

Tabel 3

Katendiarvutus (külmakindlus ei ole tagatud)

Koormussagedus: 134.45 normtelge ööp/rajale			Pinnas: B - tolmliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	9.0	950							
2	Paekillustik (LA≥35)	25.0	240							
3*	Märg kruus (65)	15.0	65					40.0	0.005	6.0
ALUS	B - tolmliiv		**61.8**					34.3	0.011	3.0

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			1.3%	164.00	205.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	9.0					164.00		
2	Paekillustik (LA≥35)	25.0					115.45		
3*	Märg kruus (65)	15.0	Nihkepinged	0.0149	0.0246	39.7%	61.19		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0120	0.0271	55.7%			0.785
	Katendi kogupaksus	49.0					Parandustegur Δ		0.000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	68
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	6
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	5.0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	7.0
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	-17.2%

** redutseeritud paksust korrigeeriti koefitsiendiga 0,8*

Tabel 4

Katendiarvutus (tagatud külmakindlusega)

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	9.0	950							
2	Paekillustik (LA≥35)	20.0	240							
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	20.0	120					40.0	0.006	6.0
4*	Märg kruus (65)	15.0	65					40.0	0.005	6.0
ALUS	B - tolmliiv		**61.8**					34.3	0.011	3.0

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			9.4%	177.17	205.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	9.0					177.17		
2	Paekillustik (LA≥35)	20.0					125.77		
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	20.0	Nihkepinged	0.0221	0.0296	25.2%	81.12		
4*	Märg kruus (65)	15.0	Nihkepinged	0.0087	0.0246	64.9%	61.19		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0066	0.0271	75.7%			0.785
	Katendi kogupaksus	64.0					Parandustegur Δ		0.000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	83
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	6
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	5.0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	5.2
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	12.9%

** redutseeritud paksust korrigeeriti koefitsiendiga 0,8*

7. Objekti ehitustegevused

Märkus. All esitatud kilomeetrid ei pruugi täielikult kattuda Teeregistris olevate andmetega. Nimetatud kilomeetrid on mõõdetud väärtused võttes aluseks vaadeldava teeosa alguspunkti kilomeetri.

1. Kraavid

Tee ääres enamasti kraavid puuduvad või on need kinni kasvanud. Olemasolevad kraavid tuleb puhastada. Hädavajalik oleks uute kraavide kaevamine kogu tee pikkuses, kuid see on komplitseeritud seoses tee äärde paigaldatud (side)kaabeliga.

2. Raadamine

Km 26.68 tuleb piirata puude võrasid.

Km 31.37…31.77 tuleks ära puhastada vasakpoolne teekraav.

3. Mahasõidud

Mahasõidud tuleb viia kokku põhiteega. Selleks paigaldada kruusast alus koos kruuskattega, mis pinnata 2.5xE.

4. Truubid

Kõik truubid (nii mahasõitude kui põhitee all) tuleb puhastada.

5. Mullatööd

Kurvid km 25.27…25.32 (50 m), km 25.63…25.68 (50 m), km 27.86…27.92 (60 m), km 28.04…28.08 (40 m), km 28.49…28.52 (30 m), km 31.21…31.26 (50 m) vajavad täitmist. Sobilik pinnas on Tee ehitamise kvaliteedi nõuetes lisa 10 positsioonid 1…4.

6. Katend

Olemasolev katend freesida, pind tasandada ja teha vajalikud täitmistööd kasutades kruuspinnast. Uus katend ei tohi jääda vanade teepeenarde vahele künasse, mistõttu tuleb ka need eemaldada. Seejärel ehitada katend lähtudes tabeli 4 katendiarvutusest. Km 28.0…29.0 ei ole tingimata vajalik paigaldada liivakihti, kuna teekatte seisukord ja kandevõimed olid seal ülejäänud teest selgelt paremad.

7. Muud

Välja oleks vaja ehitada tee ääres olevad bussipeatused.

Lisa. Fotod puuraukude asukohtadest

Foto L1. Puuraukude nr 1 ja 2 asukohad (km 24.3 ja 24.8)

Foto L2. Puuraugu nr 3 asukoht (km 25.3)

Foto L3. Puuraugu nr 4 asukoht (km 25.9)

Foto L4. Puuraukude nr 5 ja 6 asukohad (km 26.4 ja 26.79)

Foto L5. Puuraukude nr 7 ja 8 asukohad (km 27.19 ja 27.69)

Foto L6. Puuraukude nr 9 ja 10 asukohad (km 28.19 ja 28.79)

Foto L7. Puuraukude nr 11 ja 12 asukohad (km 29.38 ja 29.78)

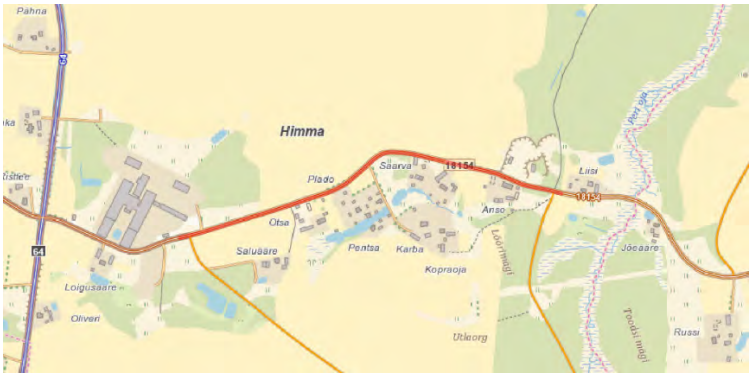
Foto L8. Puuraukude nr 13 ja 14 asukohad (km 30.28 ja 30.88)

Foto L9. Puuraukude nr 15 ja 16 asukohad (km 31.5 ja 31.9)

T-18154 Tilsi – Naruski, km 6.36…7.293

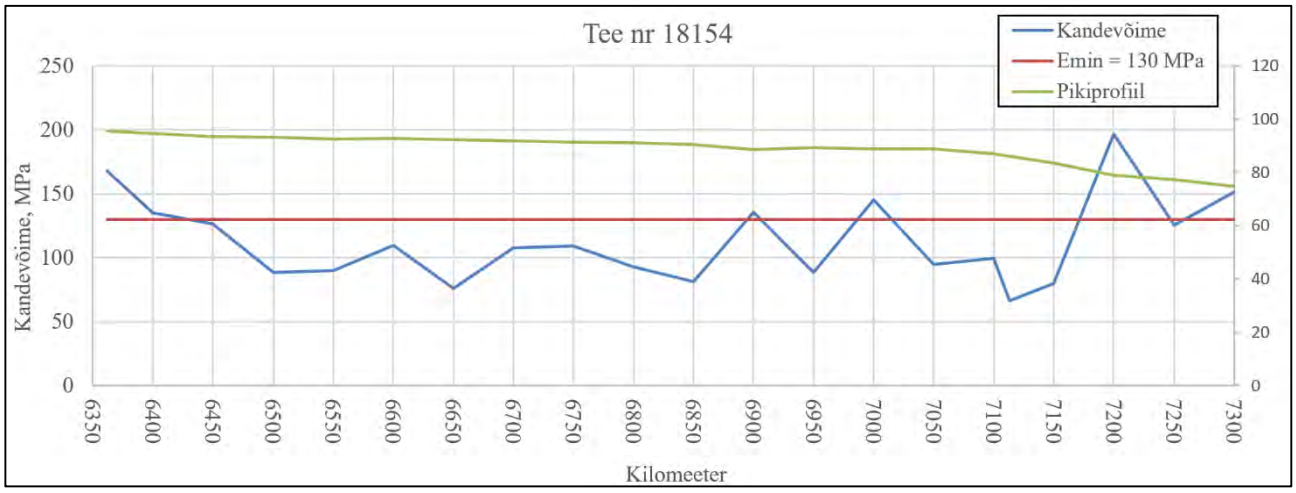
1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Kuna vaatluse kõigus avastati, et tee on ehituses eesmärgiga paigaldada peale tolmuvaba kate (foto 1), tehti teele vaid visuaalne vaatluse ja kandevõimemõõtmised.

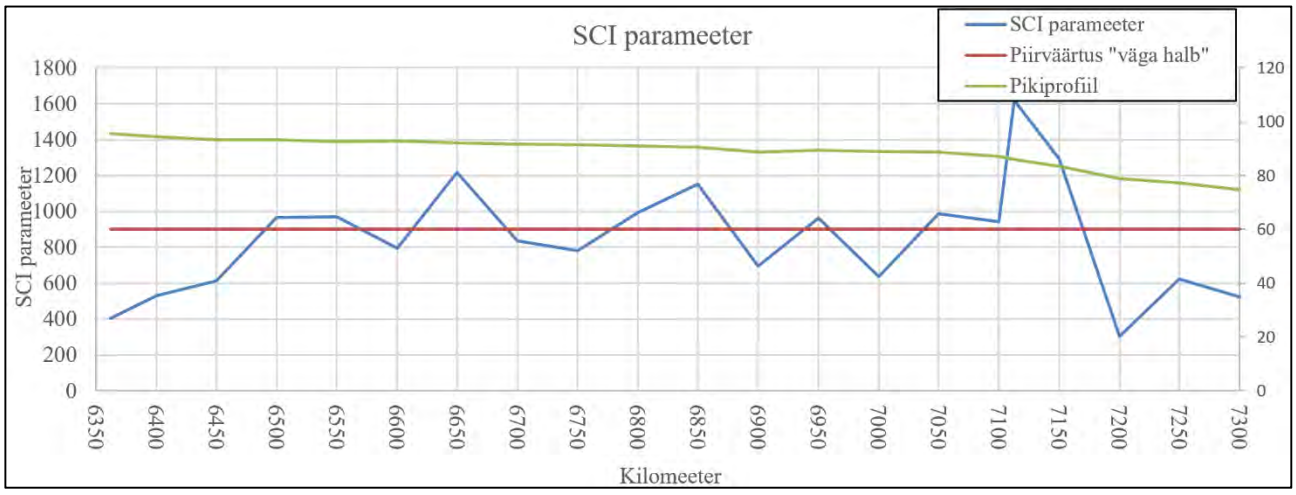


Joonis 1 ja foto 1. T-18154 Tilsi – Naruski, km 6.36…7.293 asukoht ning teetööde infotahvel.

Kandevõimed on esitatud joonisel 3, millest võib järeldada, et tee seisukord on kevadise kruusatee kohta suhteliselt hea, mille peale sobiks paigaldada pinnatud mustsegu. Probleeme oli vahemikus km 7.1…7.15, kus SCI parameeter oli ülikõrge ja teekattel näha võrkpragunemist (fotod 2 ja 3). Kõik see viitab, et nõlvas on koht, kust pressib vett välja. Sellises kohas on vaja kas vahetada välja külmakerkeline ja niiskustundlik kruus, korrigeerida olemasoleva kruusa terakoostist, et see oleks dreeniv või paigaldada dreeniv kiht. Taolised kohad hakkavad aja jooksul lagunema – kõigepealt tekib sisse võrkpragu, mis areneb edasi katte lagunemiseks, mis jääb aastast-aastasse korduma (näiteks nagu fotol 4).



Joonis 2. Mõõdetud kandevõimed olid kevadise kruusatee kohta pigem head, kuid välja paistab piirkond km 7.1…7.15, mis asub nõlval.



Joonis 3. SCI 300 parameeter ületab piirväärtust „väga halb“, mis viitab liigniiskele kattekruusale, kuid see on kevadiste mõõtmiste ajal pigem tavaline. Väga kõrge väärtus saadi km 7.1…7.15 nõlvalt, mis viitab niiskus- ja kandevõimeprobleemidele.

Fotod 2 ja 3. Km 7.1…7.15 oli teekattes näha võrkpragunemist, samuti näitas FWD nõrka kandevõimet. Tegemist on kohaga, kus varakevadel pressib sulamisjärgselt vett välja. Kui seda enne tolmuvaba katte ehitust ei korrigeerita, saadakse aja jooksul fotol 4 esitatud tulemus ehk teekate hakkab lagunema.

Foto 4. Lõuna-Eesti piirkondades on tavaline nähtus, et nõlvadest väljub vesi, mis, juhul, kui ei ole kasutatud dreenivat kihti või kui probleemseid materjale pole eemaldatud, hakkab aastast-aastasse kevadeti tekitama teekattesse lagunemisi.

23201 Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa km 16.252…23.465

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

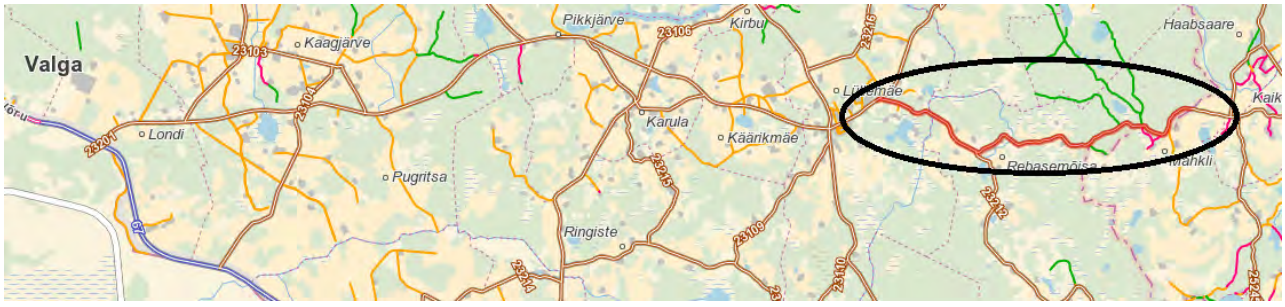
- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

1. Objekti asukoht

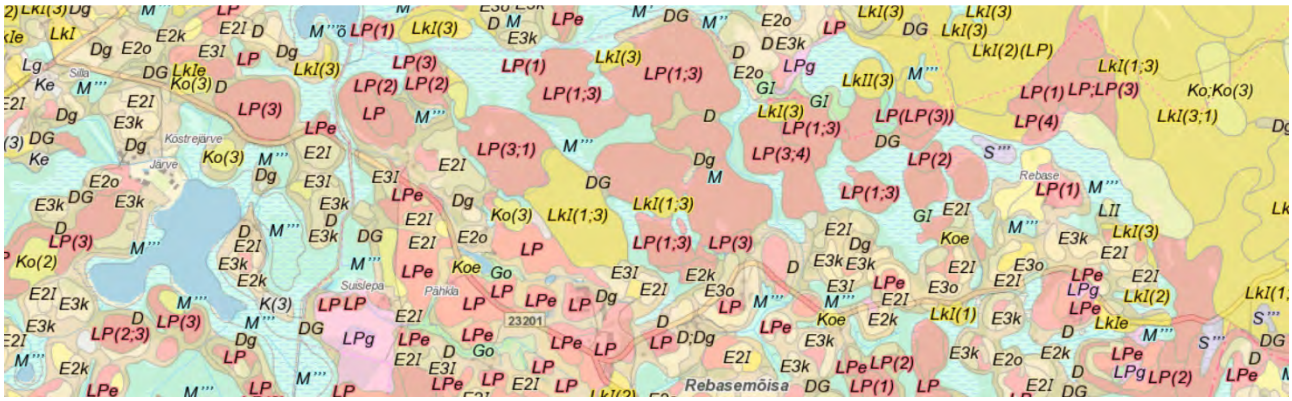
Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Mullakaart on väga vaheldusrikas, kuid üldistades saab öelda, et valdav osa teest on kas erodeeritud muldade või kahkjas leetunud muldade levikualal:

- Erodeeritud muldadena eraldatakse künklikus moreenmaastikus praeguste ja endiste kultuurmaade mullad, mis on allunud või alluvad kiirendatud vee-erosioonile. Eraldatakse kolm erosiooniastet: nõrk, keskmine ja tugev.
- kahkjas leetunud muldadele on iseloomulik mitmesuguse kestvusega ülavee kogunemine alumisele raskema lõimisega mullakihile ning ülemise mullakihi tihenemine selle läbikuivamisel. Lõimiseks on valdavalt saviliiv liivsavil, kerge liivsavi keskmisel ja raskel liivsavil ja harvem raske liivsavi savil (kahekihiline lähtekivim). Tulenevalt mulla kahekihilisuset, kannatavad nad ülaveest tingitud lühiajalise liigniiskuse all.

Muldade leviku kaart iseloomustab suures pildis teed ja selle ümbrust väga hästi: tee asub künklikul moreenmaastikul, mille olukord vaheldub seetõttu suuresti.



Joonis 1. 23201 Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa km 16.252…23.465 asukoht (Teeregister).



Joonis 1. 23201 Puurina – Lüllemäe – Litsmetsa km 16.252…23.465 mullakaardil (Maa-amet), millelt nähtub, et vahelduvus on suur. Taoline pilt ja mullastik iseloomustab hästi künklikku moreenmaastikku tee osas väga vahelduvate oludega.

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Teeregistri alusel maanteele pole klassi omistatud, kuid liiklussageduse järgi võib selle liigitada V klassi maanteeks.

Kruusatee seisukorra tase (2014 andmetel):

- km 16.252…18.526: „5“;
- km 18.526…19.051: „3“;
- km 19.051…23.465: „2“.

Liiklussagedus 2017: <u>99 AKÖL</u> (sõiduautod ja pakiautod 96%, veoautod ja autobussid 2%, autorongid 2%, arvuliselt vastavalt 95, 2 ja 2 a/ööp). Tee seisukorra paranedes on oodata märgatavat liiklussageduse kasvu, kuid kuna raskeliikluse osakaal on väike, tehakse katendiarvutus arvestades siirdekatendi minimaalseimat väärtust.

Teelõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 130$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+2*3.76)*0.55 = 7.07 V_1/ööp].

Teeregistri alusel on aluse kruusakiht paigaldatud aastal 1961.

Lõigus km 16.252…19.400 on kulumiskihti on viimati uuendatud aastal 2012, kui paigaldati 10 cm optimaalset kruusasegu. Ülejäänud lõigust andmed puuduvad.

Teekatte laiused on järgmised:

- km 16.252…19.400: 7.2 m;
- km 19.400…22.451: 5.0 m;
- km 22.451…23.465: 6.0 m.

<u>Mahasõidud ja ristumised:</u>

Objektil on kokku 25 mahasõitu, mille andmed on esitatud lisas 1. Lisaks on kaks ristumist riigiteedega:

- km 16.281 („Papijärv“, vasakule, 3-suunaline);
- km 18.567 („Rebasemõisa“, paremale, 3-suunaline).

Tabel 1

Objekti mahasõidud

Asukoht		Liigitus	Laius	Kate	Katte ulatus	Truubi olemasolu	Kasutusotstarve
16430	vasakul	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	tegevuskoht
16662	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu
17186	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
17604	vasakul	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
17608	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
17912	vasakul	muu	5,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup on	põllu- ja metsamajandus
18541	vasakul	muu	3,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu
18571	paremal	muu	3,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega
18621	paremal	muu	3,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	muu
18774	paremal	muu	5,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
18923	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
19095	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
19271	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
19597	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
20592	paremal	muu	4,0	kruus	noka pikkus 1...5m	truup puudub	elukohta sissesõit
21082	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
21224	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
21834	vasakul	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
22248	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
22259	vasakul	kohalik tee	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	piiramata otstarbega
22730	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
22901	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
22903	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
22951	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus
23438	paremal	muu	3,0	katteta	noka pikkus 1...5m	truup puudub	põllu- ja metsamajandus

Truubid:

Objektil asub 11 truupi. Nende asukohad ja seisukord on esitatud tabelis 2, millest nähtub, et esineb palju halvas või rahuldavas seisukorras vanasid truupe.

Tabel 2

Truupide asukohad ja info

Asukoht	Ehitusaasta	Truubi pikkus	Päiste olemasolu	Ava 1 läbimõõt	Seisukord	Truubi materjal
16268	2012	13,0	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast
16821	2012	16,0	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast
17013	2012	14,0	päiseid ei ole	0,5	väga hea	plast
17395	1960	15,4	päised on	1,0	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	raudbetoon
17949	1976	11,5	päised on	0,5	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
19404	1976	10,4	päiseid ei ole	0,5	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
20054	1976	11,6	päiseid ei ole	0,75	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	
20317	1976	8,0	päiseid ei ole	0,5	esineb üksikuid pisipuudusi (hea)	
20754	1955	10,3	päiseid ei ole	0,5	lüli,päis purun. või 2/3 läbim.-st umbes (halb)	
21951	1955	12,8	päiseid ei ole	0,75	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	
22182	1949	12,6	päised on	1,0	kuni 1/3 läbimõõdust umbes (rahuldav)	

3. Tee visuaalse vaatluse info

Km 16.252…18.60 on tee väga heas seisukorras, teekatte laius 7.5 m. Kattekruus on visuaalselt liivane ja kohati esineb suuremaid kive.

Fotod 1 ja 2. Km 16.252…18.60 oli suurepärases korras, kuigi kattekruus oli visuaalselt liivane, mistõttu tekib kergesti sisse „pesulaud“, samuti oli kohati nähtaval suuremad kivid.

Km 18.6…18.7 on teekatte laius 6.0 m ja tee on heas korras.

Km 18.7 on teekatte laius 5 m. Tee laiendamine on kohati väga keerukas ja töömahukas, eriti km 18.7…18.9, kuna ühel pool on elumaja ja teisel pool järsk langus orgu. Vaja oleks paigaldada põrkepiire.

Tee seisukord muutub oluliselt halvemaks alates km 19.1, kus leidub väga halvas seisukorras punkte:

- km 19.22 on lühike pehme koht (33 MPa). Paremale poole peaks kaevama kraavi ja suunama selle orgu (foto 3);
- km 19.26 on teekattes suured kivid (foto 4);
- km 19.5 ja 19.7 künkal väga pehme koht (foto 5);
- väga nõrk on ka km 19.9…20.25 (foto 6);
- pehme km 20.45…20.71
- km 20.80 (küngas);
- km 20.9…21.0 (eriti halb km 20.95);
- km 21.35…21.45 väga pehme koht;
- km 21.50 künka pealne pehme;
- pehme on ka km 21.60…21.75;
- km 22.50 nõrk kandevõime;
- km 23.0…23.2 nõrk kandevõime.

Mitmed sisekurvid vajavad täitmist.

Vaadeldav tee lõpeb maakonna piiril, kus olukord läheb oluliselt paremaks – tee on laiem ja ääres on kraavid.

Kuna tee asub künklikul maastikul, on selle laiendamine väga töömahukas, mida ei ole võimalik lahendada teetööde kirjeldusega ja mis vajab projekti koostamist (näiteks fotod 7 ja 8). Samuti saab tee laiendamisel raadamistööde maht olema suur.

Fotod 3 ja 4. Probleemsed kohad km 19.2 ja 19.26.

