



TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOO
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mihhail Kravtšenko

ASFALTKATETE DEFEKTIPÕHISED REMONDITEHNOLOOGIAD

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond
Teedehituse eriala

Tallinn 2013

SISUKORD

Lühendite ja terminite loetelu	5
Sissejuhatus	8
1. Asfaltkatte defektide analüüsimine	10
1.1. Defektide olemusest	10
1.2. Lappimise kiireloomulisus	12
1.3. Viited „Teeseadusele“	13
1.4. Uuringud ja järelvalve meetodid	14
1.4.1 Visuaalne kontroll, videod, fotod, soojuskaamerad	15
1.4.2. Enim kasutatud NDT-seade	17
1.4.3. Laboratoorsete katsete meetodid	18
2. Asfaltkatte defektid, nende tekkimise põhjused ning remonditehnoloogiad	21
2.1. Põikpraod	21
2.1.1. Põikpragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	22
2.2. Pikipraod (kitsad ja laiad)	24
2.2.1. Pikipragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	25
2.3. Vuugipraod (kitsad ja laiad)	26
2.3.1. Vuugipragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	28
2.4. Võrkpraod	29
2.4.1. Võrkpragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	31
2.5. Asfaltkatte augud	32
2.5.1. Asfaltkattesse löökaukude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	33

2.6. Murenemised.....	35
2.6.1. Murenemise tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad	36
2.7. Serva defektid.....	36
2.7.1. Serva defektide tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad ...	37
2.8. Ebatasasused (põiksuunalised ja pikisuunalised).....	39
2.8.1. Ebatasasuste tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad.....	40
3. Defekti analüüs ja defekti tekke põhjuste väljaselgitamine. Näide.....	42
3.1. Analüüs ja võimalikud remonditehnoloogiad	44
4. Hind, vastupidavus ning liikluspiirang.....	49
Kokkuvõte	55
Summary	57
Viidatud allikate loetelu	59
Lisa 1. Kattega maantee seisunditase	61
Lisa 2. Tänavaseisunditase	62
Lisa 3. Kattega tee seisundinõuded	63
Lisa 4. Eelistuspõhiselt AB- ja SMA-katete eri defektitüüpidele sobivad lappimismeetodid	64
Lisa 5. Proctor-tiheduse graafikud Männiku liival, paeliival ja Vaida-Urge mulde materjalil.....	66

LÜHENDITE JA TERMINITE LOETELU

IRI (International Roughness Index) - Teekatte tasasuse indeks, mis iseloomustab üksikute 100 m pikkuste kattelõikude tasasust mm/m ja on määratletud kiirusel 80 km/h. [1: §6 p 2]

Asfaltsegu - Bituumensideainest, kindla terastikulise koostisega täitematerjalidest ja vajalikest lisanditest koostatud segu teekatete ja –aluste ehitamiseks mitmesugustes ilmastiku- ja liiklustingimustes. [2: 7]

AC (Asphalt Concrete) - Asfaltbetoon mis on pideva või katkeva terastikulise koostisega asfaltsegu, mille täitematerjali osised moodustavad kandva struktuuri. [2: 8]

SMA (Stone Mastic Asphalt) - Killustikmastiksfalt mis on suure jämetäitematerjalisaldusega asfaltsegu, mille killustikust skelett on kokku liidetud peentäitematerjalist ning bituumenist moodustatud mastiksiga. [2: 8]

MA (Mastic Asphalt) - Valuasfalt on poorideta asfaltsegu, mis sisaldab sideainena bituumenit ja mille kuumas segus sideaine ning filleri ühismaht ületab täitematerjalide segu skeletipoorsuse.[2: 8]

Peenosised - Täitematerjal, mille osakesed läbivad 0,063 mm avadega sõela. [3: 7]

Pragude laiendamisega täitmise meetod - Asfaldipragude remontimise meetod, mille korral prao ristlõikele antakse freesimisega korrapärane geomeetriline kuju, puhastatakse, kuumutatakse ja täidetakse vuukimisainega, millel on madalatel temperatuuridel hea nakkuvus ja venivus. [4: 2]

Pragude segugatäitmise meetod - Asfaltkattes olevate laiade pragude ja väikese pindalaga lagununud kohtade remontimise meetod, mille korral kahjustatud ala remonditakse kuuma asfaldiseguga. [4: 2]

Pragude kannutäitmise meetod - Kannutäitmise meetod ei sisalda pragude eeltöötlust (laiendamist, kuivatamist või puhastamist). Bituumen valatakse käsikannust (või pihustatakse) prakku, täites selle katte pealispinnani. [5: 9]

Pritskillustikuga remontimise meetod - Remondimeetod, mille korral AC, MSE- ja pinnatud kruusatee - remontimiseks pritsitakse remonditavasse kohta bituumensideaine ja täitematerjali segu. [4: 2]

Asfaltbetoonlappimine (AB-lappimine) - asfaltbetooniseguga (AC või SMA) tehtav lappimine. AB-lappimine teostatakse väiksemate defektide parandamiseks käsitsi ja suurtemate defektide parandamise puhul kasutatakse mehhanisme. [5: 15]

Rooparemix - AC- ja SMA- katete roobaste täitmismeetod, mille korral roopa kohal teepind kuumfreesitakse. Freesimise ajal segatakse vajalik AC või SMA lisasegu freesitud seguga, seejärel segu laotatakse ja tihendatakse. [4: 2]

Ülekate - Vana asfaltkatte freesimine ning uue asfaltbetoonkatte ehitamine vastavalt Maanteeameti juhisele "Asfaldist katendikihtide ehitamise juhised".

Auguremont külmsseguga - Kasutatakse peamiselt sügis-talv-kevad perioodil kui temperatuur on alla +5 °C. Puhastatakse auk sodist ja tolmust, seejärel kuumutatakse, et ei oleks august jääd ning ülearust vett, ning lisatakse külmasfaltsegu, mis hiljem tihendatakse tamba või vibroplaadiga. [6: 1]

Valuasfaltlappimine (MA-lappimine) – Valuasfalti kasutatakse kulumiskihtides, pikiroobaste täiteks ja ka siduvkihtides. Samuti kasutatakse valuasfalti sildade, tunnelite kaitse- ja vahekihtides ning ebatasasuste täiteks. Valuasfaltlappimist teostatakse üldiselt käsitööna või kelguga. [2: 33]

Ribapindamine - Kattepinna säilitamine bituumensideaine ja täitematerjali üksteisele järgneva laotamise ja rullimise tulemusena. [4: 2]

Kohtpindamine - Killustiklappimise sideaine ja kivimaterjali abil täidetakse defektse pinna poorsed kohad. Killustiklappimine teostatakse veoautole paigaldatud lappimisseadmega, millel on mahuti sideainele. Lappimisseade pihustab lappimiskohale kõigepealt sideaine ja lisab kohe seejärel kivimaterjali. [7: 24]

Lauspindamine - Teekattele mõlema sõiduraja laiuselt kulumis- ja ilmastikukaitsekihi ehitamine, mille puhul kattele laotatakse vaheldumisi bituumensideainet ja sobiva terakoostisega täitematerjali ning rullitakse. [8: 15]

Möss - Külvalt segatud peeneteraline õhuke kulumis- ja kaitsekiht (3mm – 30mm), mida kasutatakse vananenud teekatete omaduste parandamiseks ja eluea pikendamiseks. [9: 19]

Freesremont - Freesremont on ebatasasuste remondimeetod, kus defektid remonditakse tee pinna freesimisega uut segu lisamata.

Külmakerkeohtlike aluste väljavahetus - Tee konstruktsioonis olevate külmakerke ohtlike materjalide väljakaevamine ning uute külmakindlate materjalide paigaldamine ning tihendamine vastavalt ''Killustikust katendikihtide ehitamise juhendile''.