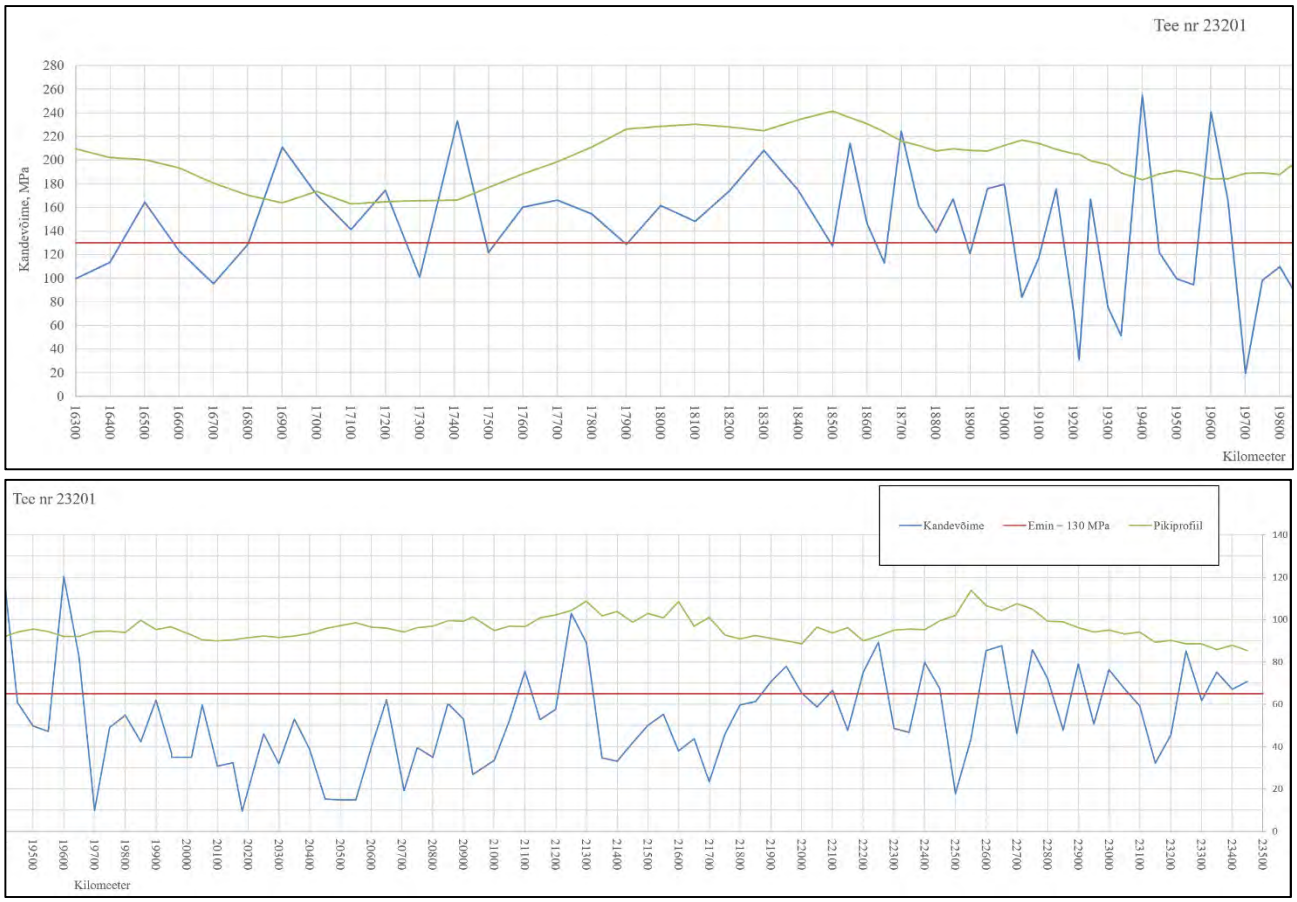
Fotod 5 ja 6. Probleemsed kohad km 19.5 ja 20.10.

Fotod 7 ja 8. Tee laiendamine saab olema väga töömahukas, kuna tee asetseb küngaste vahel.

Järgnevalt on esitatud veel mõningaid fotosid, mis on võetud veel varasemalt kevadel, mil oli võimalik näha väga mitmeid kohti, kus künkad ajasid vett välja ning kus oli teekate kohati sellises seisukorras, et sõiduautoga on oht kinni jääda.

4. Kandevõime

Kandevõime mõõdeti teel 29.04.18, mille tulemus on näidatud joonisel 2.

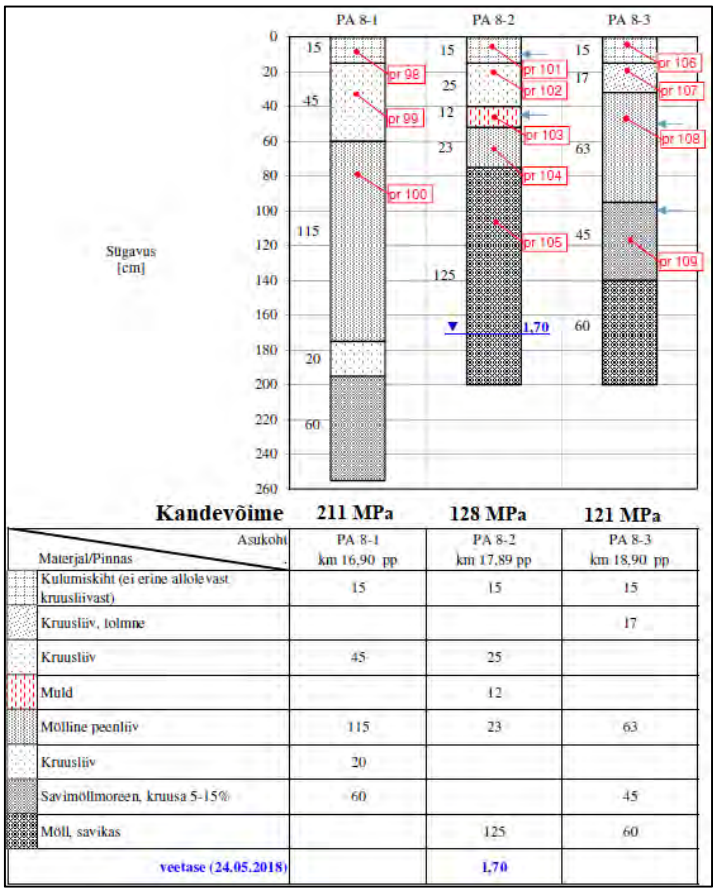


Joonis 3. Mõõdetud kandevõime. Silmnähtav muutus toimub alates ca km 19.0, sealtmaalt muutus ka teekatte seisukord oluliselt halvemaks. Üksikud kõrge kandevõimega punktid saadi kohtadest, kus on kasutatud rohkem täitematerjali.

5. Ehitusgeoloogiline uuring

Ehitusgeoloogiliste uuringutega keskenduti teelõigu km 16.252…18.60, kus tee oli väga heas seisukorras nägemaks, mis kihipaksused esinevad. Kuna ülejäänud tee osas saab katendilahenduse koostada tuginedes kandevõimemõõtmistele (aga ka km 16.252…18.60 infole), ehitusgeoloogilisi uuringuid seal ei tehtud.

Joonise 4 alusel nähtub, et vajalik kandevõime on saavutatud, kui on kasutatud üle 30 cm kruusa, kuid see oleneb ka ümbruskonna niiskustasemest ning kraavitamisest. Eelnevalt kirjeldatud probleemsed piirkonnad on põhjustatud sellest, kui pinnasevee tase on (küngastel) väga kõrge, kruuskatte paksus on kas õhuke või on kasutatud kruus väga niiskustundlik.



Kandevõime	211 MPa	128 MPa	121 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 8-1 km 16,90 pp	PA 8-2 km 17,89 pp	PA 8-3 km 18,90 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15
Kruusliiv, tolmne			17
Kruusliiv	45	25	
Muld		12	
Mõlline peenliiv	115	23	63
Kruusliiv	20		
Savimõllmoreen, kruusa 5-15%	60		45
Mõll, savikas		125	60
veetase (24.05.2018)		1,70	

Joonis 4. Puurtulpade tulemused

6. Analüüs

Km 16.252…18.60 on kruusatee sisuliselt valmis tolmuvaba katte paigaldamiseks (sobilik lahendus 8 cm MSE20 + 2x pindamine), kuid sealt edasi lähevad olud väga keeruliseks. Eriti problemaatiline on tee laiendamine ja liiklusohutuse tagamine, samuti on kandevõimed nõrgad, leidub mitmeid külmakerkelisi kohti jne.

Tee viimiseks tolmuvaba katte alla koos sinna juurde kuuluvate töödega (tee laiendamine, kraavide kaevamine, raadamine, õgvendamine jne) vahemikus km 18.6…23.465 tuleks lahendada projekti, mitte teetööde kirjeldusega. Lisaks paigaldati aastal 2018 tee äärde (side)kaablid, mis teeb kraavide kaevamise teetööde kirjelduse alusel võimatuks. Samuti on suurem osa truupe halvas või rahuldavas seisukorras vajades kas remonti või vahetust.

Antud töös saadud kandevõimeväärtused ja visuaalse vaatluse info saavad olla projekti katendilahenduse aluseks. Keskmiseks kandevõimeks saadi kevadise mõõtmisega 60…80 MPa, kuid mitmed punktid/piirkonnad olid sellest madalamad:

- km 19.20: 33 MPa. Seisev vesi, paremale poole peaks kaevama kraavi ja suunama selle orgu;
- km 19.5 küngas ajab vett välja (20 MPa) – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 19.7 küngas ajab vett välja (20 MPa) – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 19.9…20.25 küngas ajab vett välja (20 MPa) – km 19.9…20.0 vaja kasutada eraldavat geotekstiili ja km 20.1…20.25 geovõrku, kuna on tugev külmakerke koht;

- km 20.45…20.71 küngas ajab vett välja (30 MPa) – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 20.80 küngas ajab vett välja – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 20.9…21.05 (eriti halb koht km 20.95) – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 21.35…21.45 väga pehme koht – vaja kasutada eraldavat geotekstiili koos geovõrguga;
- km 21.50 küngas ajab vett välja – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 21.60…21.75 küngas ajab vett välja – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 22.50 küngas ajab vett välja – vaja kasutada eraldavat geotekstiili;
- km 23.0…23.2 küngas ajab vett välja – vaja kasutada eraldavat geotekstiili.

Keskmise kandevõime alusel arvutatud katendilahendus on esitatud tabelis 3. Eelpool nimetatud probleemsetes piirkondades tuleb suurendada kruusakihi paksust 10 cm võrra 25 cm peale. Kasutatav kruuspinnas peab olema dreeniv (materjal peab vastama määrusele Tee ehitamise kvaliteedi nõuded), kruusa asemel võib kasutada võib ka killustikalust.

Projektse lahendusega seoses võib muutuda kruusatee olukord soodsamaks (kui kaevatakse kraavid ja probleemsetes piirkondades tagatakse parem vee äravool), mis võimaldaks koostada ka soodsama katendilahenduse võimaldades kärpida geosünteetide hulka ja materjalide kihipaksusi.

Tabel 3

Katendiarvutus km 18.6…23.465 (v.a väga nõrga kandevõimega piirkonnad)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale | Tugevustegur: 0.79 | Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60 | Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5 | Töökindlustegur: 0.75 | Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast | Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend | Normhälbetegur 1.06 | Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0 | Erisurve kattele: 0.6 MPa
Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	15.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			12.6%	115.60	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					115.60		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	15.0	Nihkepinged	0.0394	0.0882	55.3%	80.78		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0361	0.0661	45.3%			-
	Katendi kogupaksus	23.0					Parandustegur Δ		

Tabel 4.

Katendiarvutus probleemsetele kohtadele (piirkonnas levivate pinnaste osas ei ole see 100% korrektne, kuid on siiski piisava täpsusega)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Niiskuspaikkond: 2, niiske	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06	L1.T3 p5; +0,03=0.03	Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**44.5**					34.7	0.011	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

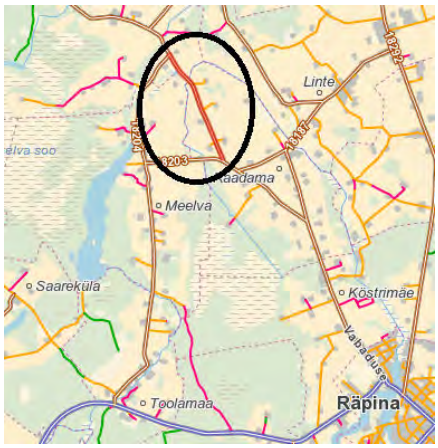
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			10.0%	112.93	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					112.93		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0392	0.0882	55.6%	78.81		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0180	0.0182	0.8%			0.763
	Katendi kogupaksus	33.0					Parandustegur Δ		0.000

T-18186 Räpina – Rasina, km 4.817…6.778

Järeldused 2018. a tehtud kandevõimemõõtmiste põhjal

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Kuna kandevõimemõõtmise käigus avastati, et tee on remondis (foto 1), ei tehtud sellele muid uuringuid (maaradar ja geotehnilised uuringud), kuna tavapärasel juhul oleks nende alusel pidanud planeerima enne tolmuvaba katte paigaldust kruusatee remonti, mis oli vaadeldaval teel juba tegemisel. Riigihangete registris oli üleval ka teelõigu km 4.817…18.035 kruusateede remondi tehniline kirjeldus, mille alusel pidi remondilahendus olema järgnev:

1. teemaa-ala puhastada võsast, puude raie, kraavide kaevamine;
2. katte ehitus purustatud kruusast H = 12 cm; kahes kihis – 6 cm (pos. nr 6) ja 6 cm (pos. nr 5).



Joonis 1 ja foto 1. T-18186 4.817…6.778 (1.961 km) asukoht ning värskelt kaevatud kraaviga remondis olev kruusatee.

Kevadel tehtud vaatluse ja kandevõimemõõtmise ajal täheldati järgmist:

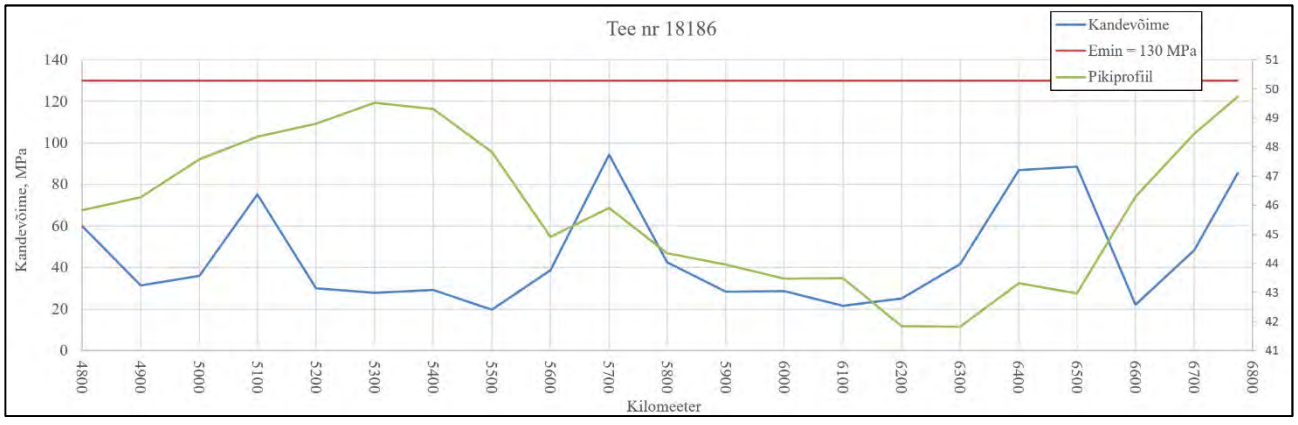
- kruusalõigule eelneb pinnatud osa, mis on täielikult deformeerunud. Km 4.8 pindamise pealt mõõdeti kandevõimeks 64 MPa (vajaliku 130 MPa asemel), sellele järgnevast punktist kruuskattelt vaid 33 MPa;
- kogu tee on ühtlaselt halb – väga palju on näha võrkpragu, mis viitab õhukesele kruuskattele loodusliku aluspinna peale. Tee on maapinnaga samal tasemel või madalamal, kraave praktiliselt ei ole;
- km 5.50 künka poolepeal ajab vett välja (kandevõime 21 MPa). Näiteks km 5.7 kandevõime on mõõdetud künka pealt, kus tee on veidi kõrgemal, mistõttu vesi sügavamal, tee kuivem ja kandevõime parem (94 MPa);
- km 6.5 on tee keskel pehme. Kattekruus on väga liivane, visuaalselt liigitlekski liivaks;

Kevadise vaatluse ajal nähtud olukord on kujutatud fotodel 2…4.

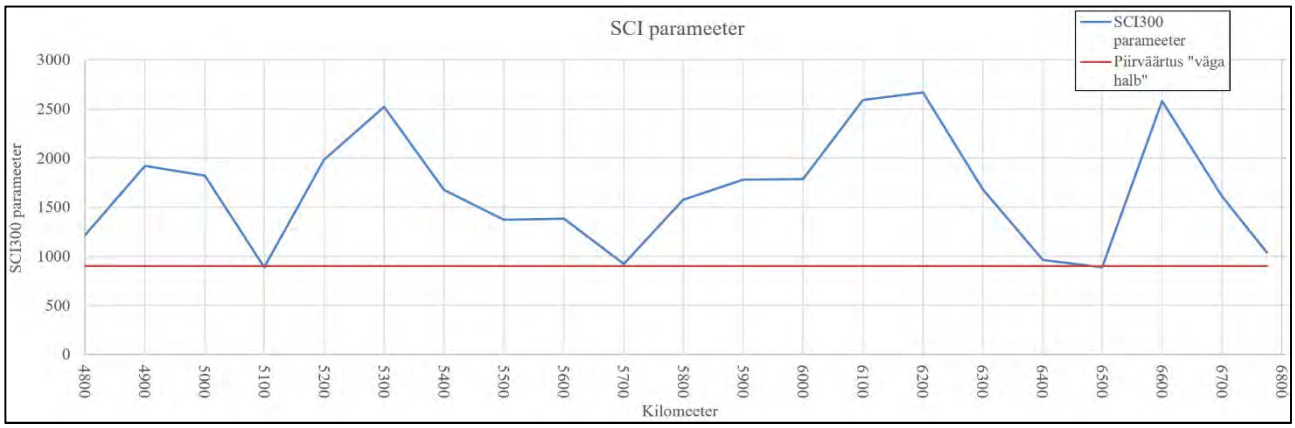
Fotod 2 ja 3. Kruusatee oli ühtlaselt halvas seisukorras, peamisteks probleemideks roopad, augud ja madal kandevõime, mis väljendus võrkpragudena.

Foto 4. Teelõigu alguses olnud pinnatud osa oli halvas seisukorras, mõõdetud kandevõime vastas visuaalsele pildile (kandevõimeks 130 MPa asemel 68 MPa). See näitab otseselt, mis tolmuvaba kattega saab, kui kruusatee ei ole piisavalt ette valmistatud.

Kandevõimemõõtmise koondgraafik on esitatud joonisel 2, millest näeb, et kandevõime alusel võiks olemasolevat teed liigitleda kui aluspinnast. Tee kuivades olukord muutub, kuid kevadeti on madal kandevõime seotud eelkõige kõrge veesisaldusega niiskustundlikes pinnastes. SCI parameeter on erakordselt kõrge, mis näitab samuti ebapiisavat drenaaži, kruusakihi paksust ja kruusa omadusi.



Joonis 2. Mõõdetud kandevõimed on väga madalad liigitudes kohati enam mitte teeks, vaid looduslikuks tihenenud aluspinnaseks.



Joonis 3. SCI 300 parameeter ületab piirväärtust „väga halb“, mis antud juhul viitab eelkõige ebapiisavale kruusakihi paksusele.

Kruusatee remondi lahendus nägi ette kraavide kaevamist ja 12 cm optimaalse kruusakihi paigaldamist. Võttes aluseks tee keskmise kandevõime, milleks on 46 MPa, saadakse tabelis 1 kujutatud katendiarvutus, mis ei ole piisavaks andes arvutatud kandevõimeks vaid 66 MPa (arvestades kandevõimemõõtmise tulemusi ja visuaalset vaatlust, võib olemasoleva tee võrdsustada kerge saviliivaga, mille sisehõõrdenurk on 35 kraadi ja elastsusmoodul 48 MPa).

Tee seisukorra alusel koostatud korrektsem remondilahendus oleks tabelis 2 kujutatu, mille alusel tuleks kulumiskihi alla paigaldada ka kandev kruusakiht. See tagab koormuse parema jaotuse aluspinnasele ja katend ei ole enam nii niiskustundlik. Läbi selle suureneks kandevõime ning tee oleks täielikus valmiduses paari aasta pärast planeeritava tolmuvaba katte ehitamiseks.

Kui teisalt arvestada veel juurde ka Kruusateede remondi projekteerimise juhise 2017. a versioonis peatükis 3 kirjas olevaga, et kuivendusolukorra parandamisel suureneb teekatendi kandevõime konservatiivselt võttes 20 MPa või enamgi, siis selle alusel saavutataks tabeli 1 arvutustulemuse 66 MPa asemel vähemalt 86 MPa või enamgi, mis oleks kandevõime mõttes juba piisav tolmuvaba katte rajamiseks kasutades pinnatud mustsegu.

Tabel 1

Eeldatud remondijärgne olukord (arvestamata kraavidega)

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	A - kerge saviliiv		**48.4**					35.0	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			-25.0%	66.26	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0					66.26		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0552	0.0230	-139.6%			0.708
	Katendi kogupaksus	12.0					Parandustegur Δ		0.000

Tabel 2

Katendilahendus koos kruusakihiga

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: A - kerge saviliiv		Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.68	Niiskuspaikkond: 2, niiske		Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Siirdekatend	Töökindlustegur:	0.65	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0.03		Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	0.26	L1.T3 p5; +0,03=0.03		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	K3
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0	180					45.0	0.030	9.5
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	150					43.0	0.010	8.0
ALUS	A - kerge saviliiv		**48.4**					35.0	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

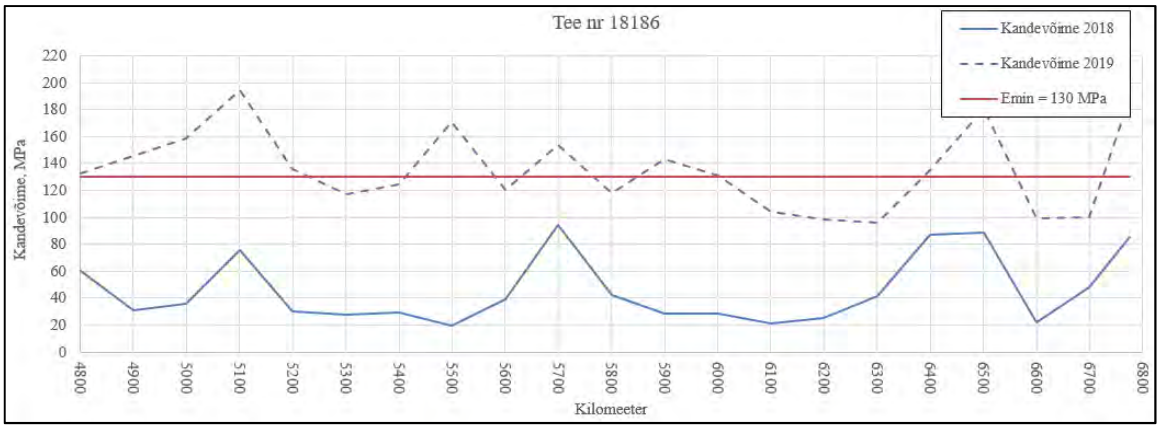
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			13.9%	100.66	130.00	
1	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (kate/alus	12.0					100.66		
2	Tm_150 [Gr - Kruuspinnas]	25.0	Nihkepinged	0.0459	0.1024	55.2%	83.01		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0229	0.0230	0.5%			0.708
	Katendi kogupaksus	37.0					Parandustegur Δ		0.000

Kandevõimemõõtmised 2019

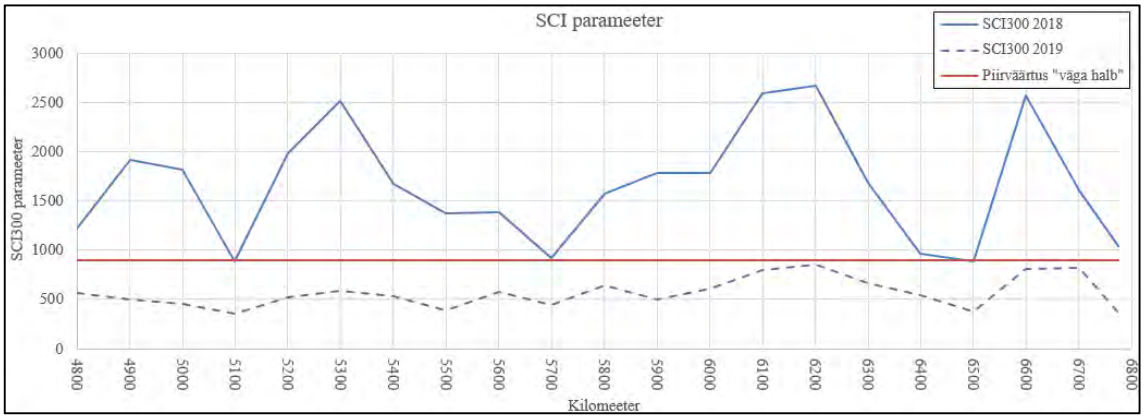
Aastal 2019 tehti Räpina – Rasina teel samadest mõõtepunktidest uuesti kandevõimemõõtmised. Aastal 2018 tehti mõõtmised kuupäeval 28.04.2018 (ca kell 21) ja aastal 2019 kuupäeval 27.04.2019 (ca kell 21). Aasta 2018 mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur ca 8 ºC ning kevad oli olnud üldiselt suhteliselt külm, kuigi rohi oli juba roheline ja puud pungas. Ümbritsev keskkond oli silmnähtavalt liigniiske ja madalates kraavides seisis vesi.