Teepeenra kindlustamine - Teepeenra kindlustamise korral kõrvaldatakse ning veetakse ära sinna kogunenud praht ja mättad, enne uue materjali lisamist korrastatakse peenra alus. Teepeenrale laotatakse täitematerjal spetsiaalsete peenarde ehitamiseks mõeldud laoturitega, ning tihendatakse vastavalt projektile või töökirjeldusele. [10: 1]

NDT (*Non-destructive Testing Devices*) - Katendi kandevõime määramiseks ja seisukorra hindamiseks kasutatakse nn mittepurustavaid katseseadmeid, millega mõõdetakse katendi läbipainet koormuse mõjul (edaspidi NDT-seadmed). [11: 10]

FWD (*Falling Weight Deflectometers*) - Dünaamilised impulsskoormusega seadmed ehk langeva raskusega koormusseadmed (edaspidi FWD-seadmed) on tänu katsete täpsusele ja suurepärasele korduvusele ning reaalset koormust imiteeriva koormuse suurusele ja kestusele enimkasutatavad NDT-seadmed maailmas. [11: 11]

SISSEJUHATUS

Eestis on üheks suureks probleemiks vananenud teekatted. Teekatted projekteeritakse Eestis 15 aastaks, kusjuures selle aja jooksul tuleb teekatte kulumiskihti vähemalt üks kord vahetada. Eestis jäetakse majanduslikel põhjustel asfaltkatete kulumiskihid tihtipeale uuendamata, mille tulemusel ei pea 15 aastaks projekteeritud teed neile ettenähtud eluiga vastu. Seega tuleb meil paljuski tegeleda asfaltkatetele tekkinud defektidega. Autorit ajendas teema valikul asjaolu, et Eestis tuleb praktiliselt igapäevaselt tegeleda asfaltkatete defektide likvideerimisega. Kuna defektid on oma iseloomult ja tekkepõhjuselt erinevad, tuleks välja töötada ka kindlate defektide remontimiseks vastavad tehnoloogiad. Iga defekti tuleks käsitleda eraldi. Teades defekti tekkimise põhjust on võimalik valida parim remonditehnoloogia nii ajutiseks remondiks kui kapitaalremondiks.

Eesmärgiks on vastavalt teekattel esinevate defektide inventeerimisejuhendis etteantud kattega maanteede defektidele parimate remonditehnoloogiate leidmine. Teekattel esinevate defektide inventeerimisejuhendi järgi peamisteks kattega teede defektideks on: põikpraod; kitsad- ja laiad pikipraod; piki- ja põikvuugipraod; võrkpraod; augud; murenemised; servadefektid. Ebatasasused on üks defektidest, mis ei sisaldu defektide inventeerimise juhendis. Samas on tegemist defektiga, millest arenevad välja aja jooksul enamus asfaltkatte muudest defektidest. Leides parima remonditehnoloogia kõikidele defektidele on meil võimalik teekatete eluiga pikendada või vähemalt suuremate remonditööde vajadust edasi lükata.

Kattega maanteede hoolduses kasutatavate asfaltkatete remonditehnoloogiate tematika on Eestis väga aktuaalne. Talvised augulappimised tehakse külmsegudega või kuumsegudega kasutades kiireloomuliste tööde jaoks remonditehnoloogiaid, mis ei võimalda parandada teid antud ilmastiku tingimustes kõige kvaliteetsemalt. Kevadise või suvise perioodi jooksul tuleks kõik välja vahetada kvaliteetsemate segude vastu ning paremate ilmastikutingimuste saabumisel kasutada parimat remonditehnoloogiat asfaltkatete remontimiseks, saavutamaks pikaaegsema asfaltkatte eluea. Kahjuks tuleb tõdeda, et alati ei suudeta leida finantsvahendeid kiireloomuliste töödena ja eriolukordades parandatud asfaltkatete kvaliteedi tagamiseks ja tõstmiseks. Tulemuseks on, et

ajutiselt remonditud katted hakkavad uuesti lagunema juba järgmisel talvel või isegi varem. See viib aga järgmisel hooajal hooldustööde kulud kahekordseks.

Õige remonditehnoloogia valimine annab asfaltkatetele pikema eluea, millega pikemas perspektiivis hoitakse hoolduskulusid kokku. Hoides kulusid kokku on meil võimalik rekonstrueerida vanemaid maanteid ja taastada suuremal hulgal asfaltkatteid. Asfaltkatete parema seisukorra puhul tõuseb ka liiklusohutus, mis on inimeste seisukohalt esmatähtis. Linnades, kus asfaltkatte seisukord on väga halb, peavad sõidukijuhid sõiduauto veermiku löökaugus purunemise vältimiseks tegema ootamatuid manöövreid põikamaks löökaukudest või murenenud kohtadest eemale. Selle tulemusena seavad sõidukijuhid suurde ohtu kõnniteel kõndivad jalakäiad ja sõidutee ääres sõitvad jalgratturid. Asfaltkatted peavad olema vähemalt sellises seisukorras, et see ei segaks sõiduautode ja jalgratturite sõidumugavust ja ei takistaks liikluse sujuvust.

Lõputöö on autor koostanud neljast peatükist. Esimeses peatükis on autor välja uurinud, mis nõuded on ette seatud defektidega tegelemisel seaduste järgi ning välja on toodud suuremad augud, ebatasasused ja praod, millega tuleb koheselt tegeleda. *Roadex* projektide kohaselt on välja uuritud mitmeid uuringu meetodeid, millega on võimalik defektide tekke põhjuseid välja selgitada ning nende järgi ka määrata, milliste tehnoloogiate abil on võimalik defektid parimal viisil remontida. Teises peatükis on autor kirjeldanud defektide olemust ning oletuslikud ja võimalikud defekti tekkimise põhjused. Vastavalt defekti tekkimise põhjustele on ka välja toodud võimalikud remonditehnoloogiad. Kolmandas peatükis on autor välja toonud ka näite, kuidas on võimalik erinevate uuringu meetodite abil selgeks teha defektitekkimise põhjused ning läbi nende ka valida parim remonditehnoloogia. Neljandas peatükis on autor võrrelnud erinevaid defektide remonditehnoloogiaid hindade, vastupidavuse ning liikluspiirangute kaudu.

Lõputööle autori poolt seatud hüpotees on, et Eestis käesoleval ajal kasutatavad asfaltkatete remonditehnoloogiad ja nende valik vajavad kindlalt fikseeritud remonditehnoloogiate valikute põhimõtteid eesmärgiga tagada kvaliteetsemad ja kauem kestvad asfaltkatted.

Töös kasutatud ligikaudsed hinnad ja välja toodud näited on saadud konsulteerides erinevate spetsialistidega teedehitusega tegelevatest ettevõtetest nagu AS Teede-REV-2, Lemminkäinen Eesti AS, Kagu Teed AS ning OÜ Üle. Siinkohal tänan eelnevalt nimetatud ettevõtete spetsialiste, kes leidsid aega autori poolt esitatud küsimustele vastamiseks.

1. ASFALTKATTE DEFEKTIDE ANALÜÜSIMINE

1.1. Defektide olemusest

Hoolde- ja remondivajadus otsustatakse visuaalselt vastavalt defektide inventeerimise juhendile.

Parandamist vajavad kohad on:

- põikpraod;
- pikipraad (kitsad ja laiad);
- vuugipraad (kitsad ja laiad);
- võrkpraod;
- asfaltkatte augud;
- murenemised;
- servadefektid;
- ebatasasused (põiksuunalised ja pikisuunalised).

Tee seisukorra võib jagada ekspluatatsiooniliseks ja struktuurseks seisukorraks ehk defektide mõju võib hinnata tee töötamise alusel kas teekasutaja või katendi tugevuse seisukohalt. Hinnates tee töötamist teekasutaja seisukohalt räägitakse sõidumugavusest, -kuludest ja ohutusest. Tee töötamise hindamisel katendi tugevuse seisukohast lähtudes räägitakse tee struktuursest seisukorrast, mis iseloomustab katendi võimet vastu võtta liiklus- ja ilmastikukoormuseid. Struktuurse seisukorra alusel püütakse hinnata, kui kaua tee ekspluatatsiooniline seisukord ehk teenindustase püsib soovitud tasemel. Tee struktuurne seisukord mõjutab märkimisväärselt tee teenindustaset. [11: 10]

Seega mida rohkem kulunud ning pragunenud asfaltkatteid on maanteedel ja tänavatel seda väiksem on teenindustase, mis aga teekasutajate vaatenurgast on maanteede ja tänavate puhul kõige olulisem.

Peamised asfaltkatete defektid liigitab autor kaheks:

1) liiklust mõjutavad defektid:

- ebatasasused (põiki –ja pikisuunalised);
- murenemised;
- asfaltkatte augud;

2) teekonstruktsiooni mõjutavad defektid:

- põikpraod;
- pikipraad (kitsad ja laiad);
- vuugipraad (kitsad ja laiad);
- võrkpraod;
- servadefektid.

Olenevalt sellest, kas defektid mõjutavad liiklust või teekonstruktsiooni tuleb ka hinnata remontimise kiireloomulisust. Teekonstruktsiooni mõjutavad defektid tuleb parandada võimalikult kiiresti ning seejärel liiklustmõjutavad defektid. Teekonstruktsiooni mõjutavatest defektidest enamasti arenevadki välja defektid, mis oluliselt mõjutavad liiklust.

Katte lappimise üldiseks eesmärgiks on hoida tee pind rahuldavas seisukorras ja samaaegselt nihutada ülekatte teostamine hilisemale ajale. [7: 4]

Lappimiste ulatusele asetab piiri kulutuste suhe saavutatavasse tulusse: kui tee tasasus ja muu teekonstruktsiooni seisukord ei täida lokaalsetest lappimistest ja õhukestest pindamistest hoolimata miinimumnõudmisi, tuleb kaaluda ülekatte teostamist. [Sealsamas, lk 4]

Seisukorrad, kus lihtsalt lappimised ei aita, on näiteks järgmised [Sealsamas, lk 4]:

- kate on täielikult kulunud;
- teelõik on täiesti ebatasane;
- tee kandevõime on suures osas nõrk.

Katete seisukorra korraline jälgimine on tähtis osa lappimiste ettevalmistustööst. Vajadusel kasutatakse spetsiaalseid seadmeid, näiteks kulumisroobaste sügavuse, tee ebatasasuste ja põikikallete mõõtmiseks. [Sealsamas, lk 4]

Lappimistööd tuleb ajastada võimalikult sobivale ajale, ühelt poolt defekti suuruse ja kasvukiiruse seisukohalt, teiselt poolt lappimismeetodi seisukohalt. Kui defekti remondiga ei ole kiiret (ei ole liiklusele ohtlik, oluliselt sõidumugavust mõjutav või kiiresti laienev), siis planeeritakse remont ressursside suhtes sobivaimale ajale, arvestades tavaliselt muude kattetööde teostamisega. [7: 4]

1.2. Lappimise kiireloomulisus

Lappimiste kiireloomulisus on jagatud viide klassi, sõltudes defekti mõjust, tee klassist ja aastaajast:

1) Ohtlikud defektid, näiteks [4: 10]:

- augud läbimõõduga üle 200 mm ja sügavusega üle 50 mm ning praod laiussega üle 50mm;
- selgelt sõiduki vigastamisohuga kahjustus, aste või külmakerge katendis.

Riigi põhimaanteedel ja sildadel tuleb rakendada võimalusel kohest remontimist, sõltumata aastaajast. Vajadusel rakendatakse ajutist remondimeetodit.

2) Sõidumugavust oluliselt häirivad defektid, näiteks:

- augud läbimõõduga alla 200mm ja sügavusega kuni 50mm ning praod laiussega üle 20mm, teekatte murenemine sügavusega üle 25mm;
- katendi deformatsioon, külmakerge või muu, nt silla pealesõitudel asuvad üle 20 mm kõrguste erinevused, mille suhtes tavaliiiklus peab selgelt ettevaatlik olema.

Riigimaanteedel ning sildadel remontimine ja külmakergete tasandamine tuleks läbi viia võimalusel koheselt peale kahjustuse teket.

3) Kiiresti laienevad defektid, näiteks:

- lagunemine;
- augud;
- tihedad võrkpraod;
- lombid katendi pinnal, teepeenral.

Remonditakse niipea, kui on võimalik kasutada püsivat remondimeetodit, tavaliselt kevadel. Tekkivaid kahjustusi püütakse ennetada ja remontida enne talve saabumist.

4) Aeglaselt laienevad defektid, näiteks:

- väiksemad pikisuunalised ebatasasused;
- roopad jms ristsuunalised ebatasasused, kulumine;
- üksikud võrkpraod;
- praod, väiksed kalde- ja kõrguste erinevused;
- vormivead.

Remonditakse vajaduse korral ennetava remontimise teel tavalisel katendite ehitamise hooajal, eelistatavalt hooaja alguses (mai- ja juunikuus).

5) Muud defektid, näiteks:

- väikesed kalde- ja kõrguste erinevused;
- vormivead.

Remonditakse vajaduse korral tavapärasel katendite ehitamise hooajal.

1.3. Viited „Teeseadusele“

Vastavalt teeseadusele on täpselt sätestatud, milline peab olema tee seisund. Teel peab olema võimalik ohutult liigelda ning tee peab vastama tee seisundi nõuetele [12: §10 p 1]. Kõikide kattega teede seisundinõuded kehtestab majandus- ja kommunikatsiooniminister ning vastavalt seadusele on avalikult kasutatava tee omanikud või teehoiu korraldamise eest vastutavaks määratud isikud kohustatud hoidma tee nõuetele vastavas seisundis [Sealsamas, §10 p 3; §10 p 4].

Vastavalt tee seisundi nõuetele peavad kattega maanteed vastama ette antud seisunditasemele (vt lisa 1). Ööpäevane liiklussagedus põhimaanteedel, tugimaanteedel, kõrvalmaanteedel ja kohalikel maanteedel määrab ära seisunditasemed vastavatel teelõikudel. Kattega tee on tee, mille sõidu- või käiguosa pinna moodustab orgaanilise või mineraalse sideainega töödeldud mineraalmaterjali kiht (asfaltbetoonkate, tsementbetoonkate, mustkate jne), kiviparkett või munakivisillutis [13: § 7].

Tänaava nõutav seisunditase on kindlalt seadusega reglementeeritud (vt lisa 2). Vastavalt tänavaliigile on paika pandud ka nõutav seisunditase, millest iga tee omanik või teehoiu korraldamise eest vastutavaks määratud isik peab rangelt ka kinni pidama.

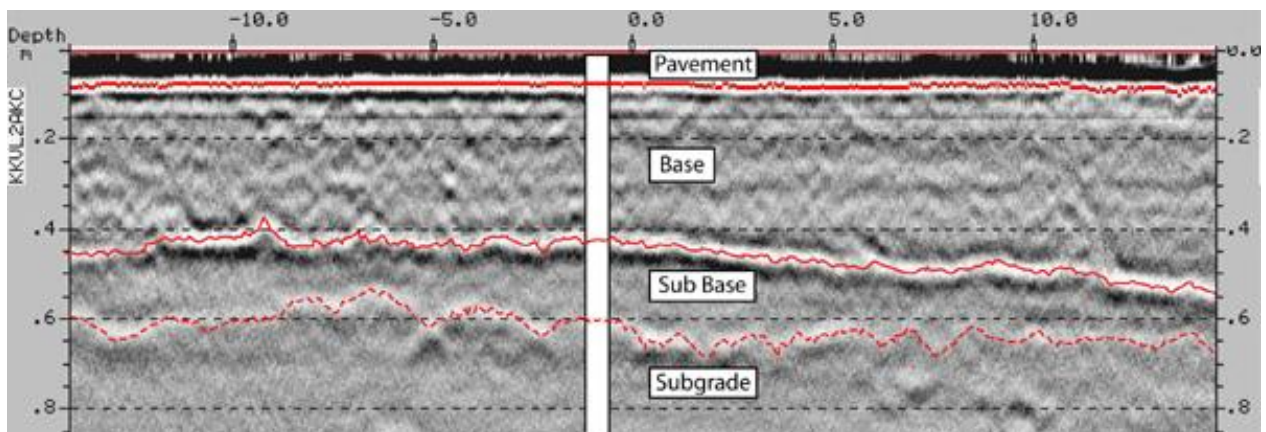
Kattega tee seisundinõuded (vt lisa 3) seletavad detailsemalt lahti ka seisunditasemete täpsed nõuded kattega teedele. Paika on pandud lubatud nõutav keskmine IRI arv (tasasuse indeks,

edaspidi IRI) maanteedel. Kõikide teekatte defektide lubatud esinemise aeg maanteedel ja tänavatel on täpselt reglementeeritud.