Aasta 2019 mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur ca 14 ºC. Kevad oli oluliselt kuivem ning päikesepaistelisem, ümbritsev loodus oli silmnähtavalt kuivem ja näha oli rohkem rohelust. Võrdlevad kandevõimemõõtmise andmed on esitatud joonistel 4…7, millest nähtub, et kõik kandevõimega seonduvad parameetrid on oluliselt paranenud. Vaadates BCI parameetrit, siis kraavi

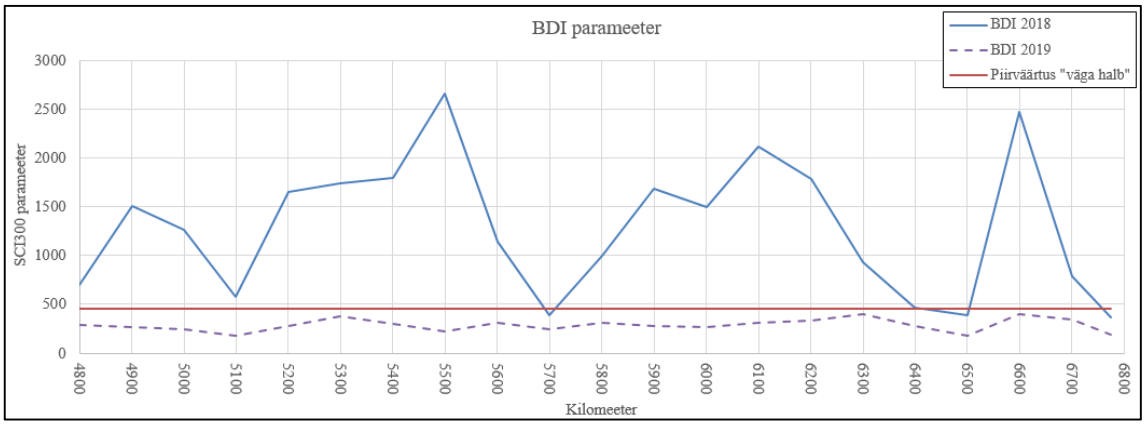
kaevamine, teekatte uuendamine ja profileerimine on parandanud niiskusolusid ka kuni 1.2 m sügavusel, kuigi kindlasti mõjutab siinkohal tulemusi ka teistsugune kevad, kuid selle täpne mõju suurus on teadmata.



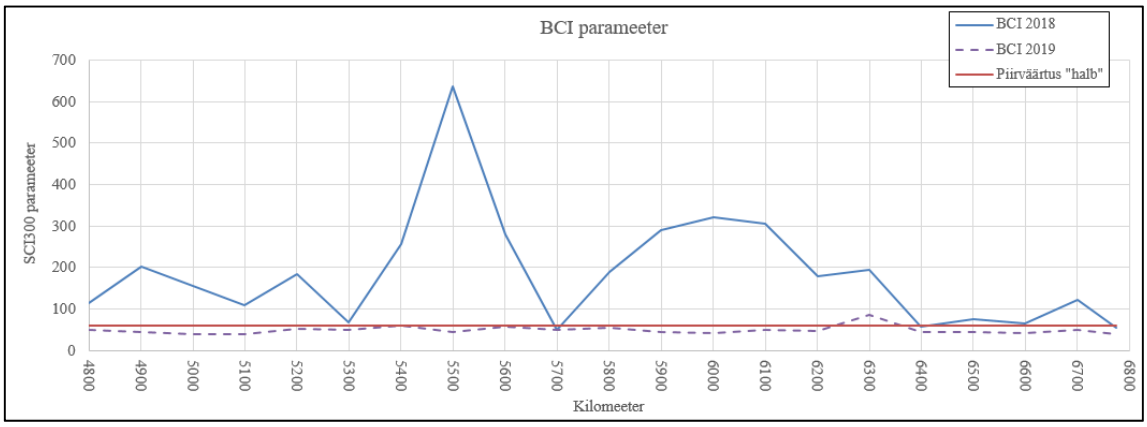
Joonis 4. Kandevõime 2018 vs 2019.



Joonis 5. SCI300 parameeter 2018 vs 2019.



Joonis 6. BDI parameeter 2018 vs 2019.

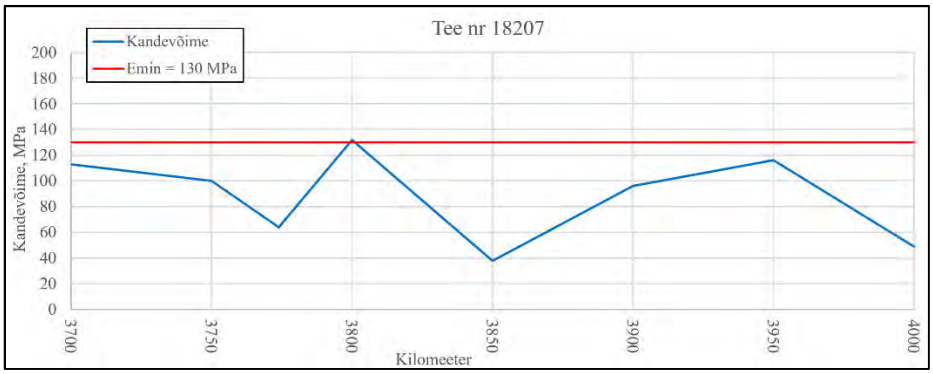


Joonis 7. BCI parameeter 2018 vs 2019.

Sarnast võrdlevat mõõtmist õnnestus teha ka teel nr 14186 Adavere – Puiatu km 0.56…2.99, kui kandevõimed mõõdeti augustis 2016 ja aprillis 2018. Vahepealse aja jooksul oli tee äärde kaevatud kraavid ja uuendatud teekatet. Võrdluse põhjal leiti, et optimaalse kruusasegu elastsusmoodul on pidanud olema 180 MPa (mida käsitletakse täpsemalt Adavere – Puiatu kirjelduses lisas 1).

Räpina – Rasina keskmine kandevõime oli 2018. a 46 MPa, kuid 2019. a 136 MPa. Arvestades kruusakihi elastsusmooduliks 180 MPa, pidanuks keskmine kandevõime olema tabeli 1 alusel ca 66 MPa. Kraavide kaevamine (täpsemalt paranenud niiskusolud) on seega suurendanud tee kandevõimet 70 MPa võrra ehk ca 100%. Kruusateede projekteerimise juhise 2017. a versiooni kohaselt suureneb kuivendusolukorra parandamisel teekatendi kandevõime konservatiivselt võttes vähemalt 20 MPa, kuid antud juhul on see olnud oluliselt enam (tõenäoliselt on mõistlikum väljendada drenaažist tulenevat kandevõime paranemist läbi protsentide).

Koos tee nr 18208 Mikitamäe – Kahvka km 1.812…4.930 kandevõimemõõtmistega aastal 2018 mõõdeti mõned punktid ka remonditud teelt Niitsiku – Kahkva km 3.7…4.0, kus oli kaevatud kraavid ja eeldatavalt paigaldatud ka 12 cm optimaalset kruusasegu. Mõõtmistulemused on joonisel 8, millelt saab järeldada, et alati kulumiskihi uuendamisest ja kraavide kaevamisest kandevõime tõstmisel ei piisa, sellisteks kohtadeks on näiteks künkad (nagu joonise 1.10 punkt 3.85), mis ajavad vett välja, aga seda saab laiendada ka liigniisketesse keskkondadesse, kus tee paikneb näiteks turba või leostunud gleimulla levikualal, kus kraavide kaevamisega ei õnnestu piirkonda kuivendada.



Joonis 8. Niitsiku – Kahkva maantee lõpust mõõdetud kandevõime näitab, et vaid kraavi kaevamise ja kulumiskihi uuendamisega ei ole alati võimalik nõrga kandevõimega punkte täielikult parandada.

Remondimeetme valik ja remondi õnnestumine põhineb sellel, et tehakse kindlaks, miks teel esinevad probleemid ning leitakse lahendused vastavalt nendele. Kruusatee remont peab algama kraavide

kaevamisest/puhastamisest ja truupide uuendamisest/puhastamisest. Kõige ökonoomsem tulemus saadakse nii, et esimesel suvel kaevatakse kraavid ja profileeritakse tee, kuid kruusakihte veel ei uuendata. Järgmise aasta kevadel tehakse visuaalne vaatlus ja mõõdetakse kandevõime ning tehakse vajadusel (kuigi mitte tingimata alati) ka muud mõõtmised (maaradar, ehitusgeoloogia), peale mida koostatakse katendi remondilahendus. Räpina – Rasina tee on hea näide sellest, kuidas ümbritseva keskkonna veerežiim mõjutab tee kandevõimet ja kui tugevalt see muutub, kui vete liikumisi parandada.

Kindlasti mõjutab Räpina – Rasina olukorda ka 2019. a kuiv kevad (võrreldes 2018. a kevadega) ja kui vaadeldav tee oleks remonditud näiteks aastal 2017, oleks 2018 saadud madalamad kandevõimed kui 2019 mõõdetud, kuid kokkuvõtteks oleks see siiski tähendanud oluliselt väiksemate vajaminevate tööde tegemist kui mis leiti tabelite 1.4 ja 1.5 võrdluses.

Nagu Niitsiku – Kahvka mõõtmistest või tee nr 23140 Sihva – Vidrike – Kärgula – Järevere näitest nähtub, siis alati ei piisa kraavide kaevamisest ning arvestada tuleb ka teiste teguritega, mistõttu on uuringutegevused enne remondiplaanide otsustamist olulise tähtsusega.

T-25107 Visela – Kassi km 1.544…3.855 (2.311 km)

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1. Kuna kandevõimemõõtmise käigus avastati, et tee on remondis (foto 1), ei tehtud sellele muid uuringuid (maaradar ja geotehnilised uuringud), kuna tavapärasel juhul oleks nende alusel pidanud planeerima enne tolmuvaba katte paigaldust kruusatee remonti, mis oli vaadeldaval teel juba tegemisel. Riigihangete registris oli üleval ka teelõigu remondi tehniline kirjeldus, mille alusel pidi katendi remondilahendus olema järgnev:

Remonditaval lõigul ehitatakse viraažid purustatud kruusast keskmise kihipaksusega 6 cm, segu pos 6. Kate ehitatakse kahes kihis purustatud kruusast. Katte aluskiht ehitatakse 6 cm segust pos 6. Kattekiht ehitatakse 6 cm segust pos 5.

Joonis 1 ja foto 1. T-25107 km 1.544…3.855 (2.311 km) asukoht ning teetööde infotahvel.

Kevadel tehtud vaatluse ja kandevõimemõõtmise ajal täheldati seda, teel oli mitmeid auklikke kohti (fotod 2 ja 3), kuid üldiselt on tee heas seisukorras ja profiilid olid paigas. Teekate oli siiski silmnähtavalt liivane ja täheldada sai mõningaid üksikuid kohti, kus oli kruuskatte pehmenemist (fotod 4 ja 5). Külmakerkelisi kohti ei olnud.

Fotod 2 ja 3. Lõiguti oli teekate auklik.

Fotod 4 ja 5. Kruuskate oli silmnähtavalt liivane ja kohati esines teekattel kruusa pehmenemist.

Kandevõimed on esitatud joonisel 2, millest nähtub, et tulemused on vahelduvad vahemikus 60…160 MPa, keskmiseks väärtuseks võib lugeda ca 80 MPa. Joonistel 3…5 nähtub, et madalama kandevõimega piirkonnas km 1.7…1.8 on ületavad kõik näitajad tugevalt piirväärtusi, mistõttu on tegemist üleüldise liigniiskuse probleemiga, millele viitas ka piirkonna ümbruskond. Nõrgem piirkond on km 2.95…3.1, mille osas on probleemiks pinnavete ärajuhtimine ja võimalik, et ka õhukesed kattekihid.

Üldiselt on 80 MPa kruusatee kevadise kandevõimena suhteliselt hea, kuid 60 MPa puhul tekivad suhteliselt kiiresti püsivad deformatsioonid ehk pikiroopad. 80 MPa siiski ei vasta Eestis nõutud väärtusele. Leidmaks seda, mida oleks vaja teha, et viia tee katendiarvutuse mõistes tolmuvaba katte alla, tuleb kasutada järgmisi andmeid.

Teeregistris sisalduva liiklusloenduse alusel on antud teel aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus 135 autot, millest 91% sõidu- ja pakiautod, 1% veoautod ja autobussid (2 tk) ja 8% autorongid (12 tk). Sellest $\mathbf{E_{vaj} = 157\ MPa}$ [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (2*2.67+12*3.76)*0.55 = 27.8 V_1/ööp].

Katendiarvutus on esitatud tabelis 1, mille alusel nähtub, et kui arvestada olemasoleva tee kandevõimet, lisades sinna 12 cm optimaalset kruusasegu ning 8 cm MSE+pindamine, ei saavutata vajaminevat kandevõimet (tabel 1, lisaks veel eeldusel, et kruusasegu paigaldati pärast kandevõimemõõtmist, mis tehti 29.04.2018). Suurendades katendiarvutuses kandevõimet 70 MPa peale, on olukord parem (tabel 2). Arvestades kandevõimemõõtmise aega ja seda, et teel käisid mõõtmise ajal veel ehitustööd võib arvestada, et vajanimev kandevõime saavutatakse.

Tabel 1

Katendiarvutus, kui vaadeldava punkti kandevõime on 60 MPa

Koormussagedus: 28 normtelge ööp/rajale			Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			-9.7%	112.23	157.30	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					112.23		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	Nihkepinged	0.0367	0.2850	87.1%	78.28		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0381	0.0600	36.5%			-
	Katendi kogupaksus	20.0					Parandustegur Δ		

Tabel 2

Katendiarvutus, kui olemasoleva tee kandevõimeks on 70 MPa

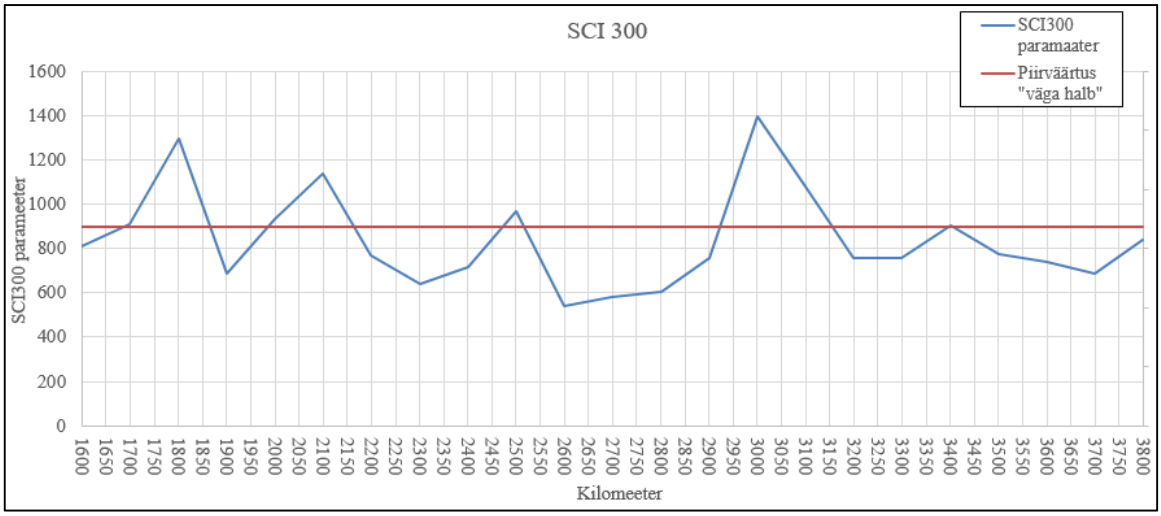
ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0	950							
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	180					45.0	0.030	9.5
ALUS	B - tolmliiv		**69.7**					35.6	0.013	3.0

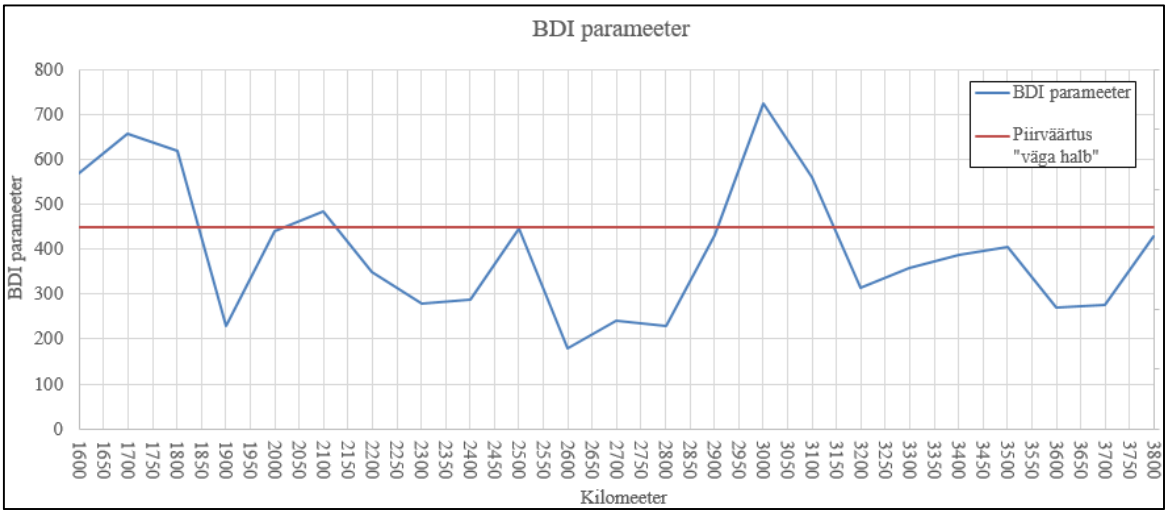
ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{arv}	Nihkepinged MPa t_{lub}	Varu %			
			Üldine elastusmoodul			1.4%	126.06	157.30	
1	Seguris / teel segatud mustkate	8.0					126.06		
2	Optimaalse terastikuga kruusliivast kiht (K	12.0	Nihkepinged	0.0376	0.2850	86.8%	88.34		
	B - tolmliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0354	0.0390	9.1%			0.719
	Katendi kogupaksus	20.0					Parandustegur Δ		0.000

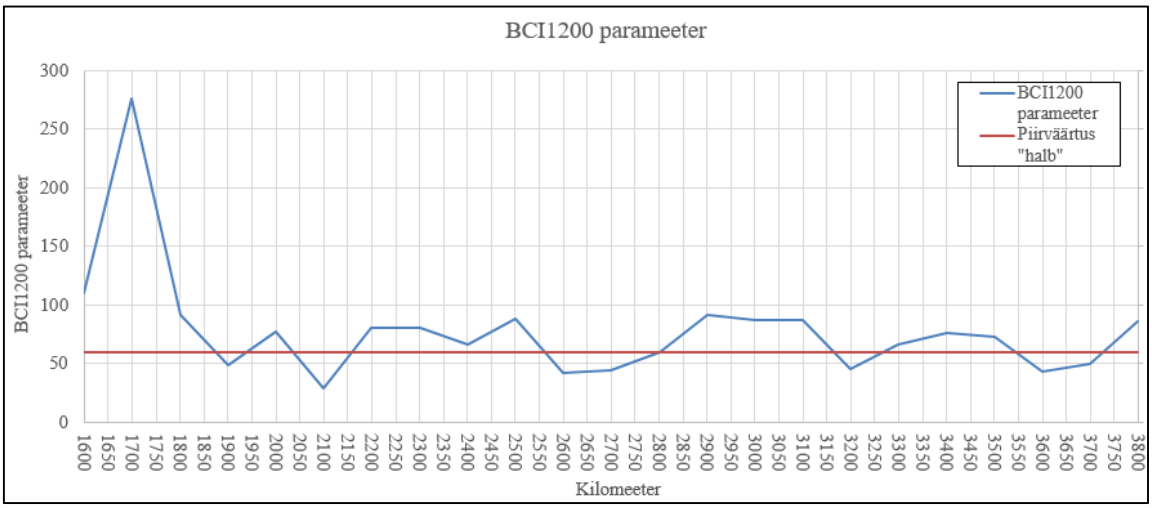
Joonis 2. Mõõdetud kandevõimed



Joonis 3. SCI300 parameeter



Joonis 4. BDI parameeter.



Joonis 5. BCI1200 parameeter.

24156 Viiratsi – Mustapali km 0.162…5.423 (5.261 km)

Tee seisukorra hindamiseks ja sobiliku remondimeetme valikuks koguti järgnevat infot:

- kevadine visuaalne vaatus;
- info kogumine andmebaasidest (Maa-ameti mullakaart, Teeregister);
- kandevõimemõõtmised FWD-seadmega kevadel;
- maaradari ülesõit koos tee ülesfilmimisega hiliskevadel (kui teekate on kuiv ja maapind tahenenud);
- geoloogiliste puuraukude puurimine kohtadesse, mis on valitud vastavalt objekti visuaalsele vaatlusele ja FWD tulemuste analüüsile.

NB! 2018. a suvel, peale tehtud uuringuid, paigaldati teelõigule tehnilise kirjelduse alusel tolmuvaba kate. Remondilahendus oli järgnev (lisaks veel mahasõidud ja bussipeatused):

1. kaevatakse uued ning puhastatakse olemasolevad kraavid vastavalt töömahtudele;
2. olemasolev kate profileeritakse 3,0% kuni 3,5% kahepoolse põikkaldega, viraažides 4,0% ühepoolse põikkaldega. Profileeritud alus tihendatakse. Vajadusel lisatakse profiili parandamiseks purustatud kruus;
3. paigaldatakse 10 cm teel segatud mustsegu (MSE20);
4. pindamine 2xE.

Kuna teekate on uuendatud, siis käesolevalt piirdutakse uuringute kokkuvõttega.

1. Objekti asukoht

Objekti asukoht on näidatud joonisel 1 ja mullakaart joonisel 2.

Joonis 1. 24156 Viiratsi – Mustapali km 0.162…5,423 asukoht (Teeregister)

2. Tee üldiseloomustus Teeregistri põhjal

Liiklussagedus aastal 2017:

111 AKÖL (sõiduautod ja pakiautod 97%, veoautod ja autobussid 3%, autorongid 0%, arvuliselt vastavalt 108, 3 ja 0 a/ööp).

Lõigu **$E_{vaj} = E_{min} = 130$ MPa** [veoautode ja autobusside siirdetegur on 2.67 ja autorongidel 3.76 ning tee rajategur on 0.55, seega Q = (3*2.67+0*3.76)*0.55 = 4.4 V_1/ööp].

Teeregistri andmetel on lõigul 0,162…2,500 aastal 2015 ehitatud looduslikust kruusliivast aluskiht paksusega 20 cm ja lõigul 2,500…2,923 aastal 1975 ehitatud aluskiht purustatud kruusliivast (optimaalse terastikuga). Katendikihtide kohta andmed puuduvad.

3. Tee visuaalse vaatluse info

Lõigule eelnev pindamine on tugevalt pragunenud. Paikkond on niiske. Pindamise pealt kandevõime 161 MPa.

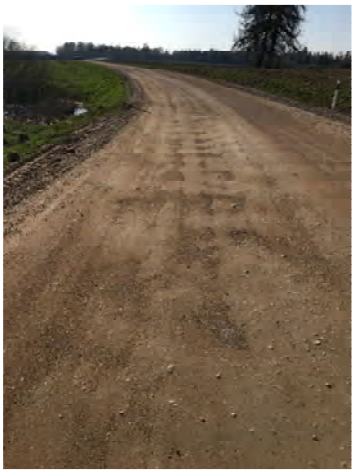
Tee äärtes on looduslikku kruusa. Keskele on pandud purukruusa. Tee laius on kraavi äärest kraavi ääreni 8 m.

Tee on väga heas korras. Kuna tee on väga lai, siis ääred on liivased, pehmed – sellest ka kandevõime veidi kehvem. Kogu pind tuleks höövelda ja ajada ühtlaseks, peale mida saaks paigaldada tolmuvaba katte.

Km 3.75 on olnud kattekruusa pehmenemist.

Kurv km 3.9 vajab tõstmist.

Fotodel 1…4 on esitatud tee kevadine olukord paarist probleemsemast kohast, muidu oli teekate väga heas seisukorras.

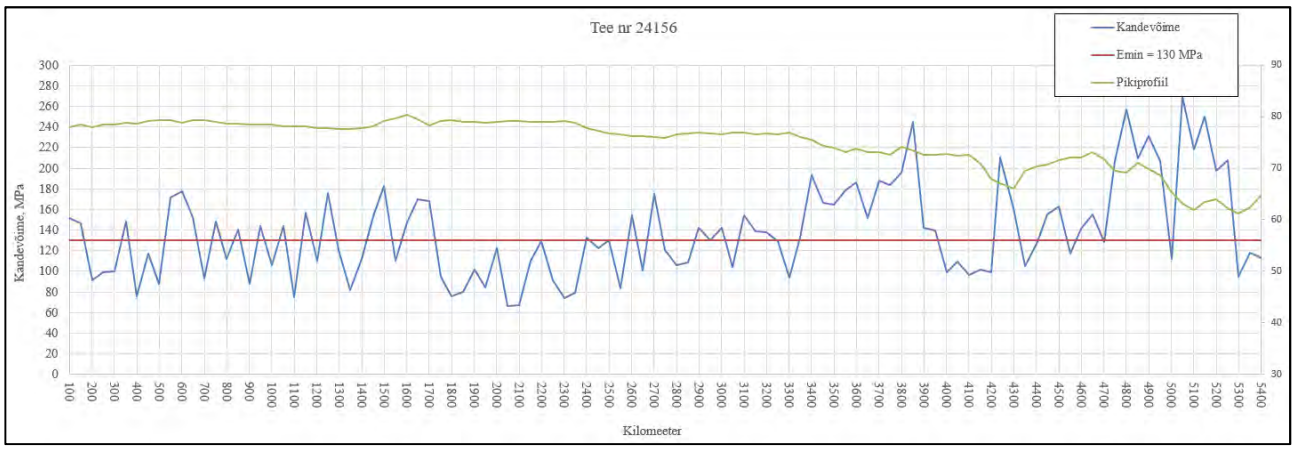


Fotod 1 ja 2. Vaadeldava kruusatee kevadine olukord.

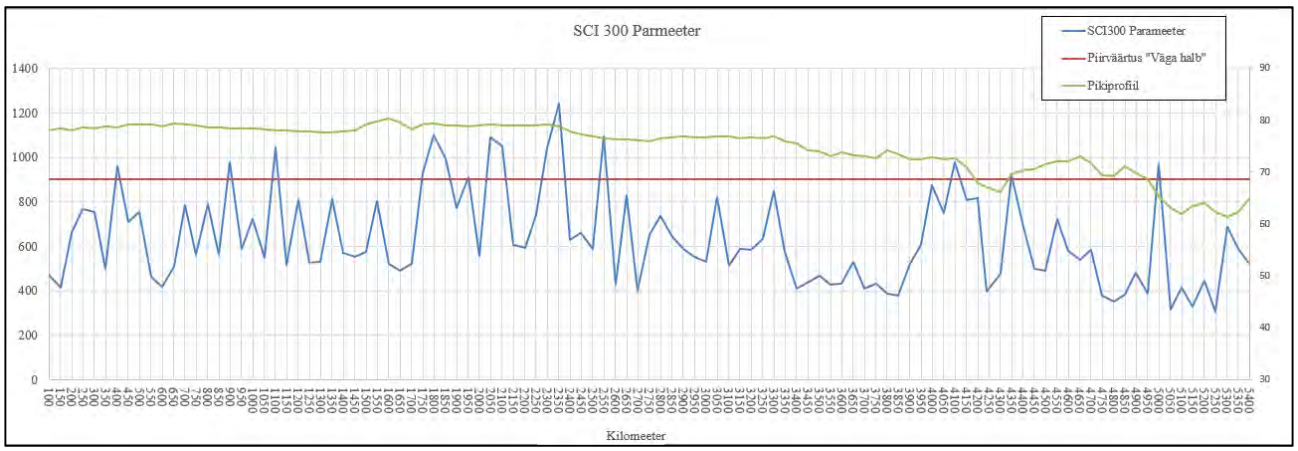
Fotod 3 ja 4. Lõigule eelnev tolmuvaba kattelõik oli tugevalt pragunenud ja kohati vajunud. Ca km 1.8…2.4 oli kraavis seisvat vett ja kandevõime mõnevõrra madalam.

4. Kandevõime

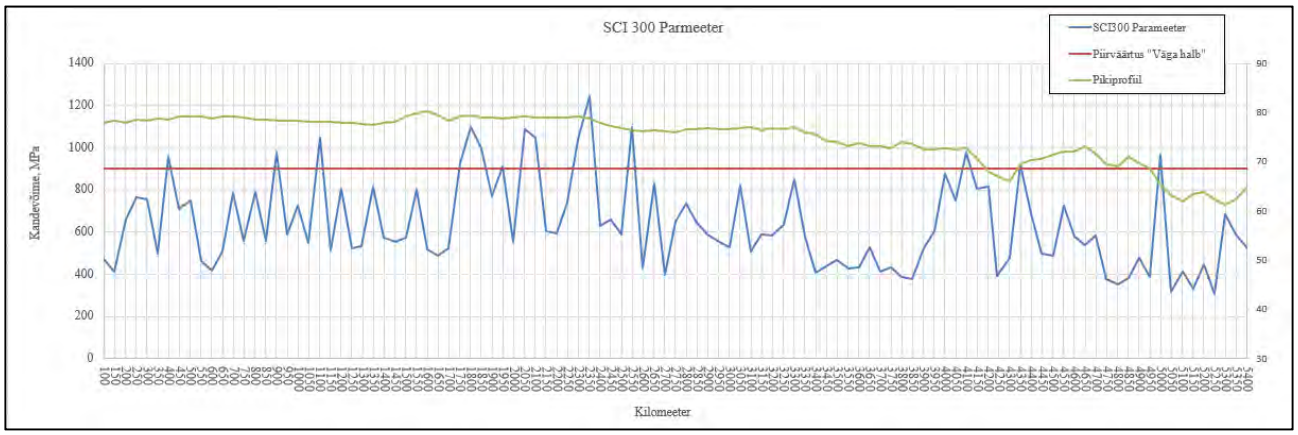
Kandevõime mõõdeti 30.04.18, mille tulemused on näidatud joonisel 3, millelt nähtub, et kandevõime on kevadise kruusatee kohta suhteliselt hea. Km 0.1…1.4 on vahelduvust seetõttu, et parem teepool oli liivasem, kuhu oli valgunud ka vesi, mistõttu saadi madalamad kandevõimed kui vasakul pool. Kõige nõrgem piirkond on km 1.8…2.4, kus kandevõimeks saadi ca 70 MPa. Joonistel 3…5 on esitatud vajumikausiparameetrid, millest nähtub, et km 1.8…2.4 ületatakse kõik piirväärtused ehk piirkond on olnud liigniiske. Mõõtmise ajal tehtud fotolt 4 näeb, et kraav on olnud vett täis.



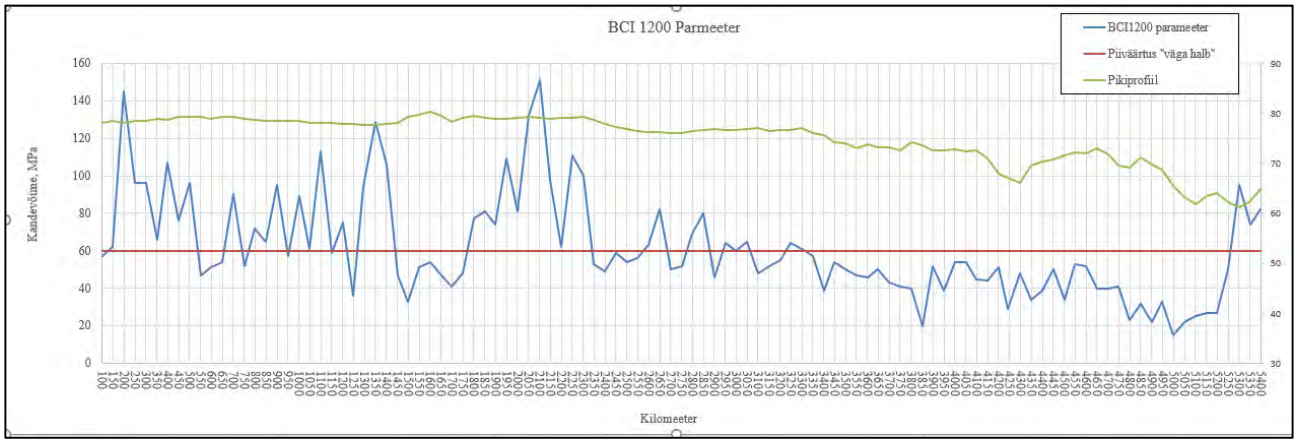
Joonis 2. Viiratsi - Mustapali kandevõime



Joonis 3. Viiratsi - Mustapali SCI300 parameeter



Joonis 4. Viiratsi - Mustapali BDI parameeter



Joonis 5. Viiratsi - Mustapali BCI1200 parameeter

5. Ehitusgeoloogia

Ehitusgeoloogilise uuringu aruandes iseloomustatakse teed järgnevalt:

„Ala reljeef on valdavalt tasane, idapoolses osas liigendavad maapinda orud. Tee ääres ja alt voolavad läbi üksikud kraavid. Uuringuala idapoolses otsas esineb väiksem Ira org ja laiem org, kus tee alt voolab läbi Verilaske oja. Sel alal jääb tee lõunapoolsesse äärde Koordi veskijärv, mis on tekkinud Verilaske oja paisutamisel.

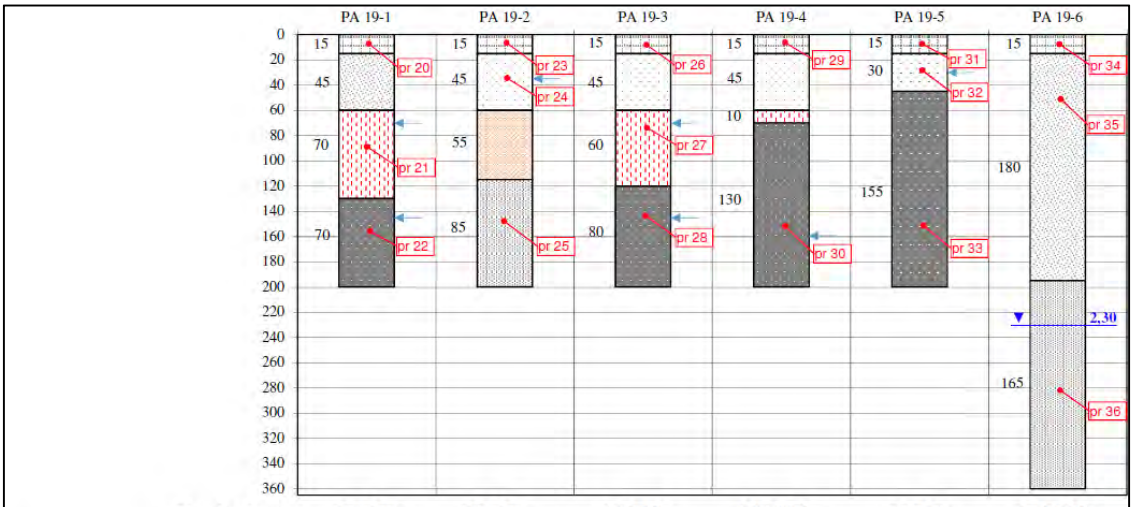
Puuraukudes PA 19-1…PA19-5 koosneb tee konstruktsiooni liivast (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetused ISO järgi klassifitseerides on grSa, sasiGr ja saGr). Selle all levib kolmes puuraugus 10-70 cm paksune mullakiht. Looduslikuks aluspinnaseks on puuraukudes PA19-1, PA 193…PA19-5 möllsavimoreen (voolavuspiir WL=25,4%, plastsuspiir WP=14,4%, plastsusarv IP=11,0, looduslik niiskus Wn=13,6…16,5%). Puuraugus PA19-2 on muld läbi segunenud möllise peenliivaga ja selle all lasub peenliiv.

Puuraugus PA19-6 läbiti puurauguga teetamm, mille ülemine osa koosneb tolmsest kruusliivast (tee pindmise osa, n-ö kulumiskihi, nimetus ISO järgi klassifitseerides on grclSa). Selle all lasub peenliiv. Pinnasevett ei ilmunud puuraukudesse PA19-1…PA19-5. Valdavalt sõltub pinnasevee tase sademetest, mis võivad põhjustada möllsavimoreeni kihipindadele ajutist ülavett (<30 päeva). Seda vett aitavad ära juhtida kuivenduskraavid. Uuringuala idapoolses osas esines puuraugus PA19-6

pinnasevesi maapinnast 2,30 meetri sügavusel. Siinse pinnasevee liikumine toimub mööda orunõlvasid veekogude suunas ja selle taset mõjutab Koordi paisjärve ja Verilaske oja veetase.“

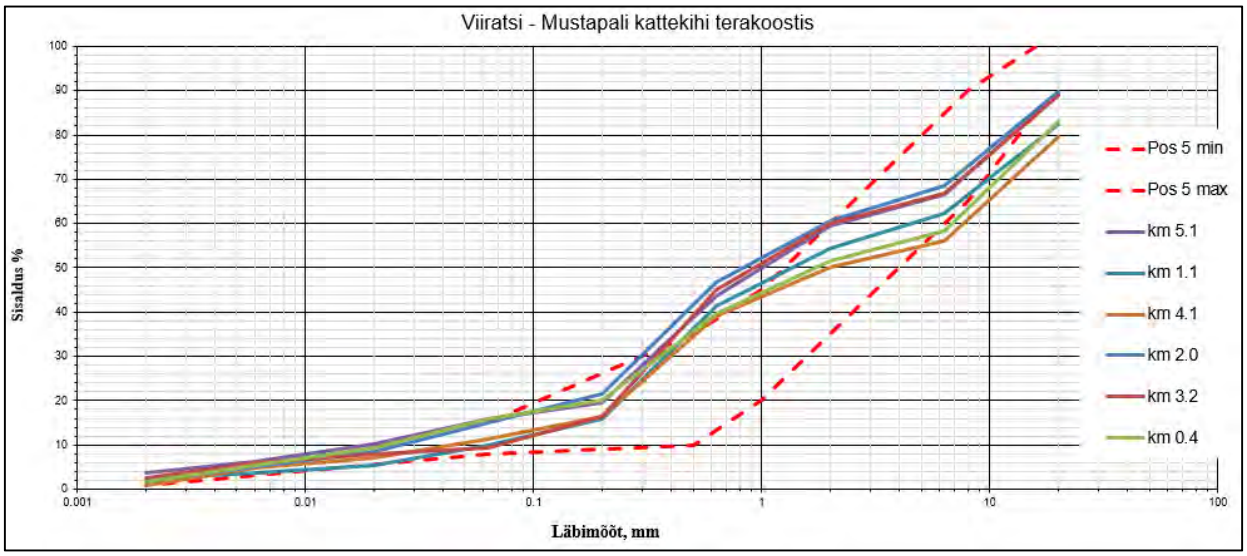
Puurtulpade läbilõiked on esitatud joonisel 6, millest nähtub, et kruusakihi paksused on väga kõrged, mis selgitab ka tee enamasti head kandevõimet. Madalamad kandevõimed on seotud kruusa veesisaldusega ja sellega, et materjal on niiskustundlik. Sellele viitab märkus, et kulumiskiht ei erine allolevast kruusliivast, kulumiskihi terakoostised on esitatud joonisel 7, millest nähtub, et materjal on liiga liivane, kuid peenosiste sisaldus mahub üldjoontes pos 5 nõuete piiridesse.

Paksu kruusakihi olemasolu kogu objekti piires kinnitab ka maaradariprofiil, millest joonisel 8 on esitatud üks väljavõte.

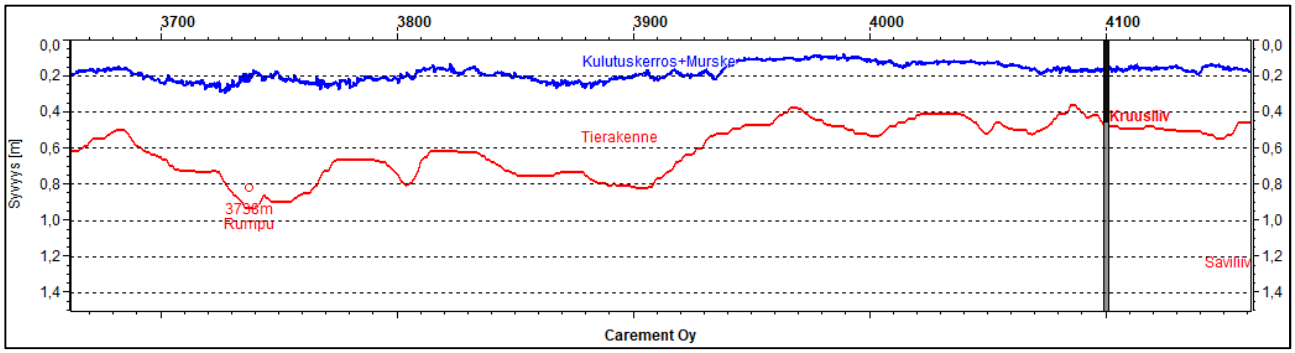


Kandevõime	76 MPa	74 MPa	67 MPa	138 MPa	96 MPa	218 MPa
Asukoht / Materjal/Pinnas	PA 19-1 km 0,40 pp	PA 19-2 km 1,10 pp	PA 19-3 km 2,10 pp	PA 19-4 km 3,20 pp	PA 19-5 km 4,10 pp	PA 19-6 km 5,10 pp
Kulumiskiht (ei erine allolevast kruusliivast)	15	15	15	15	15	15
Kruusliiv, tolmne	45					180
Kruusliiv		45	45	45	30	
Mõlline peenliiv, orgaanikaga		55				
Muld	70		60	10		
Peenliiv		85				165
Möllsavimoreen, kruusa 5-10%	70		80	130	155	
veetase (06.06.2018)						2,30

Joonis 6. Ehitusgeoloogilised ristlõiked



Joonis 7. Kattekihi terakoostised.



Joonis 8. Väljavõte maadarariprofiilist näitab, et üldiselt on kruusakihi paksused antud teel suhteliselt suured.

6. Analüüs

Teetööde tehnilises kirjelduses oli nõue kaevata uued kraavid ja puhastada olemasolevaid. Teelõigult mõõdetud madalamaid kandevõimeid (näiteks piirkond km 1.8…2.4) saab otseselt seostada liigniiskusega. Ehitusgeoloogilises uuringus toodi välja, et „valdavalt sõltub pinnasevee tase sademetest, mis võivad põhjustada möllsavimoreeni kihipindadele ajutist ülavett (<30 päeva). Seda vett aitavad ära juhtida kuivenduskraavid.“ Kraavide kaevamise või puhastamisega olukord paraneb, mistõttu võib järeldada, et sellest tulenevalt kasvab mingil määral ka tee kandevõime.

Katendilahendusena oli ette nähtud kasutada 10 cm mustsegu. Et saavutada katendiarvutuslikult sobilikku tulemust, peab selle alla jääva tee kandevõime olema minimaalselt ca 65 MPa nagu nähtub tabelist 1 (arvutuses on kasutatud tolmliiva, kuid mis võimaldab sellegipoolest hinnata teekatendi toimivust), mis oli kõikjal tagatud. Seega võib järeldada, et teetööde tehnilise kirjelduse järgi tehtavad tegevused olid piisavad viimaks tee tolmuvaba katte alla.

Tabel 1

Teekatendi kontrollarvutus näitab, et kruusatee kandevõime ja seisukord oli piisav viimaks see mustsegu ja pindamisega tolmuvaba katte alla

Koormussagedus: 11.41 normtelge ööp/rajale			Pinnas: G - kruusa- või killustikusegu E-60	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 5	Tugevustegur:	0.79	Katendi omadused ei sõltu niiskuspaikkonnast	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Kergkatend	Töökindlustegur:	0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälbetegur	1.06		Koormus: Dünaamiline, 1,00 üksikratas

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E_{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R_{max}	Lubatavad tõmbe-pinged R_{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihitide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Seguris / teel segatud mustkate	10.0	950							
ALUS	G - kruusa- või killustikusegu E-60		**60.0**					31.0	0.010	6.0

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t_{arv}	t_{lub}				
			Üldine elastusmoodul			-2.2%	100.40	130.00	
1	Seguris / teel segatud mustkate	10.0					100.40		
	G - kruusa- või killustikusegu E-60		Nihkepinged aluspinnasel	0.0466	0.0661	29.5%			-
	Katendi kogupaksus	10.0					Parandustegur Δ		

Lisa 2.