1.4. Uuringud ja järelevalve meetodid

Tänapäeva uudsed tehnoloogiad teevad teede uurimise palju kiiremaks ja usaldusväärsemaks. Samas ei kao teede uurimisest kunagi puurimine, proovide võtmine ja väljakaevet. Vajadus konstruktsioonide uurimiseks on ikkagi olemas. Uudsed tehnoloogiad vajavad kalibreerimiseks andmeid ja proovid on vaja võtta laboratoorseteks uuringuteks. [14: 1]

Joonisel 1 on maaradari andmetele juurde lisatud samal lõigul tehtud puurimistest saadud andmed, millega on võimalik kontrollida maaradari andmete õigsust.



Joonis 1. Maaradari uuringu andmete kalibreerimine puurkehadelt saadud andmetega.

[Sealsamas, lk 1]

Materjalide proovide võtmine ja teekonstruktsiooni paksuse määramine on võimalik ka läbi laiemaulatustliku puurimise. Sellisel juhul puuritakse konstruktsioon alates esimesest kihist kuni muldeni välja. Paksused mõõdetakse alates ülemisest kihist mõõdulindiga kuni augu põhjani ja proovid võetakse spetsiaalse labidaga puuritud augu seest. [Sealsamas, lk 1]

Puurimisvõimaluste puudumisel on võimalus kihipaksuste määramiseks ja proovide võtmiseks kasutada alternatiivseid meetodeid. Rootsis on kasutusel üks väga efektiivne moodus proovide võtmiseks. Asfaltkatte kiht lõigatakse lahti teemantpuuriga ja hüdraulilise haamriga surutakse raudtoru alumistesse kihtidesse. Antud meetodi puhul ei ole vaja eritehnikat, seade on võimalik kinnitada kopplaaduri või ratasekskavaatori külge. Proovi välja võttes on võimalik määrata kõikide kihtide paksused ja võtta ka laboratoorseteks katsetamiseks vajalikud proovid [Sealsamas, lk 1].

1.4.1 Visuaalne kontroll, videod, fotod, soojuskaamerad

1.4.1.1. Video kasutamine

Kuna tänapäeval on fototehnika hästi arenenud, võimaldab see väga täpselt vaadelda teede seisukorda ja ümbrust. [14: 1]

Kaamerate kasutamine asulates annab väga hea ülevaate asulate tänavate seisukorrast, sellega on võimalik ära kaardistada täpsed defektide asukohad ning hinnata defektide tõsidust liiklejatele ja teekonstruktsioonile. Kaardistades defektide asukohad on hiljem lihtsam planeerida teekatte hooldustöid asulates.

Kaamerate kasutamine on vajalik ka väljaspool asulaid. Kaamera pildi järgi on võimalik ära määrata ka truupide seisukord. Juhul kui truubid ei ole korrektselt puhastatud või ei tööta tänu kinnikasvanud kraavidele, saab andmeid koheselt analüüsida ja kasutada neid kaardistamisel. Teekatendi defektid on lihtne määratleda kaamerapildi järgi, mis võimaldab paika panna defektide täpsed asukohad ja defektide esinemise sageduse. See võimaldab defektide parandamist paremini planeerida ja defektide parandamise kiireloomulisust hinnata.

Kasutades videoülesvõtteid on võimalik odavalt ja kiiresti defektide asukohad kindlaks määrata juba defektide algfaasis. See võimaldab planeerida esialgseid proovide võtmisi, et välja selgitada defektide tekkepõhjuseid. Peale tekkepõhjuste väljaselgitamist on võimalik juba kindlaks teha remondimeetodid ja planeerida remondimeeskondade väljasaatmine.

Videosalvestusi on võimalik hiljem kasutada ka teiste andmetega, kus maaradari, IRI, teekaartide jne andmed on pandud ühte programmi kokku ja neid on hiljem võimalik korraga jälgida. Video pealt on võimalik tuvastada täpselt, kus on tekkinud mingid defektid. Seejärel saab jälgida teed kaardi pealt, kus on täpne defektide asukoht ja tänu maaradari andmetele saab kindlaks määrata millistes kihtides võivad olla defektide tekke põhjused. [Sealsamas, lk 1]

1.4.1.2. Soojuskaamerad

Uus paljulubav uurimistehnika on suure täpsusega digitaalsete soojuskaamerate kasutamine. Seda on testinud *Roadex* projektid. See tehnika on ennast tõestanud drenivuse probleemidest tekkinud jäävdeformatsioonide avastamisel [Sealsamas, lk 1]. Drenivuse probleemide avastamisel tuleb kasutusele võtta vastavad remonditehnoloogiad, mis enamasti ei piirdu ainult katte ja aluse välja vahetamisega, vaid tuleb siiski ka suuremad remonditööd ette võtta. Ainult ajutine parandamine võib küll korra defektide teket piirata aga ei taga teekattele soovitud eluiga pikemas perspektiivis.

Soojuskaameraid saab kasutada ka koos tavaliste digitaalsete videokaameratega. Soojuskaamera abil võib avastada pragusid, mis ei ole visuaalsel teekattel vaatlusel tuvastatavad (foto 1). Kasutades soojuskaameraid tihedamini on võimalik veel visuaalselt mittenähtavate pragude tuvastamine varasemas staadiumis, et ennetada suuremate probleemide teket. [14: 1] Ennetavalt pragude tekke põhjused välja uurides on võimalik varakult planeerida remonditöid just neid enam vajavatele lõikudele.

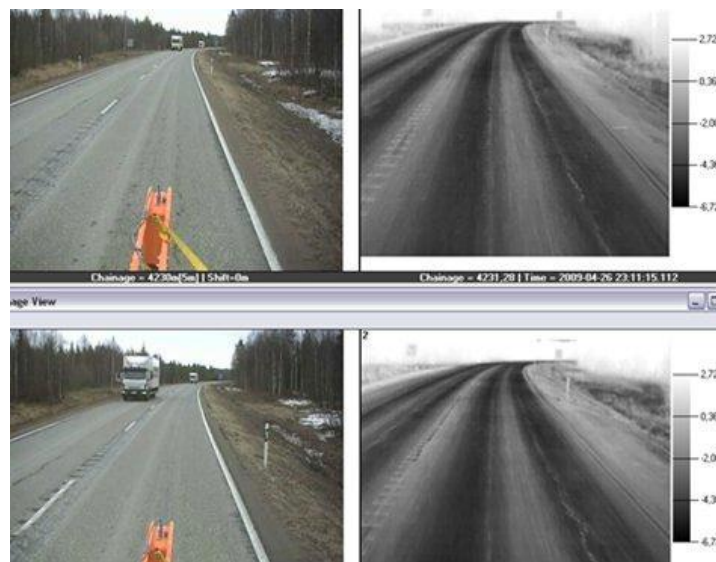


Foto 1. Praod mida visuaalselt näha pole, on võimalik tuvastada soojuskaameratega [Sealsamas, 1]

Soojuskaameratega on võimalik kevadisel ajal kindlaks teha, millistes tee osades on veel jääläätsed ja millised osad ei ole veel täielikult üles sulanud. Külmunud osad võivad tekitada täielikul sulamisel külmakerkega seotud defekte [Sealsamas, lk 1]. Teelõikudel kus konstruktsioon ei ole veel täielikult sulanud ei ole mõtet veel defektide remondiga tegelema hakata, sest defektide ulatus võib täielikul ülessulamisel suurened. Juhul kui soojuskaameratega kontrollides on tuvastatud, et talvel läbikülmunud katend on kevadel täielikult sulanud, võib alustada defektide parandamisega. Sulamise ja soojenemise ajal on autori arvates parim aeg defektide parandamise planeerimine probleemsetele teekatetele.