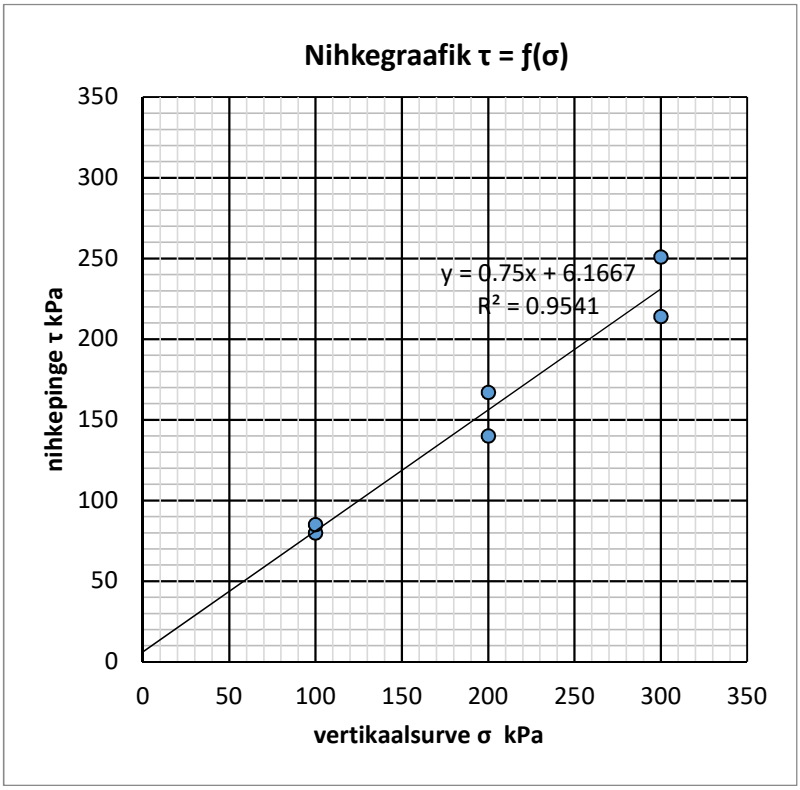
„Muldade katsetamise katseandmed

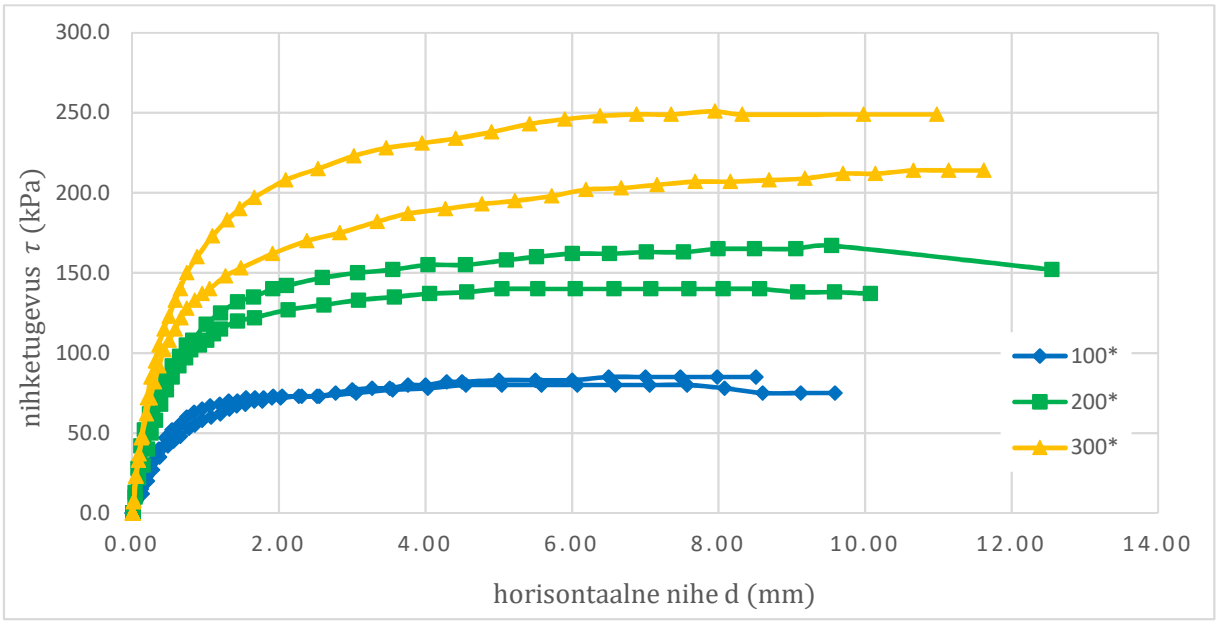
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

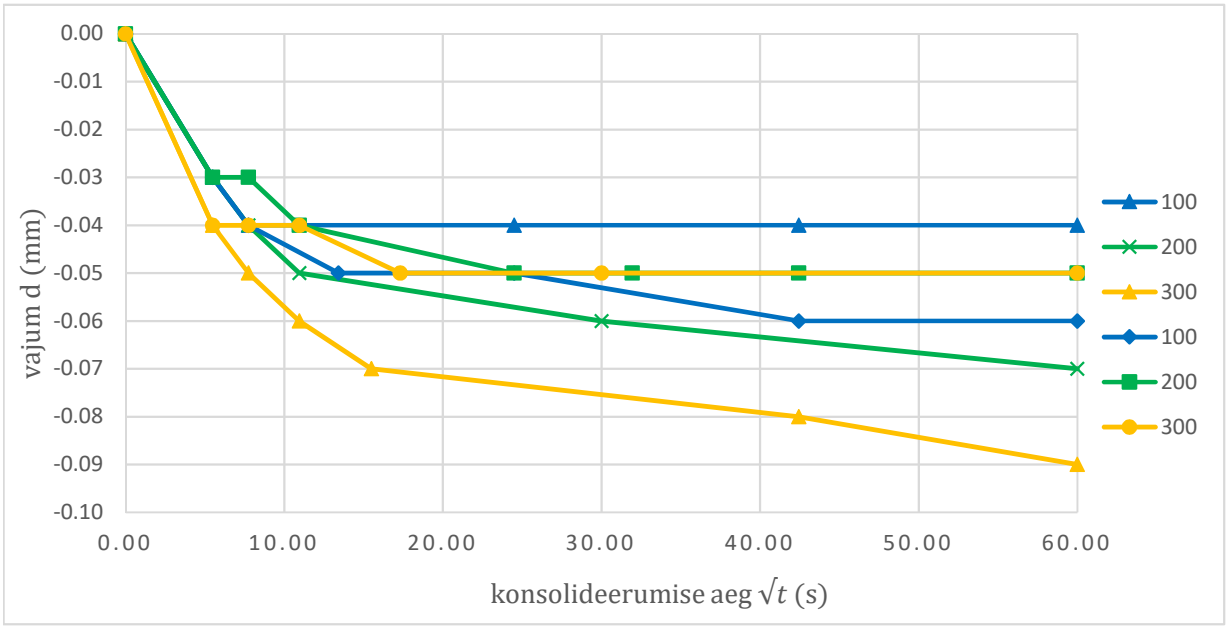
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..1	
Proov:	kruus	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 kruusaga savikas keskliiv (< 2 mm savine keskliiv)	

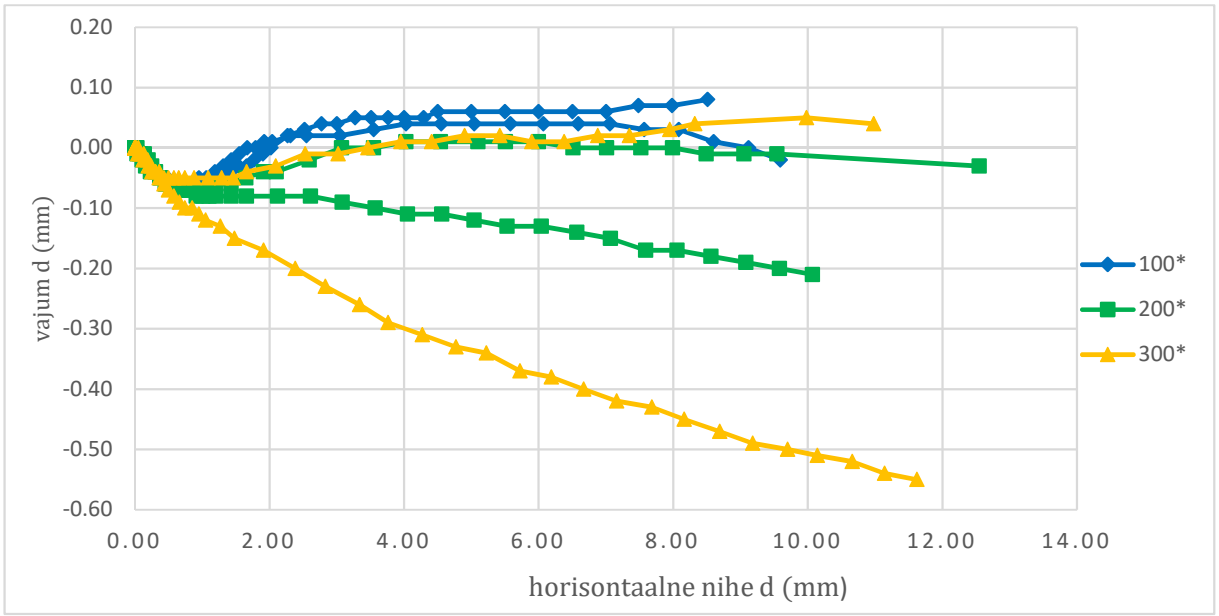
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
kruus	100	83	6.8	9.8	2.15	2.17	2.02	1.97	0.92		
"	200	154	6.7	10.3	2.13	2.15	1.99	1.95	0.91	36.9	6.2
"	300	233	6.6	10.3	2.12	2.16	1.99	1.95	0.92		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
kruus 1	100	80	6.7	10.1	2.134	2.144	2.000	1.947	0.91		
"	200	140	6.6	10.3	2.115	2.142	1.985	1.943	0.91		
"	300	214	6.5	10.6	2.061	2.122	1.935	1.919	0.90		
kruus 2	100	85	6.9	9.5	2.175	2.187	2.036	1.998	0.94		
"	200	167	6.9	10.4	2.139	2.150	2.001	1.949	0.91	36.9	6.2
"	300	251	6.8	10.1	2.178	2.188	2.040	1.988	0.93		




300.0
250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
-0.09
-0.10
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300

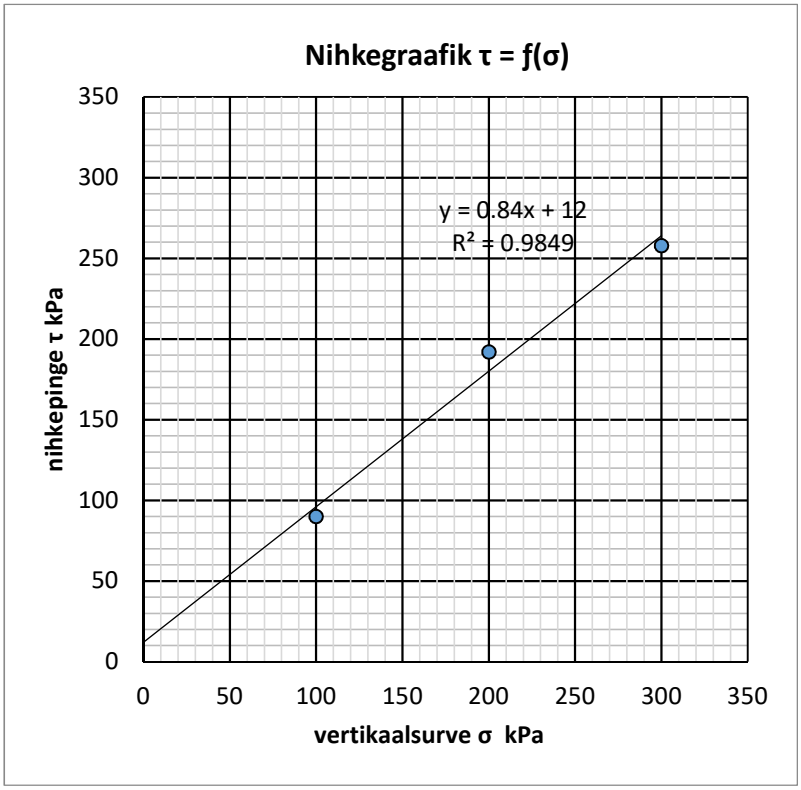

0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
-0.60
vajum d (mm)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

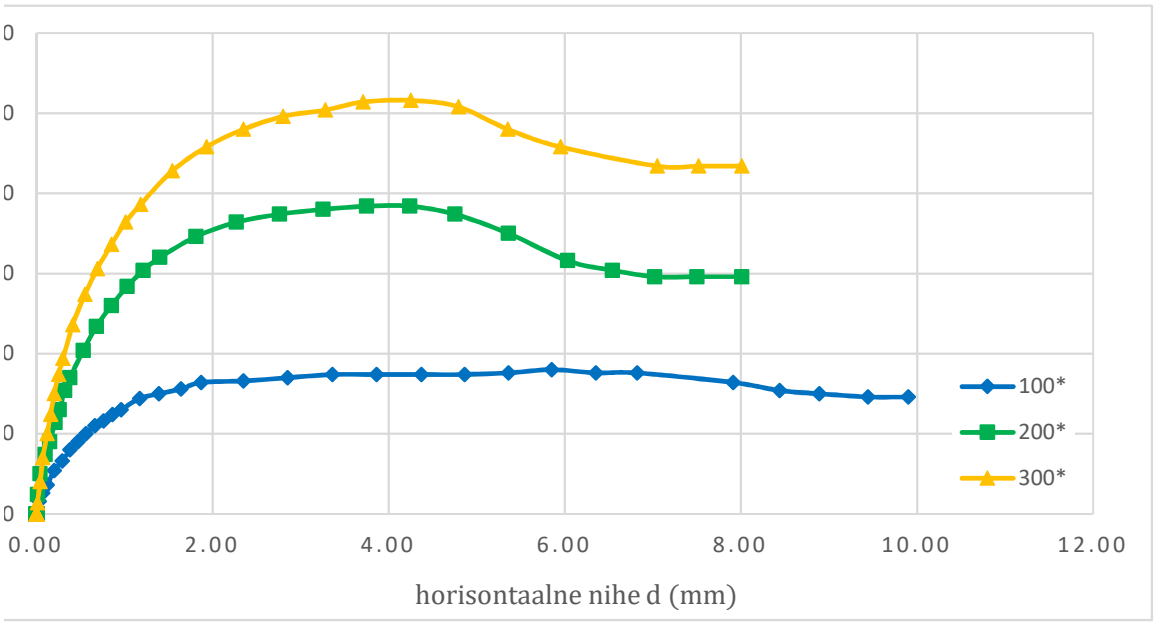
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

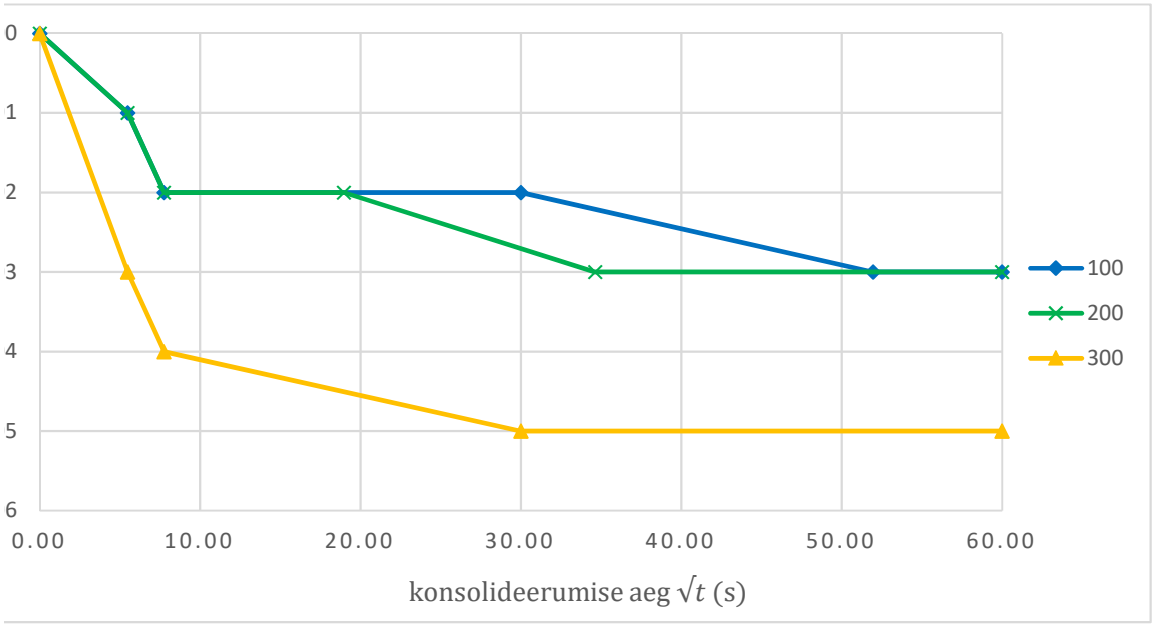
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..2	
Proov:	kruusliiv	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 rohke kruusaga möllikas keskliiv (< 2 mm mölline keskliiv)	

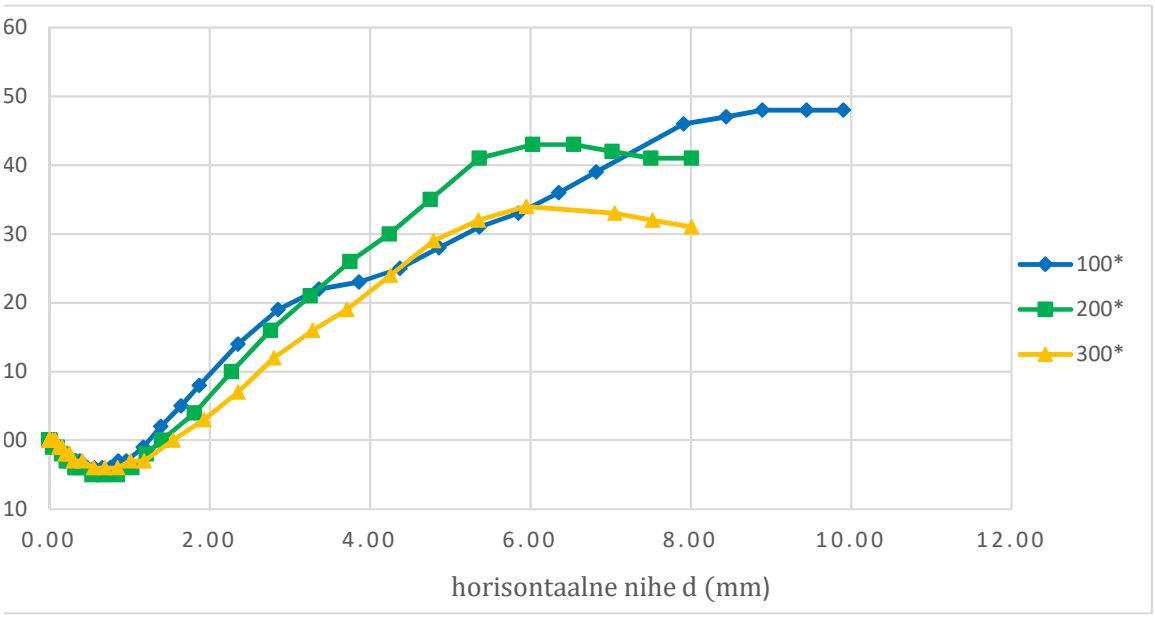
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
kruusliiv	100	90	7.9	10.7	2.16	2.16	2.00	1.95	0.98		
"	200	192	7.8	10.1	2.16	2.17	2.00	1.97	0.99	40.0	12.0
"	300	258	7.9	9.9	2.18	2.19	2.03	2.00	1.00		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
kruusliiv	100	90	7.9	10.7	2.157	2.164	1.999	1.954	0.98		
"	200	192	7.8	10.1	2.161	2.169	2.004	1.970	0.99		
"	300	258	7.9	9.9	2.184	2.193	2.025	1.995	1.00		
										40.0	12.0




0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
100*
200*
300*
horisontaalne nihe d (mm)


0
1
2
3
4
5
6
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
100
200
300
konsolideerumise aeg √t (s)

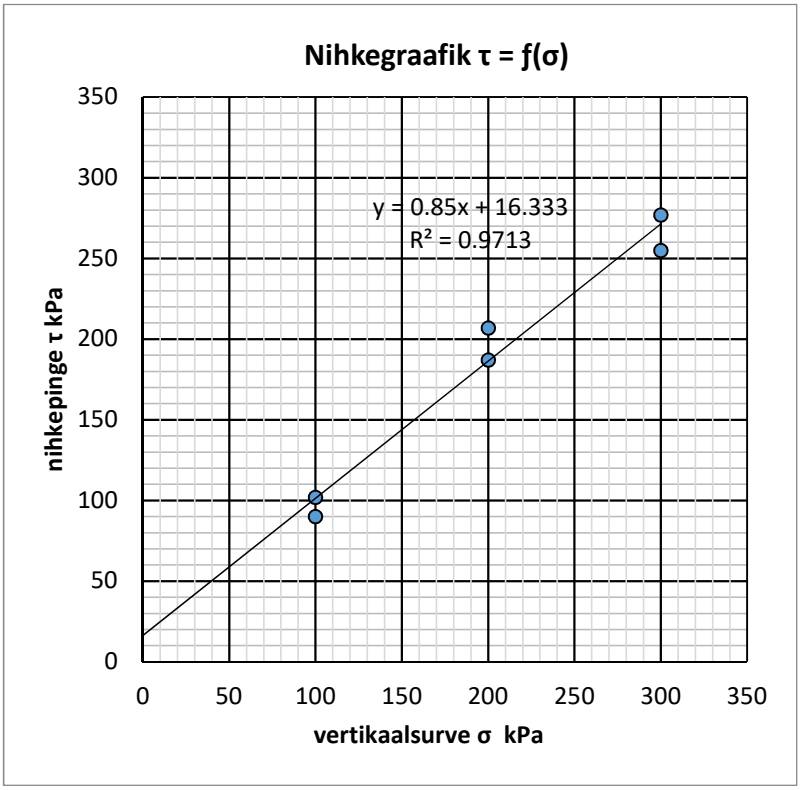

60
50
40
30
20
10
00
10
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
100*
200*
300*
horisontaalne nihe d (mm)

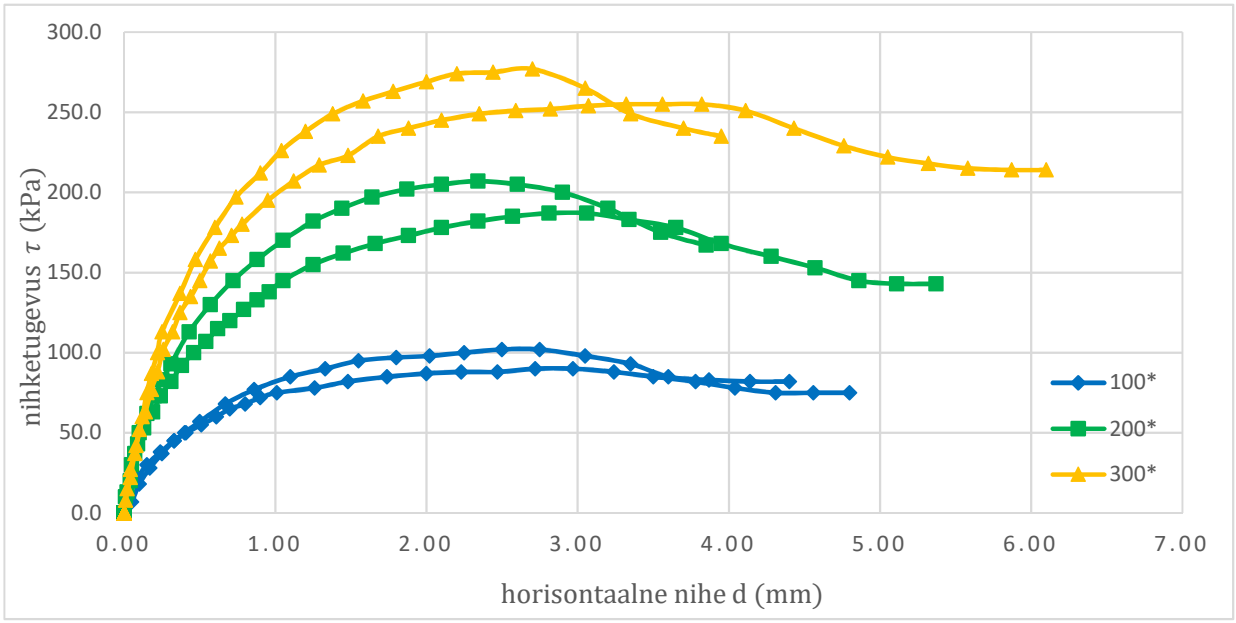
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

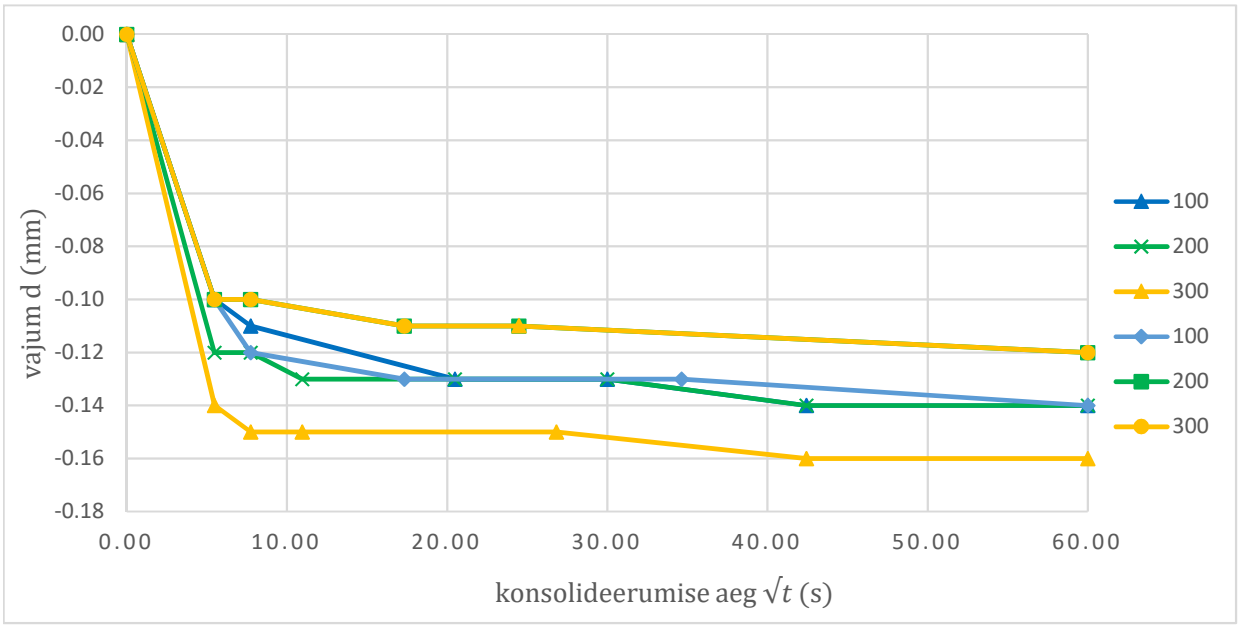
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..3	
Proov:	liiv	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 savikas peenliiv	

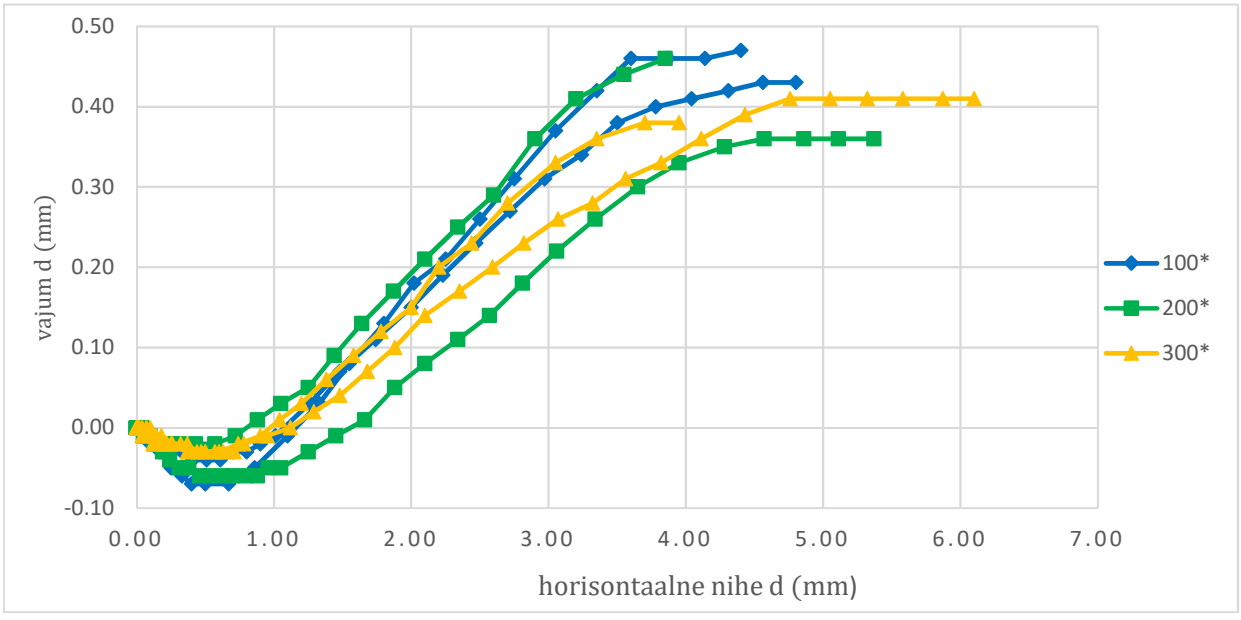
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
liiv	100	96	11.7	13.9	2.03	2.05	1.82	1.80	0.97		
"	200	197	11.5	13.8	2.02	2.03	1.81	1.79	0.97	40.4	16.3
"	300	266	11.3	13.8	2.03	2.05	1.82	1.80	0.97		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
liiv-1	100	90	11.7	13.8	2.040	2.057	1.826	1.807	0.98		
"	200	187	11.5	13.8	2.009	2.027	1.801	1.781	0.96		
"	300	255	11.5	13.3	2.025	2.043	1.816	1.803	0.97		
liiv-2	100	102	11.7	14.0	2.017	2.036	1.806	1.786	0.97		
"	200	207	11.5	13.8	2.030	2.043	1.821	1.795	0.97	40.4	16.3
"	300	277	11.2	14.2	2.038	2.052	1.833	1.796	0.97		




300.0
250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
-0.10
-0.12
-0.14
-0.16
-0.18
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300

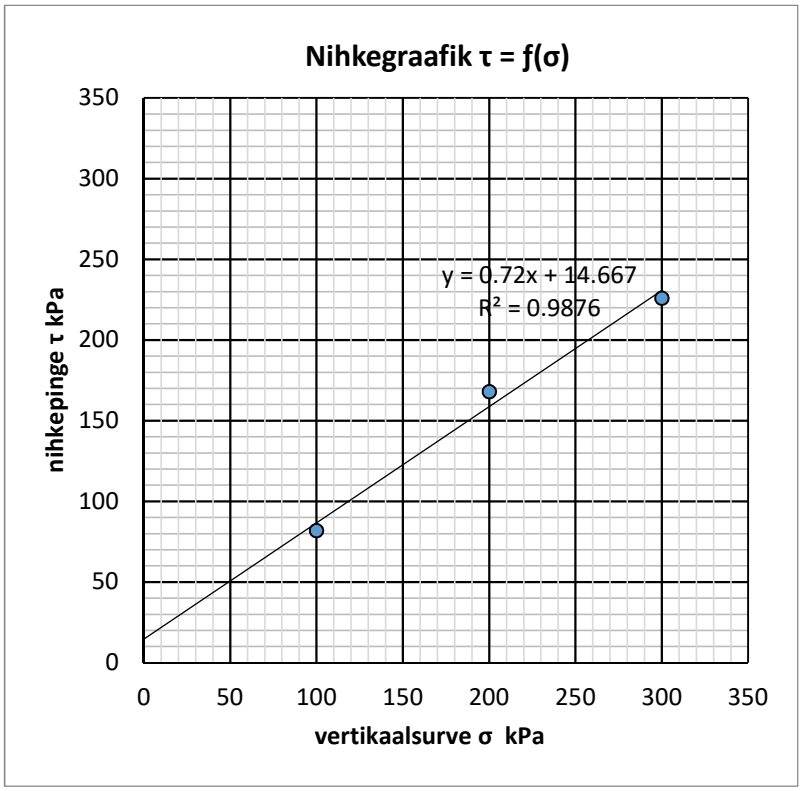

0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-0.10
vajum d (mm)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

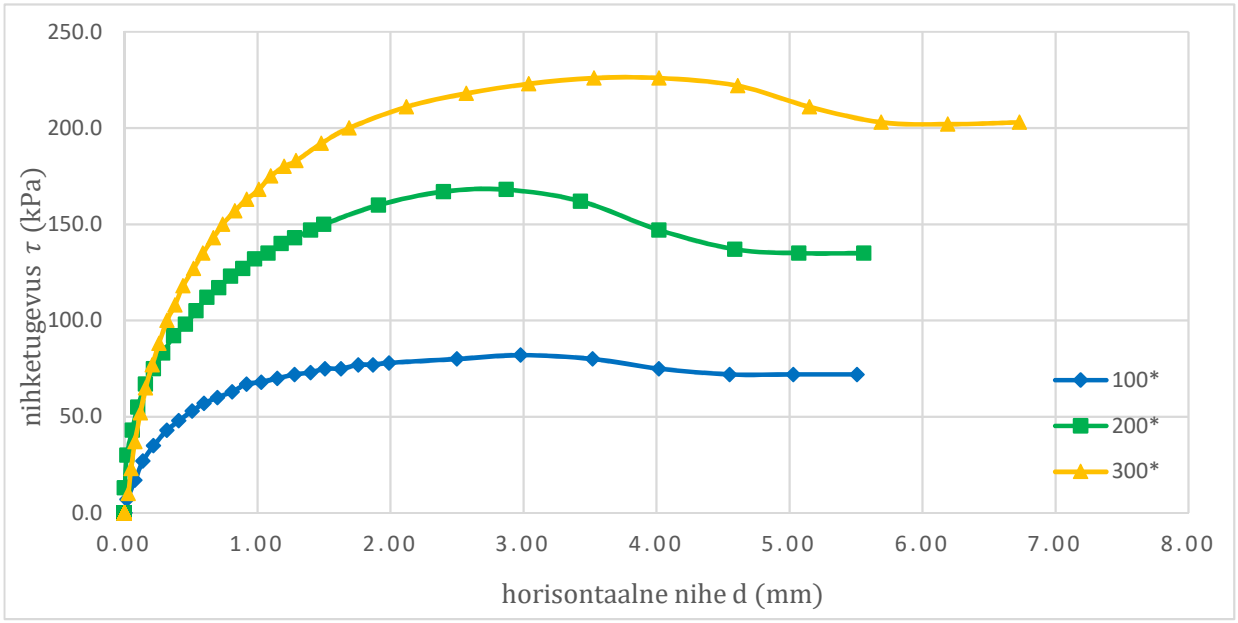
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

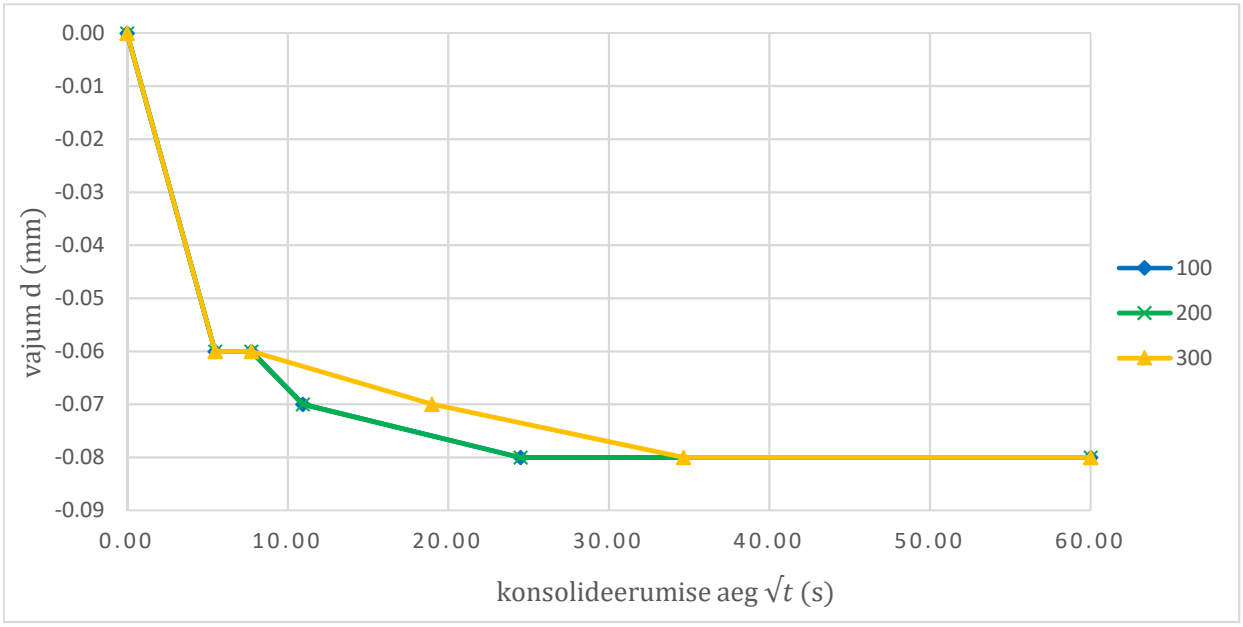
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..4	
Proov:	tolmliiv	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 peenliiv	

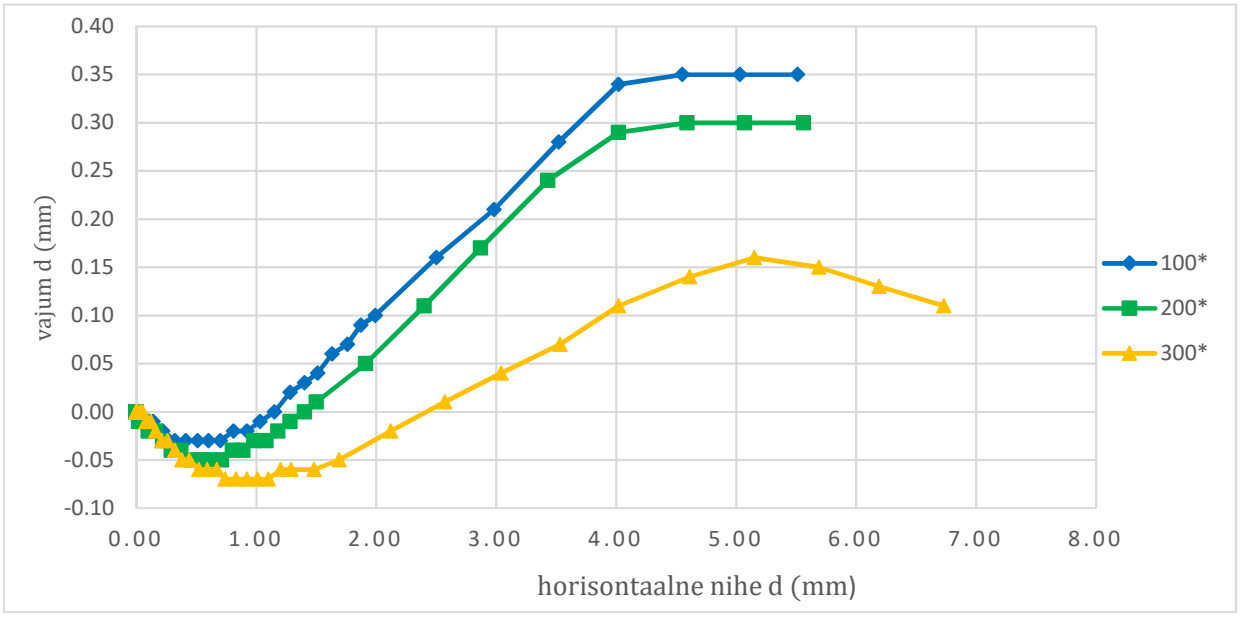
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
tolmliiv	100	82	12.9	19.8	1.83	1.83	1.62	1.53	0.93		
"	200	168	12.4	18.9	1.83	1.84	1.63	1.55	0.94	35.8	14.7
"	300	226	12.9	19.8	1.84	1.85	1.63	1.55	0.94		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
tolmliiv	100	82	12.9	19.8	1.826	1.835	1.617	1.532	0.93		
"	200	168	12.4	18.9	1.834	1.845	1.631	1.551	0.94		
"	300	226	12.9	19.8	1.841	1.853	1.630	1.547	0.94		
										35.8	14.7




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
-0.09
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300

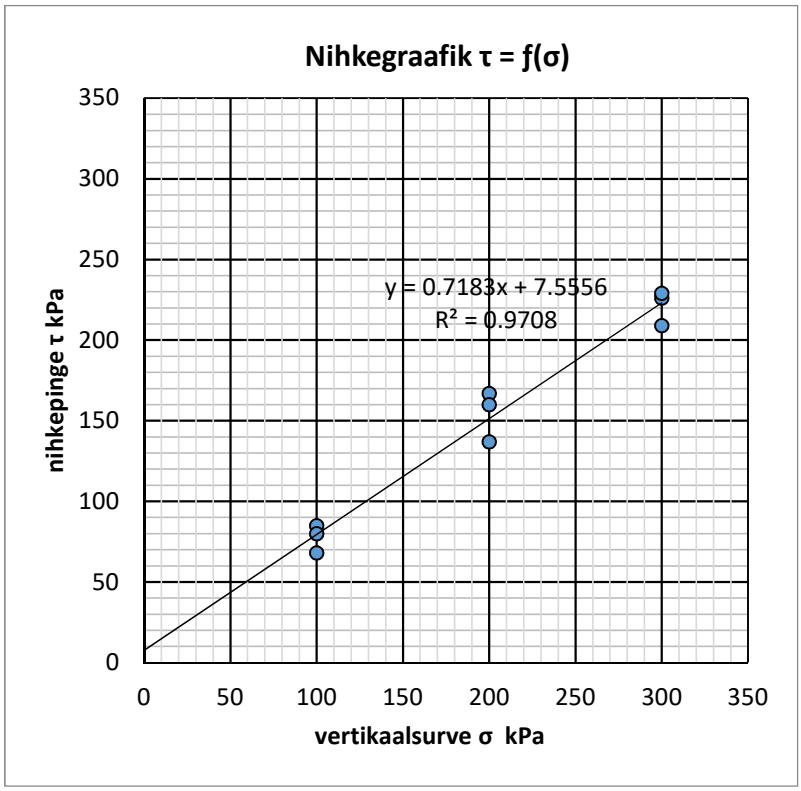

0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
vajum d (mm)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

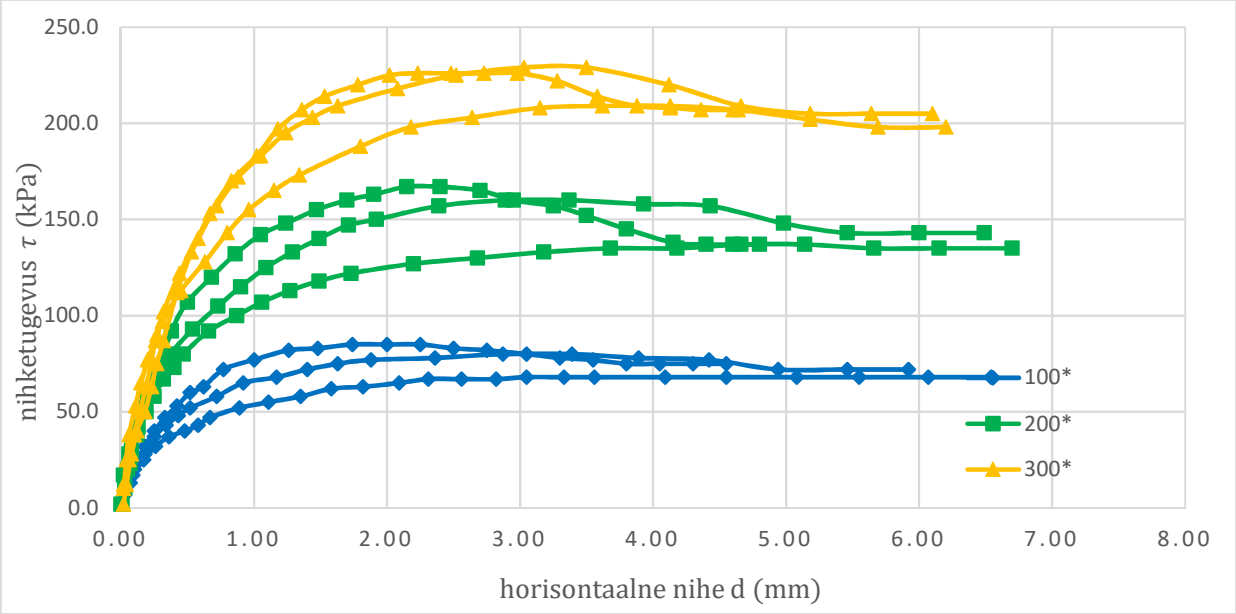
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

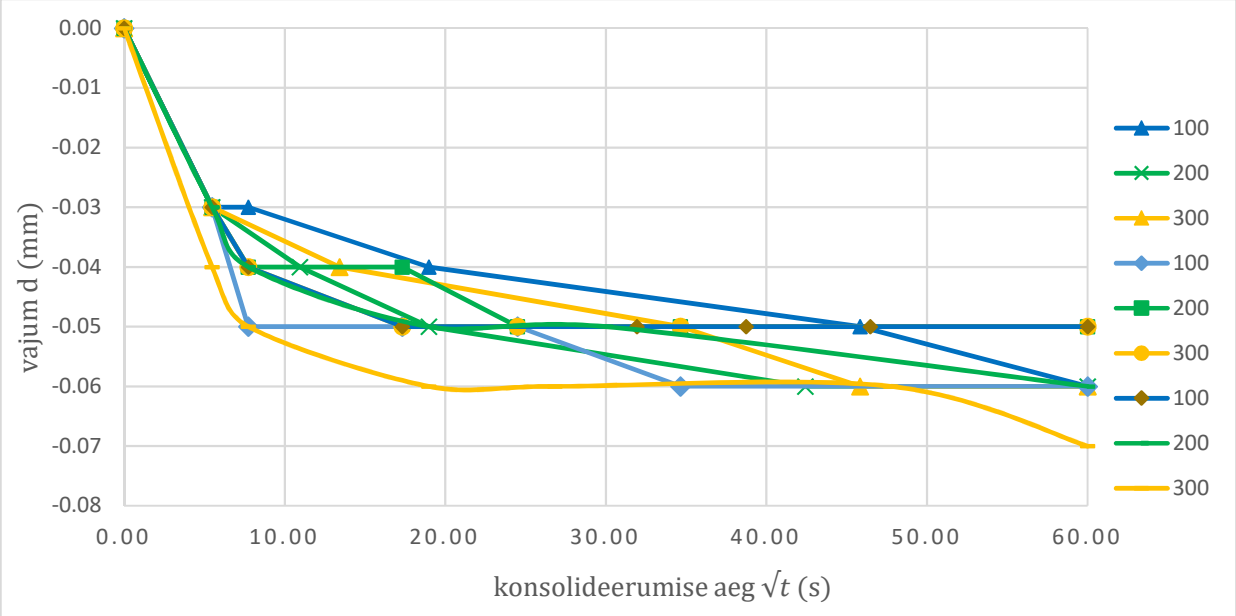
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..5	
Proov:	o.tolmliiv	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 möllikas peenliiv	