Veelgi kasulikum iseärasus on see, et teekattel olev soojusjaotus on võimalik kindlaks määrata. See aga võib meile anda väärtuslikku informatsiooni niiskuse anomaaliatest kattes, mis võib olla põhjustatud liikluskoormusest, pragunemisest või halvast drenaažist. Veetase, mis kevadel on kõrge võib tänu raskeliiklusele olla pumbatud katendi aluskihtidesse. See võib põhjustada aluses kandevõime nõrgenemise ja hilisemaid defekte katte pinnal. [Sealsamas, lk 1]

1.4.1.3. Laserskännerid

Viimaste aastate jooksul on laserskännerid hüppeliselt arenenud ja arvatavasti muutuvad laserskännerid lähiaastate jooksul põhilisteks teekatendite defektide tuvastamise ja uuringu vahenditeks.[14: 1]

Väikse liiklussagedusega teedel saab laserskännerit kasutada mitmete defektide tekke tuvastamisel. Tee ristlõike andmete põhjal on võimalik tuvastada koht, kus teepeenar on kõrgem kui asfaldi serv [Sealsamas, lk 1]. Kõrgete teepeenardega kohad takistavad vee äravoolu katendilt.

1.4.1.4. Maaradar GPR (*Ground Penetrating Radar*)

Maaradar GPR on üks parimaid meetodeid teekonstruktsiooni kihtide paksuse määramiseks ilma, et teekatet oleks vaja lahti võtta [Sealsamas, lk 1]. Kasutades maaradarit teekatte defektide põhjuste kindlaks määramisel, on võimalik leida teekatte paksuste kaudu ka defektide põhjused.

Juhul kui teekatte defektiks on näiteks võrkpragu, siis maaradariga on võimalik kindlaks määrata aluse paksused defektse koha juures. Juhul kui on tegemist liiga õhukese aluskihiga nagu oli tegemist foto 6, Harju-Risti - Riguldi – Võntküla 16km, kus selgus kaevamise käigus, et aluse kihi paksus oli ebapiisav kuigi maaradar oleks seda kohe tõendanud, siis see määras ka remonditehnoloogia, kus ainult võrkprao eemaldamine asflatkattest ei oleks olnud mõistlik, vaid tuli välja vahetada alus ja drenikiht.

Eestis maaradarit teekatendi defektide määramiseks ja õige remonditehnoloogia leidmiseks ei kasutata, küll aga kasutatakse teede rekonstrueerimiseelseteks uurimisteks. Soomes ja Rootsis kasutatakse maaradarit järjest rohkem ka teekatendi struktuurseks hindamiseks seeläbi defektide ennetamiseks [Sealsamas, lk 1].

1.4.2. Enim kasutatud NDT-seade

Katendi kandevõime määramiseks ja seisukorra hindamiseks kasutatakse nn mittepurustavaid katseseadmeid, millega mõõdetakse katendi läbipainet koormuse mõjul [11: 10]. Dünaamilised impulsskoormusega seadmed ehk langeva raskusega koormusseadmed on tänu katsete täpsusele ja suurepärasele korduvusele ning reaalselt koormust imiteeriva koormuse suurusele ja kestusele enimkasutatavad NDT-seadmed maailmas [Sealsamas, lk 11] .

FWD on tänapäeval enimkasutatud katseseade teekatendi struktuurse seisukorra hindamiseks nii võrgu kui ka projekti tasandil. FWD katsetulemusena saadakse katendi läbipainded teatud kaugustel koormuse tsentrist. FWD mõõtmisel rakendatud koormus, mõõdetud läbipainded ja katendi

konstruktsioon moodustavad andmed katendikihtide jäikuste arvutamiseks. Kuna FWD-mõõtmised on mõeldud katendi kandevõime mõõtmiseks, siis omavad nad piiratud väärtust juhtudel, kus katendi seisukorra halvenemine ei ole seotud kandevõimega. [11: 11-12]

Teekonstruktsiooni kandevõime määramiseks on Eestis kasutusel langeva raskusega koormusseade Dynatest FWD-8002. Seade kasutab automatiseeritud statsionaarse impulsi koormamise meetodit mõõtmaks teekatte läbipainet, millega on hiljem võimalik välja arvutada tee kandevõime [14: 1]. FWD katsetest materjalide elastsusmoodulite määramiseks tuleb kasutada tagasiarvutust. Eduka tagasiarvutuse võti seisneb selles, et katendi mudeli peab määratlema võimalikult täpselt. Arvutusprotseduuri sisendandmetena tuleb määrata kihtide arv ja paksused ning Poisson'i tegurite väärtused. Väga tähtis on kihtide paksuste võimalikult täpne määramine, seega oleks hea, kui FWD mõõtmistega integreeritult oleksid teostatud ka kihtide mõõtmised maaradariga (GPR) [11: 16]. FWD seadmetega on võimalik tuvastada teekatte konstruktsioonis olevad nõrgad kohad ja seada prioriteete nõrgemate lõikude tugevdamiseks.

Üldjuhul võtab mõõtmisprotseduur aega ühes punktis üks minut, seega on võimalik teostada tunnis kuni 60 mõõtmist [11: 15]. Kogudes informatsiooni defektide tekke põhjuste tuvastamisel jääb kogu informatsioon alles ka mõne aasta pärast kavandatavate rekonstrueerimis tööde projekteerimiseks, kus eelnevalt katsetatud andmeid on võimalik kasutada.

Hea koormuskindlusega (kandevõimega) katendi struktuurne seisukord püsib suhteliselt konstantsena pika aja vältel, samal ajal, kui halb struktuurne seisukord tähendab kiiret katendi lagunemist. Seega on tähtis objektiivselt hinnata kandevõime mõõtmistel saadud teepinna läbipainete põhjal katendi struktuurset seisukorda, mille alusel on võimalik prognoosida tee ekspluatatsioonilist seisukorda tee kasutusaja jooksul. [11: 10]

Mõõtmiste tulemused Šotimaal on tõestanud, et nõrkade kandevõimetega kohtade ja teekatte defektide vahel on seosed. See tuleb hästi esile just väiksema liiklussagedusega teedel [14: 1].

1.4.3. Laboratoorsete katsete meetodid

Laboratoorsete katsetega on võimalik määrata probleemsed materjalid konstruktsioonis ja diagnoosida nende nõrgenemise põhjuseid. Soovituslikud laboratoorsed katsed saab liigitada kolme etappi. [Sealsamas, lk 1]

Esimene etapp. [14: 1]

Esimese etapi idee on esmaselt testida materjale kõige lihtsamal ja odavamal viisil, mis võib defektide tekkepõhjused koheselt välja tuua. Esimese etapi testide tulemused näitavad, kas materjal on niiskuskindel või ei. Tulemused annavad ka väärtuslikku informatsiooni valimaks õiged remondimeetodid ja- tehnoloogiad tagamaks materjalile paremad omadused eksploatatsiooni ajal.

Esimese etapi jooksul tehakse materjali granulomeetrilise ja orgaanilise koostise analüüs ning määratakse vee sisaldus materjalis.