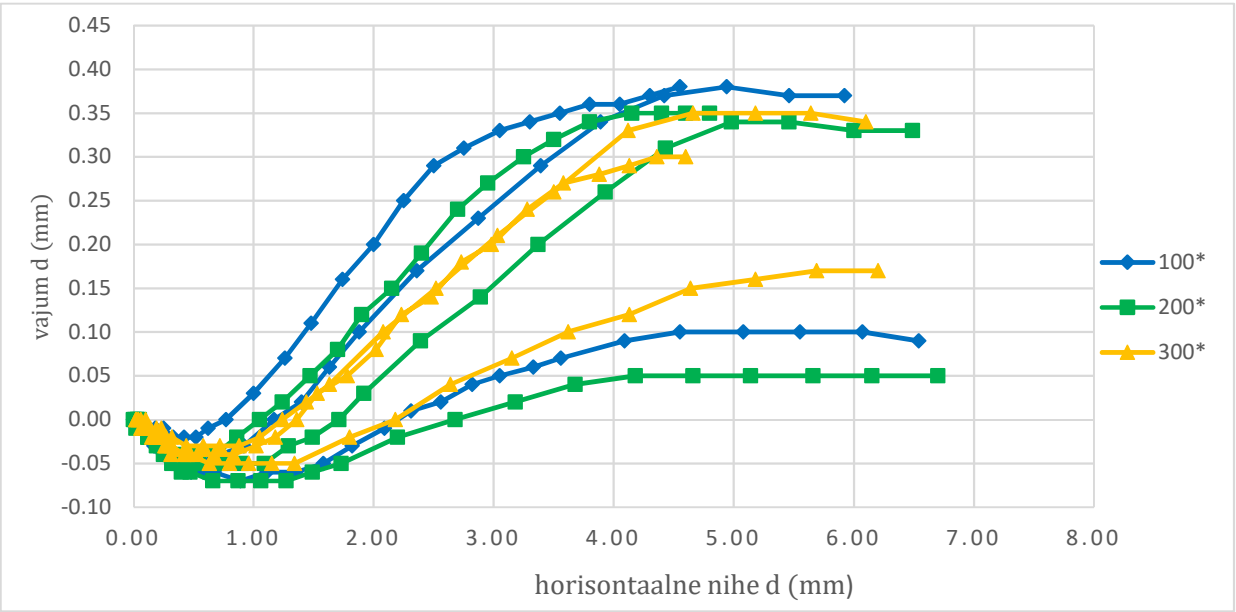
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
o.tolmliiv	100	78	11.3	15.0	1.9	1.9	1.7	1.7	0.94		
"	200	155	11.3	15.4	1.9	2.0	1.8	1.7	0.95	35.7	7.6
"	300	221	10.8	15.0	2.0	2.0	1.8	1.7	0.96		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
o.tolmliiv-1	100	68	11.4	16.1	1.9	1.9	1.7	1.6	0.89		
"	200	137	11.5	17.1	1.9	1.9	1.7	1.6	0.92		
"	300	209	11.3	16.0	1.9	1.9	1.7	1.7	0.92		
o.tolmliiv-2	100	85	11.3	14.1	1.9	1.9	1.7	1.7	0.95		
"	200	167	11.2	14.4	1.9	1.9	1.7	1.7	0.95	35.7	7.6
"	300	226	10.3	14.5	2.0	2.0	1.8	1.7	0.96		
o.tolmliiv-3	100	80	11.2	14.9	2.0	2.0	1.8	1.7	0.97		
"	200	160	11.2	14.7	2.0	2.0	1.8	1.7	0.98		
"	300	229	10.9	14.6	2.0	2.0	1.8	1.8	0.99		




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300
100
200
300

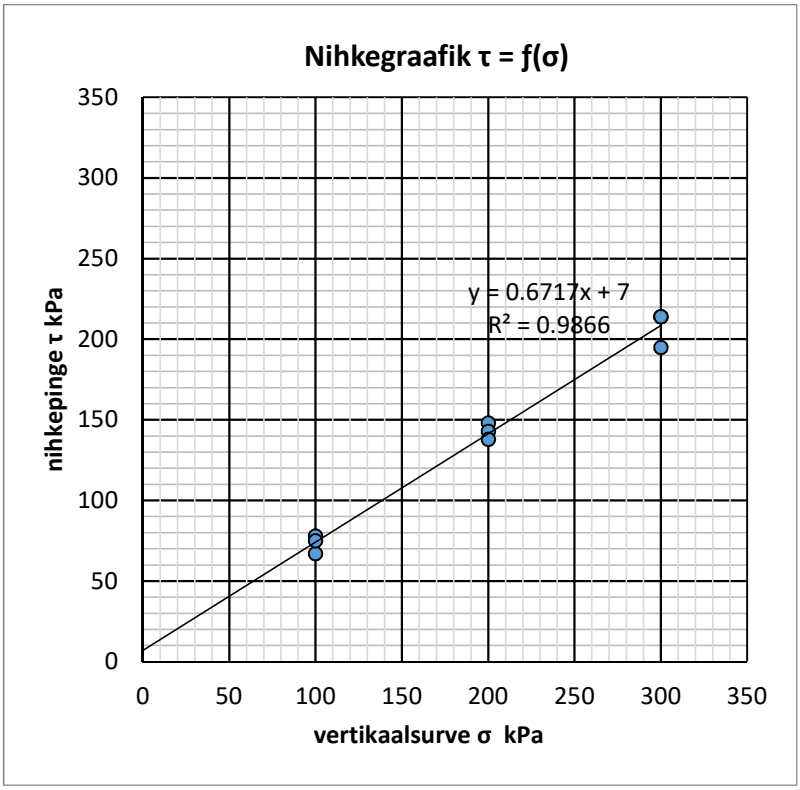

0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
vajum d (mm)
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

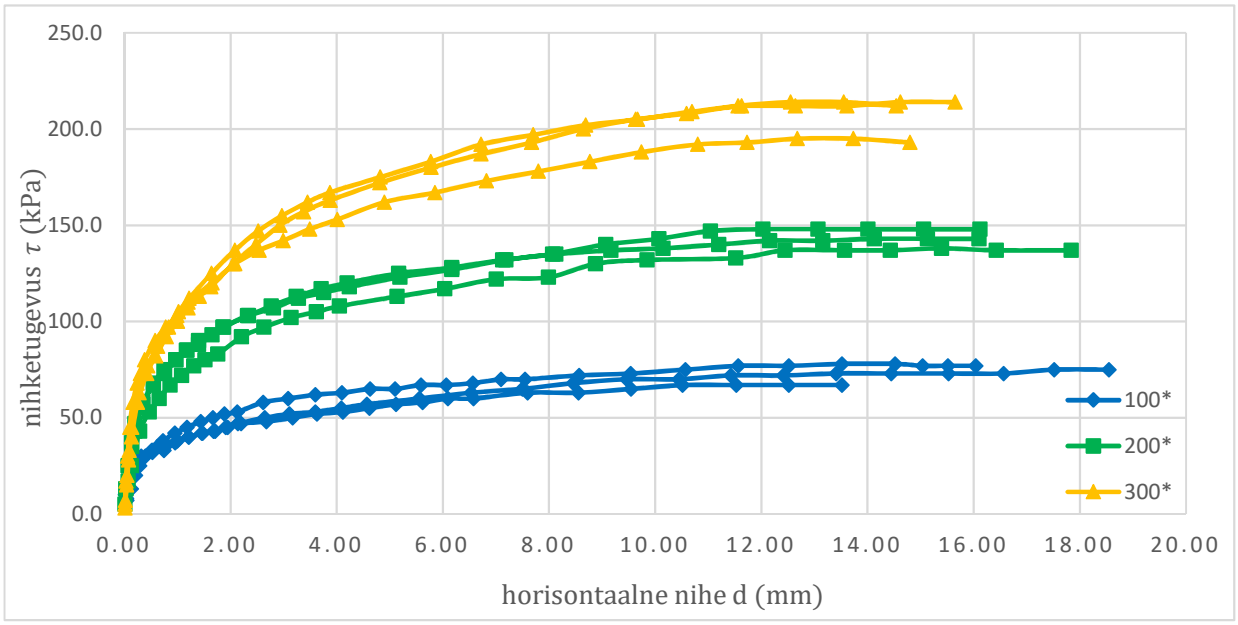
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

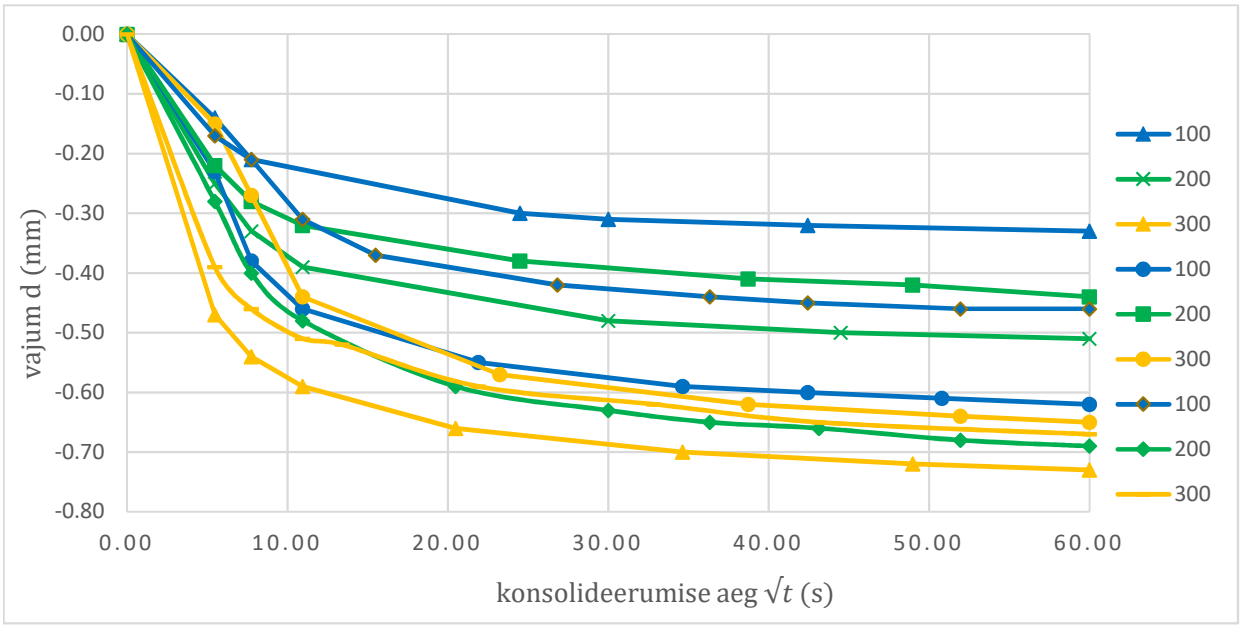
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..6	
Proov:	muld 1	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 rohke liivaga savimöll	

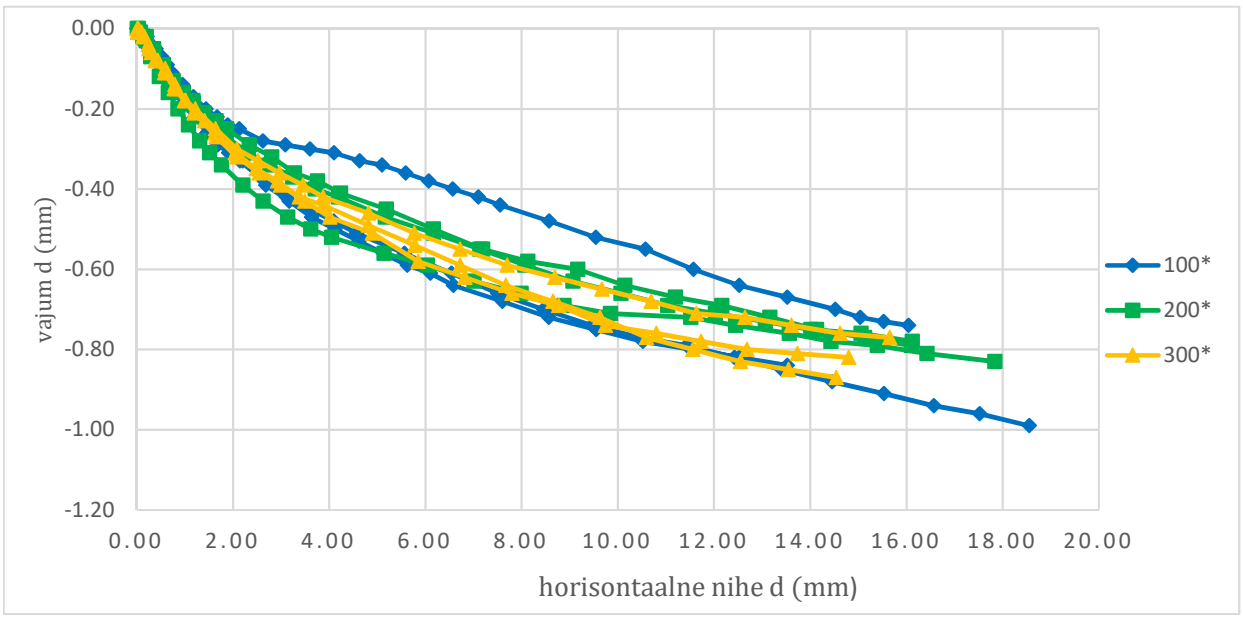
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	σ kPa	τ_f kPa	w_1 %	w_2 %	ρ g/cm³	ρ g/cm³	ρ_{d1} g/cm³	ρ_{d2} g/cm³	ρ_{d2} / ρ_{dmax}	ϕ kraad	C kPa
muld 1	100	73	17.2	19.5	1.84	1.95	1.57	1.63	0.95		
"	200	143	17.2	18.9	1.86	1.98	1.59	1.66	0.97	33.9	7.0
"	300	208	17.2	18.7	1.84	1.97	1.57	1.66	0.97		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	σ kPa	τ_f kPa	w_1 %	w_2 %	ρ g/cm³	ρ g/cm³	ρ_{d1} g/cm³	ρ_{d2} g/cm³	ρ_{d2} / ρ_{dmax}	ϕ kraad	C kPa
muld 1-1	100	78	17.4	18.7	1.87	1.97	1.60	1.66	0.97		
"	200	148	17.2	17.4	1.89	2.01	1.61	1.71	1.00		
"	300	214	17.3	16.5	1.85	1.98	1.57	1.70	0.99		
muld 1-2	100	67	17.5	19.0	1.79	1.91	1.52	1.61	0.94		
"	200	143	17.4	19.7	1.88	1.99	1.60	1.66	0.97	33.9	7.0
"	300	195	17.6	21.4	1.80	1.93	1.53	1.59	0.93		
muld 1-3	100	75	16.7	20.7	1.85	1.97	1.58	1.64	0.95		
"	200	138	16.9	19.5	1.81	1.94	1.55	1.62	0.95		
"	300	214	16.7	18.3	1.87	2.01	1.60	1.70	0.99		




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
20.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
-0.60
-0.70
-0.80
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300
100
200
300

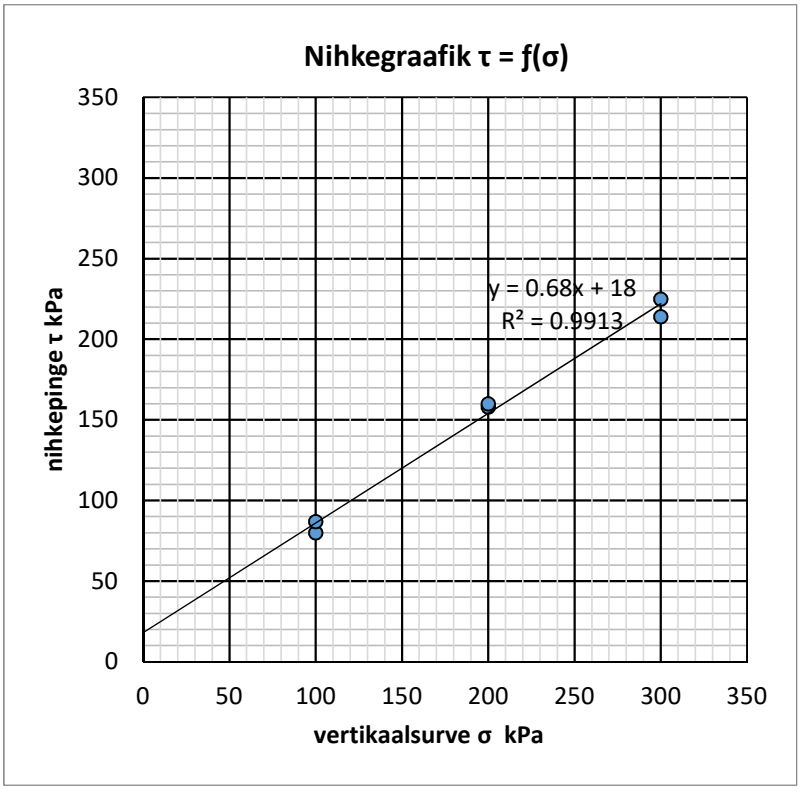

0.00
-0.20
-0.40
-0.60
-0.80
-1.00
-1.20
vajum d (mm)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
20.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

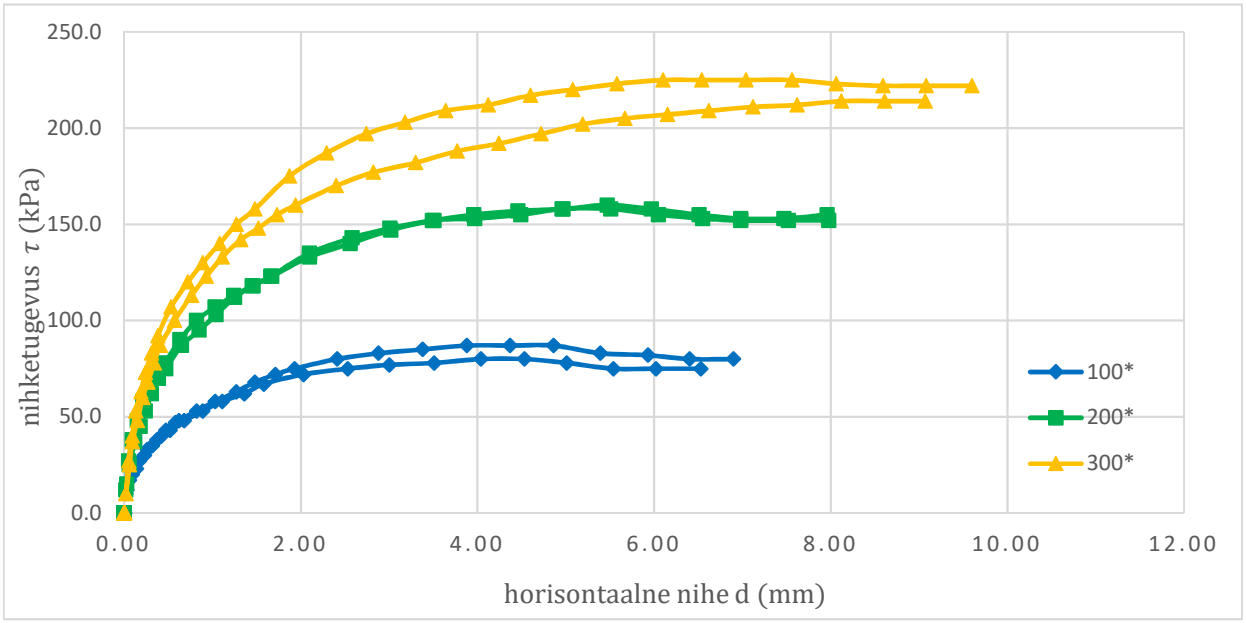
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

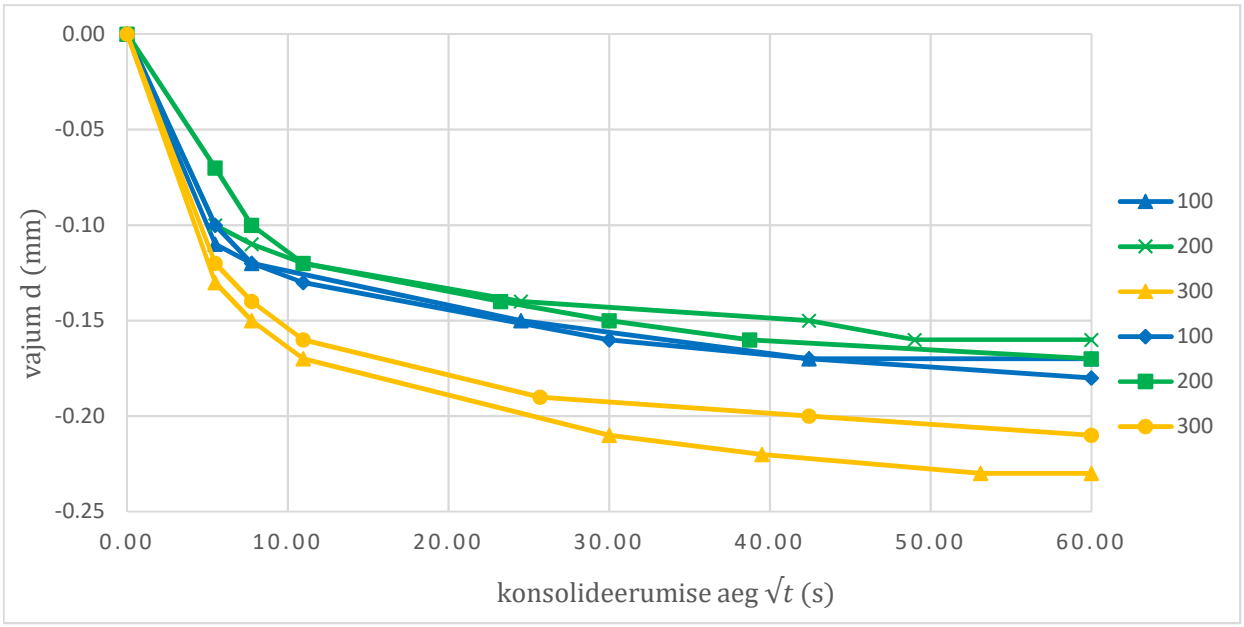
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..7	
Proov:	muld 2	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 rohke liivaga jämemöll	

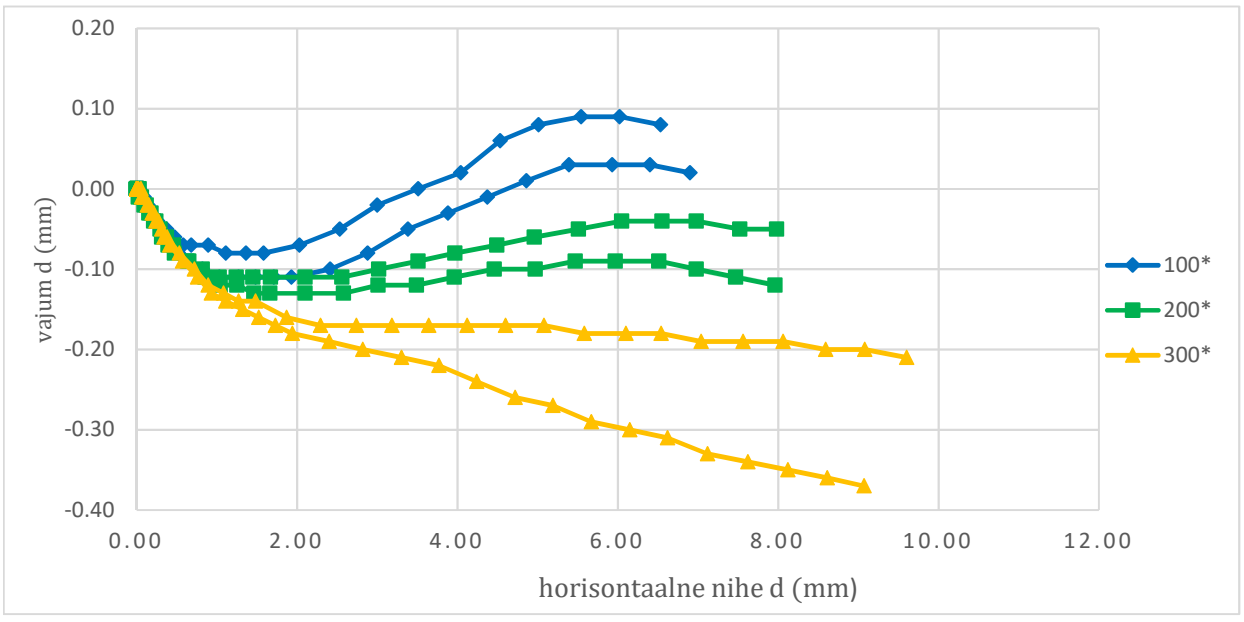
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
muld 2	100	84	18.2	19.3	1.98	2.00	1.67	1.68	0.98		
"	200	159	18.0	19.1	2.01	2.04	1.70	1.71	1.00	34.2	18.0
"	300	220	18.0	19.0	1.94	1.99	1.65	1.67	0.98		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
muld 2-1	100	80	18.3	19.9	1.96	1.99	1.66	1.66	0.97		
"	200	158	18.2	19.3	1.99	2.01	1.69	1.69	0.99		
"	300	214	18.2	19.5	1.94	2.00	1.64	1.67	0.98		
muld 2-2	100	87	18.1	18.7	1.99	2.01	1.68	1.69	0.99		
"	200	160	17.8	18.9	2.03	2.06	1.72	1.73	1.01	34.2	18.0
"	300	225	17.8	18.5	1.94	1.98	1.65	1.67	0.98		




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
-0.25
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300


0.20
0.10
0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
vajum d (mm)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

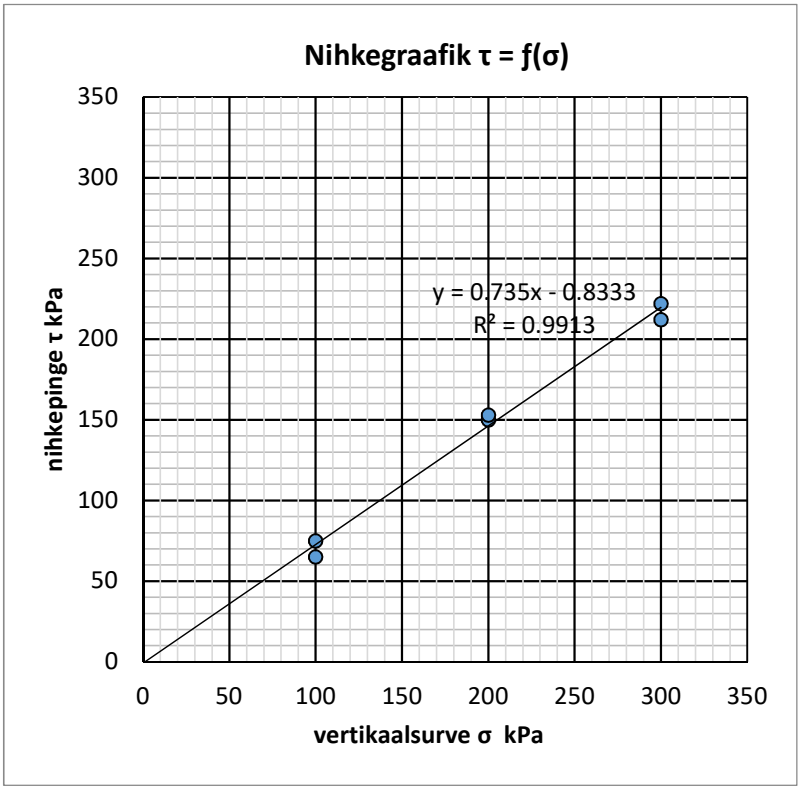
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..8	
Proov:	muld 3	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 rohke liivaga jämemöll	

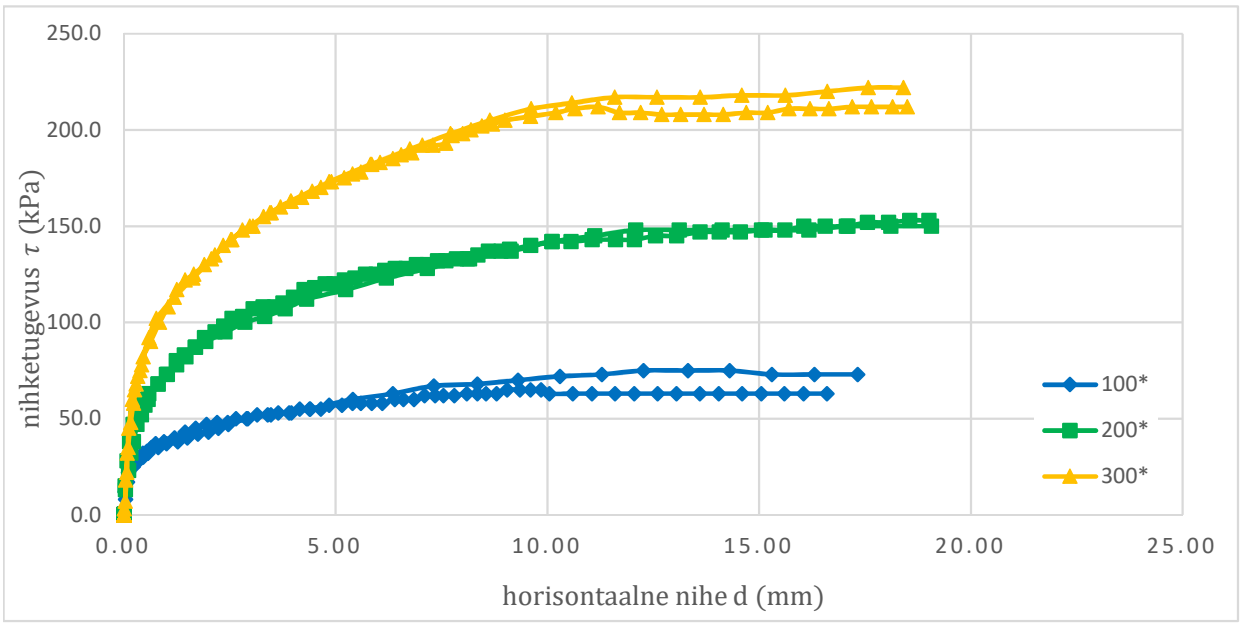
KOONDTULEMUSED

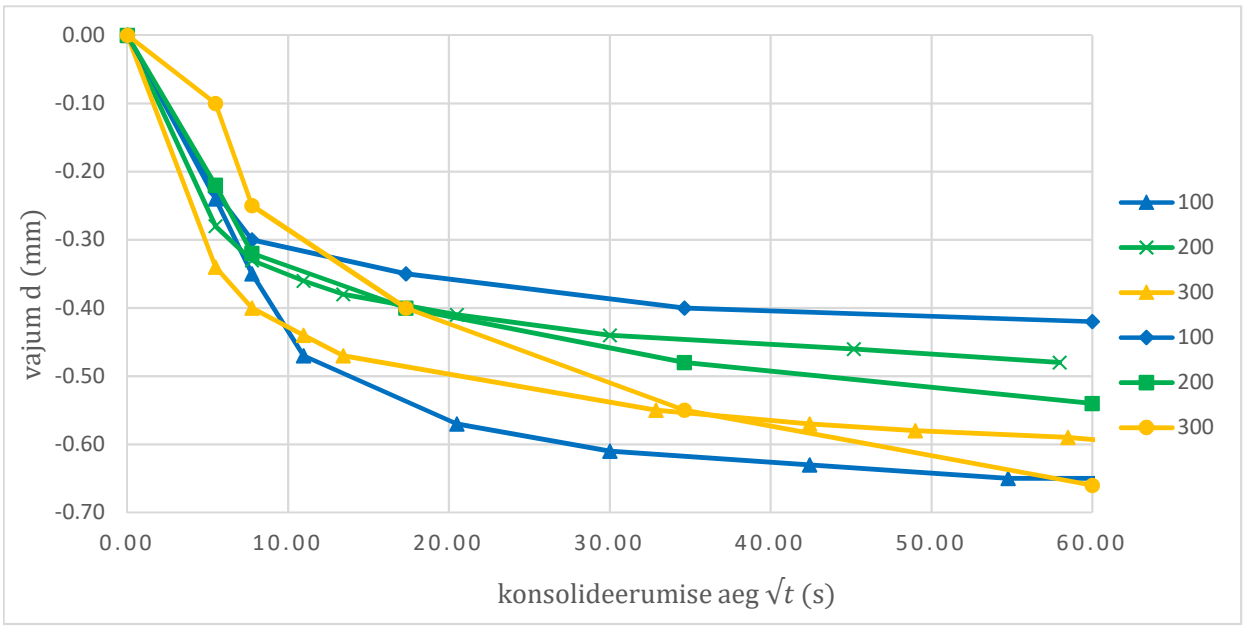
			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	σ kPa	τ_f kPa	w_1 %	w_2 %	ρ g/cm³	ρ g/cm³	ρ_{d1} g/cm³	ρ_{d2} g/cm³	ρ_{d2} / ρ_{dmax}	ϕ kraad	C kPa
muld 3	100	70	10.9	16.9	1.85	1.98	1.67	1.70	0.88		
"	200	152	11.2	15.6	1.87	2.01	1.68	1.74	0.90	36.3	-0.8
"	300	217	11.1	15.3	1.87	2.01	1.69	1.75	0.91		

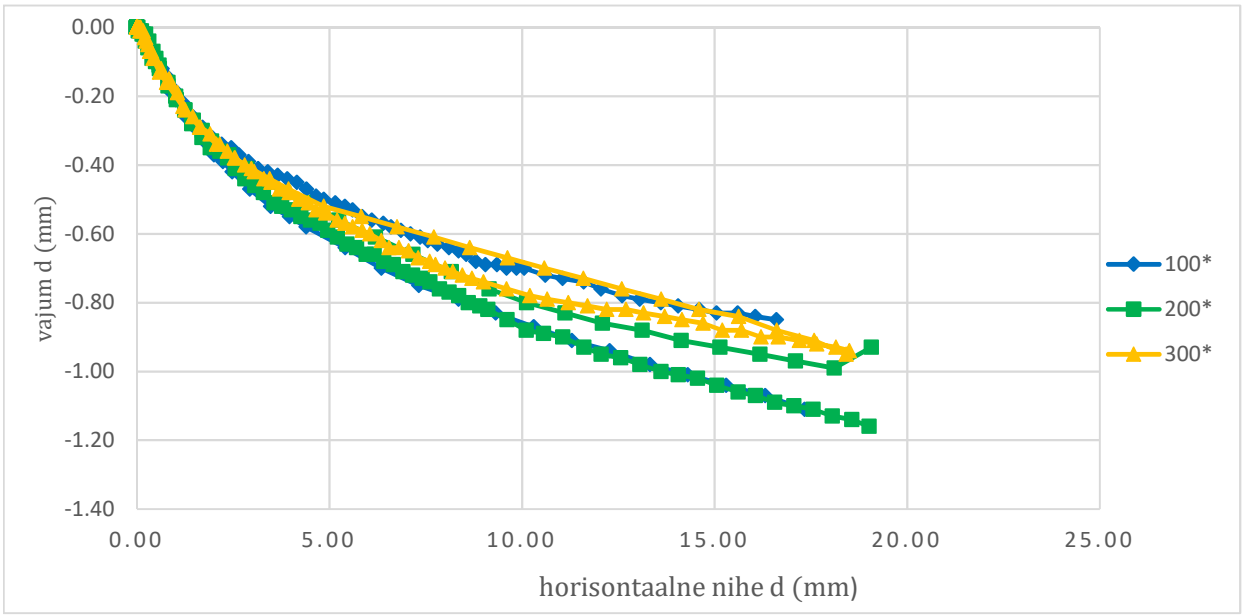
ÜKSIKKATSETE TULEMUSED

Proovi nr	σ kPa	τ_f kPa	w_1 %	w_2 %	ρ g/cm³	ρ g/cm³	ρ_{d1} g/cm³	ρ_{d2} g/cm³	ρ_{d2} / ρ_{dmax}	ϕ kraad	C kPa
muld 3-1	100	75	11.3	17.5	1.80	1.96	1.62	1.67	0.87		
"	200	150	11.8	16.2	1.84	1.97	1.64	1.69	0.88		
"	300	222	11.4	16.5	1.82	1.96	1.64	1.68	0.87		
muld 3-2	100	65	10.4	16.3	1.90	2.01	1.72	1.73	0.90		
"	200	153	10.7	15.0	1.90	2.05	1.72	1.78	0.93	36.3	-0.8
"	300	212	10.8	14.0	1.92	2.06	1.73	1.81	0.94		




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
-0.60
-0.70
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300

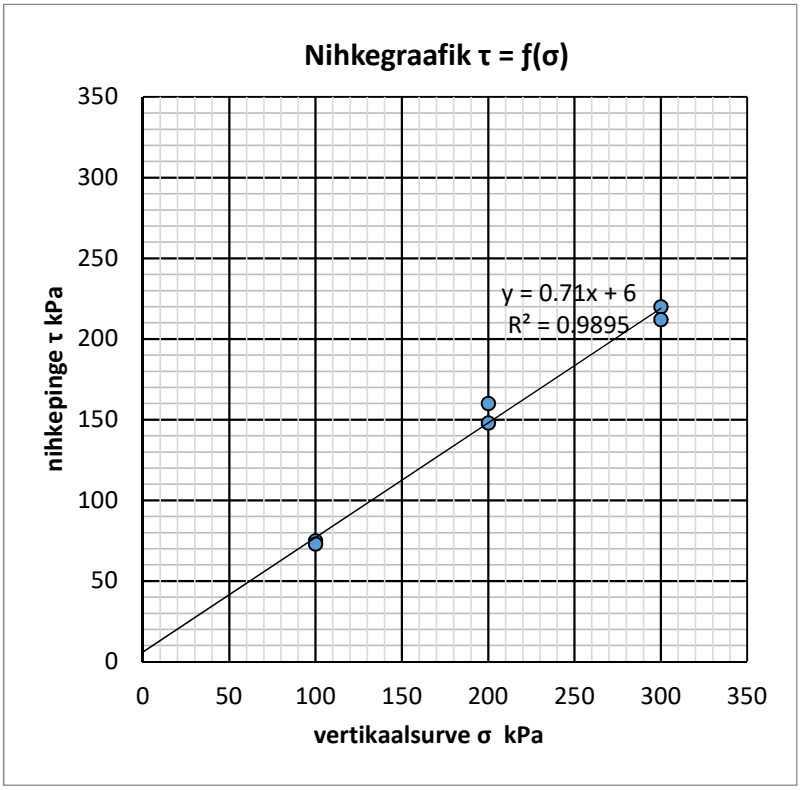

0.00
-0.20
-0.40
-0.60
-0.80
-1.00
-1.20
-1.40
vajum d (mm)
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*

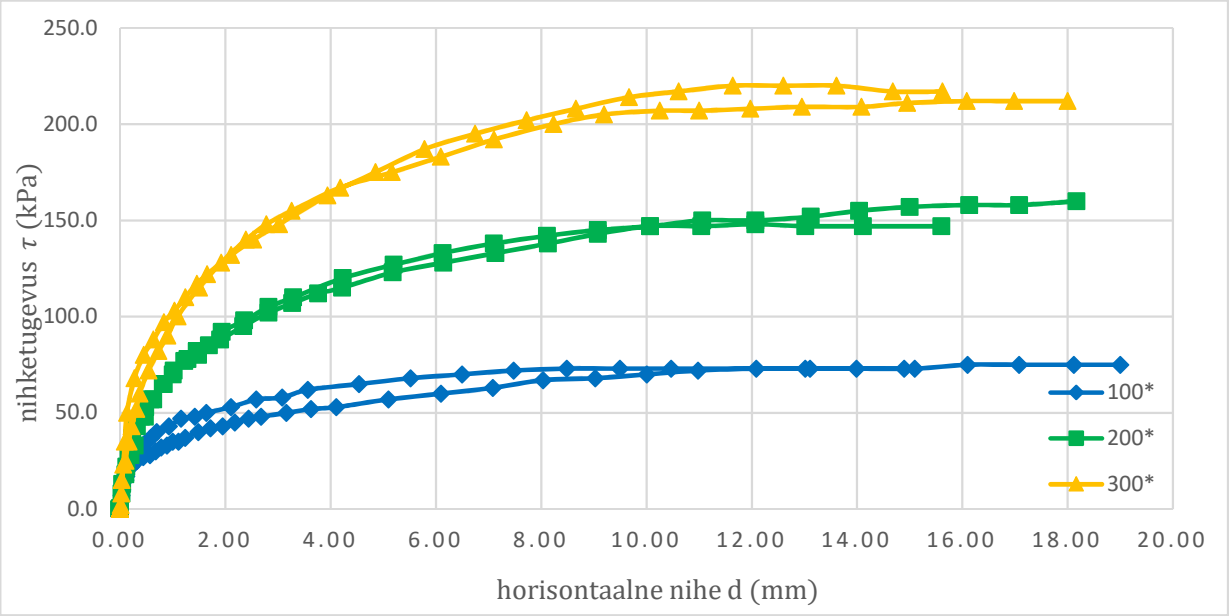
NIHKETEIMI KATSE PROTOKOLL - SHEAR STRENGTH TEST

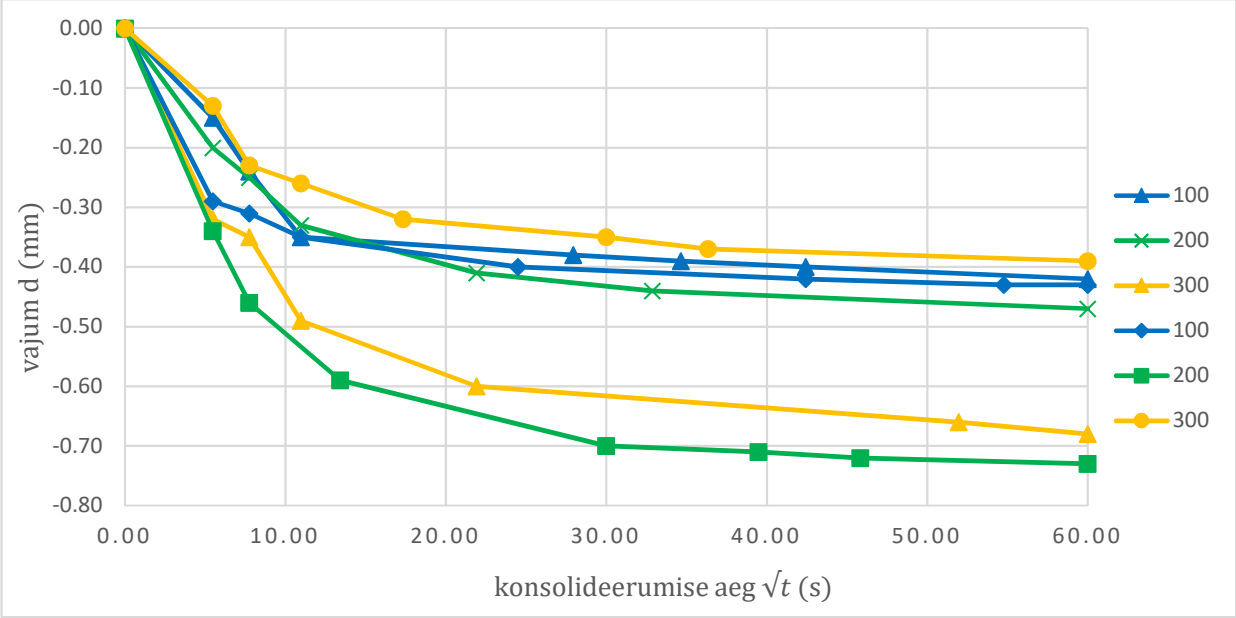
Kuupäev:	4.05.2019	TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL
Protokoll:	19..9	
Proov:	muld 4	
Objekt:	Lepinguline töö nr 4-14/230	Norm: EVS-EN ISO 17892-10:2018
Liigitus:	EVS 1997-1:2003 kruusaga mölline peenliiv (< 2 rohke liivaga savimöll)	

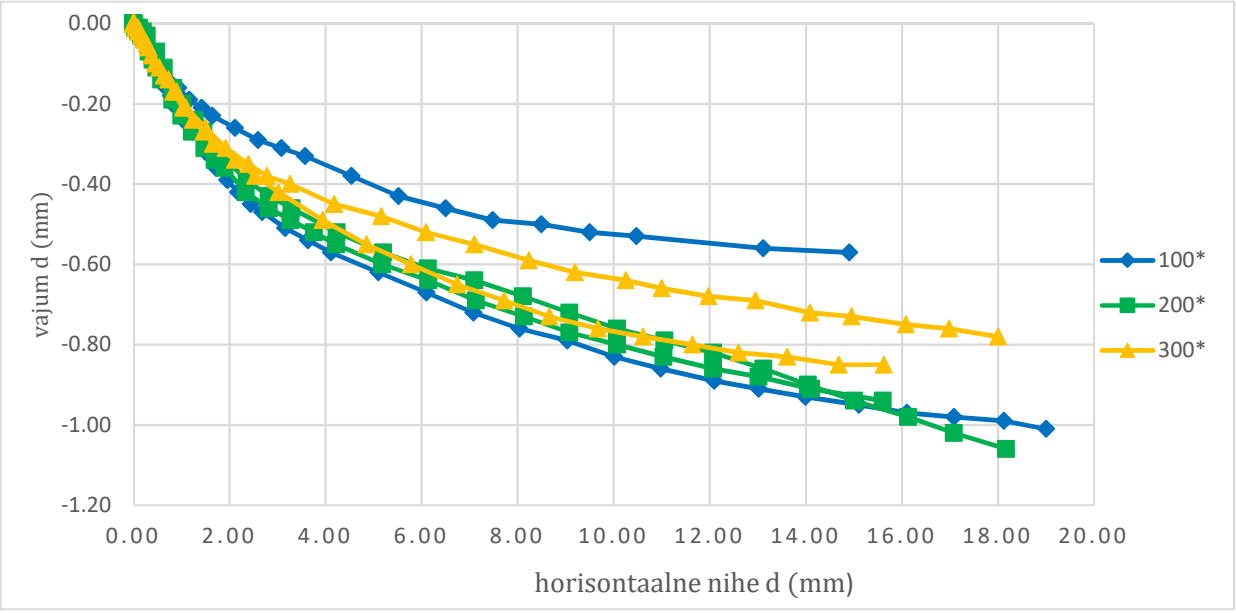
KOONDTULEMUSED			enne	pärast	enne	pärast	enne	pärast	tihendusaste		nidusus
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
muld 4	100	74	11.1	16.0	1.92	2.03	1.73	1.75	0.91		
"	200	154	11.3	15.4	1.97	2.12	1.77	1.84	0.96	35.4	6.0
"	300	216	11.1	15.2	1.96	2.09	1.76	1.81	0.94		

ÜKSIKKATSETE TULEMUSED											
Proovi nr	**σ kPa**	**τ_f kPa**	**w_1 %**	**w_2 %**	**ρ g/cm³**	**ρ g/cm³**	**ρ_{d1} g/cm³**	**ρ_{d2} g/cm³**	**ρ_{d2} / ρ_{dmax}**	**ϕ kraad**	**C kPa**
muld 4-1	100	75	11.2	16.1	1.90	2.04	1.71	1.75	0.91		
"	200	148	11.2	15.6	1.95	2.08	1.75	1.80	0.94		
"	300	220	11.0	14.9	1.92	2.07	1.72	1.80	0.93		
muld 4-2	100	73	11.1	15.9	1.93	2.02	1.74	1.74	0.91		
"	200	160	11.3	15.3	1.99	2.17	1.79	1.88	0.98	35.4	6.0
"	300	212	11.1	15.5	2.00	2.11	1.80	1.83	0.95		




250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
nihketugevus τ (kPa)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
20.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*


0.00
-0.10
-0.20
-0.30
-0.40
-0.50
-0.60
-0.70
-0.80
vajum d (mm)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
konsolideerumise aeg √t (s)
100
200
300
100
200
300


0.00
-0.20
-0.40
-0.60
-0.80
-1.00
-1.20
vajum d (mm)
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
20.00
horisontaalne nihe d (mm)
100*
200*
300*