Terasuuruse määramine granulomeetrilise analüüsi käigus on üks tähtsamaid katseid määramaks probleemsete materjalide omadused, seda tuleks läbi viia märgsõelumise meetodil. Juhul kui peenosiste sisaldus materjalis on suurem kui 10% tuleb peenosiste koostis määrata. Analüüsides tulemusi märgsõelumise ja peenosiste koostise katsetest tuleb erilist tähelepanu pöörata tuha (sisaldab väiksemaid osakesi kui 0,002mm) osakaalule materjalis. Materjal ei tohi sisaldada tuhka rohkem kui 3%. Juhul kui tuhka on 3% ja rohkem, on materjal tõenäoliselt külmarkerkehtlik.

Kõrge peenosiste sisaldusega materjali parendamise meetodid on materjali töötlemine bituumeniga või materjali parendajatega ning materjali segamine fraktsioneeritud killustikuga.

Orgaaniline koostis on võimalik määrata granulomeetrilise analüüsi käigus. Kõrge orgaanilise aine sisaldus võib tõsta materjali niiskustundlikkust, millest omakorda võib sõltuda materjali parendamise meetod.

Teine etapp: niiskustundlikkuse kontrollimine [Sealsamas, lk 1]

Teise etapi põhieesmärgiks on välja selgitada materjali niiskustundlikkus. Selleks kasutatakse üldjuhul torus imemismeetodit (*Tube Suction test*), peenosiste pindala määramist ja veeimavuse indeksi määramise katset.

Kui torus imemismeetodil tehtava testi tulemused näitavad, et materjal on liiga niiskustundlik, siis materjal ei sobi katendi aluskihtidesse ja on võimalikuks defektide tekkepõhjuseks.

Peenosiste pindala määramise testiga on võimalik määrata peenosiste pindala materjalis. Mida suurem on peenosiste pindala materjalis seda tõenäolisem on pindpinevusjõu tõttu vee püsimajäämine materjalis.

Veeimavuse indeks näitab kui suur on võimalus niiskusel peenosiste pinnale kinnituda 100% -lise suhtelise õhuniiskuse juures. Test näitab ära kui aktiivne side on peenosiste ja niiskuse vahel. Kui veeimavuse indeks on suurem kui 1% on tõenäoline, et defektide tekke on põhjustanud antud materjal.

Väga ebatõenäolised on materjalidest põhjustatud defektid, kui neis on peenosiste sisaldus väiksem kui 4% ja veeimavuse indeks väiksem kui 1%.

Kolmas etapp: külmakerkekatsed ja kloriidide sisaldused [14: 1]

Laboratoorsed katsed kolmandas etapis on väga spetsiifilised. Proctor-, külmakerke- ja kloriidide sisalduse katse.

Proctor-seadmega määrame kindlaks millised materjalid sobivad omavahel segamiseks nii, et materjalide omadused katse käigus ei muutuks.

Külmakerke katseid kasutatakse määramaks materjalide külmakerke ohtlikust.

Alati tuleb meeles pidada, et materjalide proovid, mis on võetud olemasolevatelt teekonstruktsioonidelt, võivad olla saastatud sooladega. Seetõttu tuleb teha ka kloriidide sisalduse määramise katsed. Juhul kui materjal sisaldab soolasid, võivad katsetamise tulemused olla häiritud.

Siiski on kõigile meetoditele omased kaks põhitõde [11: 12-13]:

- enne analüüsi alustamist peab koguma märkimisväärse koguse kohapeal määratud andmeid. Need andmed on vajalikud materjalide omaduste ja teiste määrangute (nt katendikihtide arv ja paksused) jaoks ning mõjutavad valitud projekteerimiskriteeriumite tulemusi;
- igal järelejäänud eluea hindamise meetodil on omad piirangud ja tulemusi ei saa pimesi arvesse võtta. On väga tähtis võrrelda saadud tulemusi teiste struktuurse seisukorra indikaatoritega nagu vaatlustel leitud ja puuraukudest saadud tulemustega. Lõpuks peab kindlaks tegema, kas erinevad andmed toetavad üksteist.

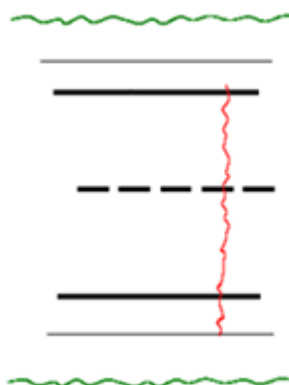
2. ASFALTKATTE DEFEKTID, NENDE TEKKIMISE PÕHJUSED NING REMONDITEHNOLOOGIAD

2.1. Põikpraod

Põikpragu on tee teljega risti kulgev pragu (joonis 2). Põikpragu on vähemalt 2 m pikkune maantee põikisuunas kulgev pragu. Põikpragu on ka pragu, mis lookleb maantee põikisuunas nurga all, kuid mitte laiemal alal kui 1 m [15: 8]. Põikpragude inventeerimisel arvestatakse põikpragude arvuga 100m kohta.

Põikprao põhjustajaks võivad olla sesoonsed temperatuurimuutused (külmakerge) ülearu jäikades katetes, mille tulemusena teekate tõmbub kokku ja tekib temperatuuripragu. Pragu võib samuti tekkida katteseгу koostise vigadest, liigsest rullimisest või ka katendi konstruktsiooni “väsimisest”. [Sealsamas, lk 8]

Pooljäikades katendi konstruktsioonides, kus aluskiht on stabiliseeritud tsemendi lisanditega, puuduvad ühenduskohad ja põikvuugid. Ühenduskohtade puudumise tõttu suvise soojuspaisumise ja talvise soojuskahanemise tõttu aluskiht praguneb ja pragu väljendub aja möödudes katte pinnal. [16: 7]



Joonis 2. Põikpragu kulgeb maantee põiksuunas kogu teekatte laiuse ulatuses [15: 9]



Foto 2. Tallinn – Narva, Tee nr 1, km 143, põikpragu. [Erakogu]

2.1.1. Põikpragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Temperatuuripragu

Temperatuuripraod tekivad soojuspaisumise ja soojuskahanemise tagajärjel ülearu jäikades- ja vanades asflatkatetes (foto 2). Jäikades katetes tekivad sellised praod üldjuhul konstruktsiooni ühenduskohtades ja pragu areneb edasi lookleva polügonaalse mustrina. [17: 427]

Peale prao tekkimist on võimaldatud vee juurdepääs alusesse. Seega tuleb praoga tegeleda võimalikult kiiresti.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Tuleks kasutada pragude laiendamisega täitmist, kui prao laius 10-20mm. Üle 20mm pragude puhul seguga täitmist. Kiireloomuliseks tööks või eriolukorras tuleks kasutada pragude kannutäitmismeetodit. Antud meetodeid võib erandkorras kasutada ka talvel, kus aluspinna minimaalne temperatuur peab olema $>0^{\circ}\text{C}$, pragude kannutäitmismeetodi puhul peab minimaalne temperatuur olema $> 5^{\circ}\text{C}$ (vt lisa 4).

Tallinn – Narva T1 ja Tallinn- Tartu T2 maanteedel kasutati 2005 ja 2006 aastatel pragudelaiendamisega täitmise meetodit, kus prao laiuseks -ja sügavuseks freesiti 20mm ning täideti bituumenmastiksiga. Pragude parandamist ei olnud vaja korrata, alles 2012 hakkasid praod

uuesti end ilmutama kulunud roobaste tõttu. Antud tehnoloogial võib kogu tööde mahust tekkida <5 % defekte, mis ilmuvad kattes uuesti.

Katendi konstruktisiooni väsimine

Konstruktisiooni projekteeritud eluea lõpus on kandevõime alustes nõrgenenud, mille tulemusena suure liikluskoormuse all olev kate paindub pidevalt läbi ja lõpuks annab järgi ja tekib pragu.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Katendi rekonstrueerimine annab vananenud katendikonstruktsioonidele vajalikud omadused. Väikese liiklustihedusega teedel on majanduslikust aspektist vaadatuna odavam variant aga kattele uue kulumiskihi ja kaitsvakihi paigaldamine lauspindamisega. Suure liikluskoormuse juures ei ole pikemas perspektiivis pindamisel mõtet kuna pindamist tuleks korrata praktiliselt igal aastal.

Üksikute pragude puhul tuleks kasutada pragude laiendamisega täitmist või kannutäitmise meetodit (vt lisa 4).

Plaadistunud aluskihi soojuspaisumine ja soojuskahanemine

Plaadistunud aluskihtide puhul tekivad praod katendis tavaliselt iga 5 kuni 15 meetri tagant ja pragude laius sõltub temperatuuri kõikumisest alates mõnest kümnendikust millimeetrist kuni mõne millimeetrini. Katendi pinnal on põikpraod tavaliselt üksikud praod, mis parandamata jätmise puhul võivad hargneda võrkpragudeks. [16: 7]

Põikpragu on kiireloomuline defekt, millega tuleks koheselt tegeleda ja ära hoida vee juurdepääs alumistesse kihtidesse.

Võimalikud remonditehnoloogiad

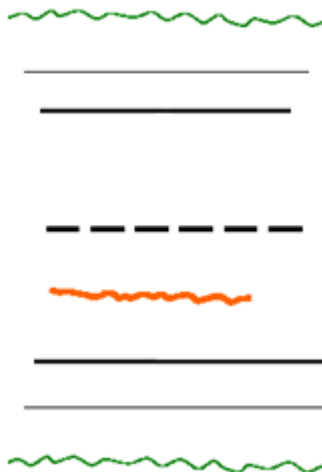
Üle 20mm pragude puhul tuleks praod täita seguga. Kiireloomulise töö puhul täita kannutäitmis meetodil. Alla 20mm pragude puhul pragude laiendamisega täitmine, eriolukorras tuleb kasutada nagu ka üle 20mm pragude puhul kannutäitmis meetodit (mõlemat tehnoloogiat võib kasutada ka talvel, kus aluspinna temperatuur ei lange alla 0 °C, kannutäitmis meetodi puhul ei tohi temperatuur langeda alla +5 °C) (vt lisa 4).

2.2. Pikipraod (kitsad ja laiad)

Pikipragu on tee telje suunas kulgev pragu (foto 3), pikipraoks loetakse ka maantee pikisuunas või nurga all olevat pragu. Pikipragu on ka pragu, mis lookleb maantee põiksuunas nurga all (joonis 3), kuid laiema alal kui 1 m. Pikipragu loetakse laiaks, kui selle laius on üle 2 cm. Pikipragude inventeerimisel arvestatakse kitsaste ja laiade pikipragude puhul pragude pikkust meetrites. [15: 10]

Pikisuunalised ja diagonaalsed praod tekivad tavaliselt ebaühtlase külmumise ja vajumise tõttu ning lisaks ka liiga järskude nõlvakallete tõttu. Järskude ja kõrgete nõlvade puhul võib tekkida nõlvade pöördumine, kus nihkejõud muldkehas on suuremad kui materjali nihketugevus, mistõttu katendi pealispinda võivad tekkida pikipraod. Pikipraod võivad tekkida katendi või üksikute kihtide puuduliku kandevõime tõttu.

Pikipraod ilmuvad ka teedel, mida on laiendatud ning vana ja uus konstruktsioon ei ole õigete meetmetega omavahel ühendatud. Sellised praod on enamasti laiad praod [16: 5].



Joonis 3. Pragu kulgeb maantee pikisuunas pikkusega 4m – inventeeritakse pikipraona 4m [15: 11]



Foto 3. Tallinn- Narva, Tee nr 1, km 143, pikipragu [Erakogu]

2.2.1. Pikipragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Aluses külmakerkeohtlikud materjalid

Külmumise- ja sulamistsüklite jooksul aluses materjal kord paisub ja siis kahaneb, nende tsüklite tagajärjel võivad tekkida pikipraod.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Ajutiselt võib lahendada olukorra pritskillustikuga remontimise meetodil või kannuga täites (võib kasutada ka talvel, kus aluspinnase temperatuur ei lange alla $+5^{\circ}\text{C}$ ja eeldusel, et lund ega vihma ei saja). Pikemas perspektiivis tuleks siiski külmakerkeohtlikud materjalid välja vahetada ja asendada külmakindlate materjalidega.

Laiendatud teed

Järeltihenemisel tekkinud praod, kus kandevõime nii laiendatud kui ka olemas oleval konstruktsiooniosal on ebapiisav, tekivad praod laiendatud ja olemasoleva osa vahele. Laiendusest tulenevate pragudega tuleb tegeleda koheselt, hoidmaks vee eemal katendi konstruktsioonist.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kõigepealt tuleks kindlaks teha, kas järeltiihenemine on lõppenud. Üks võimalusi on igapäevasel või iganädalasel nivelleerimisel kogutud tulemuste analüüsimisel. Juhul kui analüüsi tulemustest selgub, et järeltiihenemine on lõppenud võib alustada defektide remontimisega.

Kiireloomuliseks ning vee ja niiskuse eemale hoidmiseks aluskihtidest, tuleks praod kannutäitmismeetodiga täita. Püsivamaks lahenduseks on pragude laiendamise meetodiga praod parandada, mis võib katte taastamist mitme aasta võrra edasi lükata.

Järsk nõlv

Nõlvade puhul, kus nõlv on järsem kui kasutatud materjali lubatud suurim varisemisnurk, tekib nõlvade pöördumine, kus muldkehas tekkivad nihkejõud on suuremad kui materjali nihketugevus. Sellisel juhul tekivad pikipraod mõne meetri kaugusele asfaldi servast. Probleemiga tuleb võimalikult kiiresti tegeleda hoidmaks ära suuremaid kahjustusi.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Üle 20mm laiused praod täita seguga. Kitsamad kui 20mm pragude remontimiseks kasutada pragude laiendamisega täitmist või kannutäitmismeetodit. Peale pragude kaitsmist vee ja niiskuse eest, tuleb nõlvad ehitada laugemaks, takistamaks pragude laienemist veelgi.

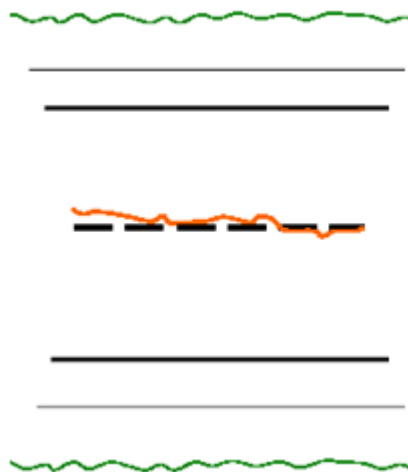
2.3. Vuugipraod (kitsad ja laiad)

Vuugipragu on teekatte paigaldamisel katete liitekohal või sellest kuni 0,5 m kaugusel tekkinud pragu, mis tavaliselt asub maantee keskel ja on pikisuunaline (foto 5, joonis 5). Vuugipragu on ka maantee põiksuunaline pragu (foto 4, joonis 4), kui ta on tekkinud teekatte paigaldamisel katete liitekohal. Vuugipraoks loetakse ka pragu, mis on tingitud alumise vana katte vuugiprao “kopeerumisest” uuele katile. Laiaks vuugipraoks loetakse pragu, mille laius on üle 2 cm. Vuugipragude inventeerimisel arvestatakse kitsaste ja laiade vuugipragude pikkust meetrites. [15: 13]

Vuugiprao tekkimise põhjuseks võivad olla töövead või sesoonsed temperatuurimuutused [Sealsamas, lk 13]. Liiga suure jäävpoorsusega vuuki sattub vesi, mille tagajärjel külmumis- ja sulamistsüklite tõttu kistakse asfaldist kivikesed lahti. Vuugipraod võivad tekkida ka valesti planeeritud vuugi asukohas kui vuuk on jäetud rattajälje sisse [18: 1].



Joonis 4. Pragu kulgeb maantee põiksuunas ja on tekkinud teekatte paigaldamisel katete liitekohal pikkusega 3m – inventeeritakse vuugipraona 3m [15: 14]



Joonis 5. Pragu kulgeb maantee pikisuunas tee telgjoonel, on tekkinud teekatte paigaldamisel katete liitekohal ja selle pikkus 5m - inventeeritakse vuugipraona 5m [Sealsamas, lk 14]



Foto 4. Tallinn – Narva, Tee nr 1, km 96, vuugipragu. [Erakogu]



Foto 5. Tallinn – Narva, Tee nr 1, km 102, vuugipragu. [Erakogu]

2.3.1. Vuugipragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Töövead ja temperatuuri muutused

Töövead võivad tuleneda masinajuhtide oskamatusest või halbade ilmastikutingimuste mõjust ehitamise ajal. Vuuk ei ole piisavalt tihendatud ning on tekkinud poorsed kohad, kuhu vesi kergesti

ligi pääseb. Liikluse all, kui ka külmumise ja sulamise ajal kistakse väikesed kivikesed vuugi seest järjest välja ja pikivuuki tekibki pragu (foto 5).

Juhul kui vuuk on ehitatud ekslikult rattajälje alla ning kogu liikluskoormus on pidevalt ainult vuugi peal on paratamatu, et vuuk ehk asfaltkatte kõige nõrgem osa annab liikluskoormuse all järgi ja tekib pragu. [18: 1]

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kannutäitmismeetodi kasutamine on vuugipragude puhul kõige efektiivsem tagamaks vuugile veekindluse ja hoidmaks ära niiskuse pääsemist alusesse läbi prao. Vuukide puhul mis on jäänud rattajälje sisse tuleks kasutada rooparemixi, kus vuugi asukoht viiakse rattajälje seest välja. Võimalik oleks kasutada ka asfaltbetooniga lappimist, millega tuleks püüda vuugi asukohta nihutada rattajälje seest välja. Alusest mittetulenevate vuugipragude puhul tuleks võimalikult kiiresti vuugile veekindlus tagada. Pragude puhul mis on laiemad kui 2 cm tuleks pragunenud kiht välja freesida ja paigaldada ülekate [sealsamas, lk 1].

2.4. Võrkpraod

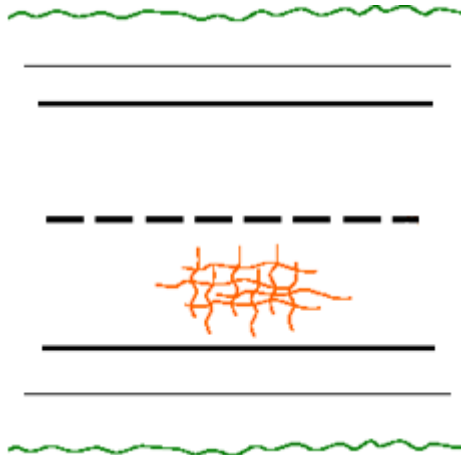
Võrkpragu on teekattel esinev piki- ja põiksuunaliste pragudega võrgustiku moodustav ala (joonis 6). Võrkpragu tuntakse ka krokodillpraona. Kui piki- või põikpragusid on kõrvuti üle kahe ja nad on üksteisele lähemal kui 0,25 m, arvestatakse pragudega ala võrkpraona. Võrkpragude inventeerimisel arvestatakse pragude ulatust ruutmeetrites 100m pikkusel teelõigul. [15: 16]

Võrkprao tekkimise põhjuseks võib olla ka teekonstruktsiooni ebapiisav kandevõime (foto 6) või liiga suur peenmaterjali sisaldus (materjali nihketugevuse vähenemine) katte all olevas sidumata kandvas kihis. Mida suurem on võrkprao ulatus seda tõenäolisem on, et katte all olevate sidumata kihtide kandevõime on vähenenud. Põhjuseks võib olla ka asfaltkatte kihi ebapiisav paksus. [19: 1]

Ebapiisav kandevõime võib olla põhjustatud [19: 1] :

- aluskihi või aluspinnase kandevõime kadu (halb vee ärajuhtimine ja külmakerge);
- liiklussageduse kasv (tihedam või raskem liiklus kui algselt ennustati);
- ebapiisav konstruktsioon;
- halb ehituskvaliteet (tihendamise vähesus).

Vibrorullid võivad tekitada õhukestes või jahtunud kihtides struktuurimuutusi, mille tulemusel kihtidevahelised sidemed rikutakse. Selle tulemusel võivad tekkida praod. Sellepärast võib 4–8 cm paksuse asfaltkihi puhul vibrorulli kasutada vaid neljal esimesel läbikul. [20: 16]



Joonis 6. Alal on maanteega piki- ja põiksuunalised praod, pragude ala suurus on 2x4 m – inventeeritakse võrkpraona 8 m² [15: 16]



Foto 6. Harju-Risti - Riguldi – Võntküla 16km, Tee nr 11230, ühekihilise asfaltkatte võrkpraod
[Erakogu]

2.4.1. Võrkpragude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Teekonstruktsiooni ebapiisav kandevõime

Ebapiisav kandevõime võib olla põhjustatud erinevatest nähtustest. Aluskihis või aluspinnases on kandevõime vähenenud puuduliku vete ärajuhtimise või külmakerke tõttu. Liiklussagedus võrkpragudega teelõigul on kasvanud ning konstruktsioon ei ole projekteeritud piisavalt vastupidav. [19: 1] Probleemiks võib olla ka ehitamise kvaliteet, kui alused ei ole korrektselt tihendatud.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Võrkpragudega lõik välja freesida kuni aluseni, paigaldada üks kiht asfalti, selle peale asfaldivõrk ning seejärel paigaldada ülemine asfaldikiht. Sellist tehnoloogiat kasutati ka Risti - Virtsu - Kuivastu – Kuressaare T10 maanteel asfaldi defektide likvideerimisel, mis osutus väga vastupidavaks tehnoloogiaks.

Parim lahendus on siiski vahetada välja ka kandevõime kaotanud aluskihid. Ühekihilise asfaltkatte puhul, tuleks võrkprao esinemise puhul kate välja vahetada terve ühe paani laiuselt, vajadusel välja kaevata ka nõrgenenud alus. Antud tehnoloogiat kasutati ka (foto 6) Harju-Risti - Riguldi – Võntküla T 11230, kus 400 meetrisel lõigul defektsetes kohtades freesiti asfaltkate ning vahetati välja nii alus kui ka drenikiht. Peale drenikihi ja aluse paigaldamist, terve lõigu ulatuses tehti ülekate vältimaks üleliigsete vuukide teket. Tänu antud tehnoloogiale said kõik defektsed kohad ka likvideeritud.

Kui esineb vähesel määral võrkpragusid tuleks kasutada ribapindamist või pritskillustikuga remontimist. Kiireloomuliseks tööks või eriolukorras tuleks kasutada valuasfaltlappimist käsitsi (võib kasutada nii sademete ajal kui talvel, aluspinna miinimum temperatuur kuni -10°C) (vt lisa 4).

Külmakerkeline alus

Aluses olevad materjalid on külmakerkeohtlikud, mille tõttu tekivad külmumis- ja sulamistsüklite ajal asfaldi kihti võrkpraod.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Roopalappimine, millega võib ära hoida edaspidise vee ja niiskuse sattumise alumistesse kihtidesse, mis külmakerkelist alust veel rikuks. Külmakerkelised aluskihid tuleks välja vahetada.

Asfaltkatte ebapiisav paksus

Ebapiisava asfaltkatte paksuse korral jääb liikluskoormuse all asfaltkate tugeva aluse ja liikluskoormuse vahele, kus ta surutakse laiali ja tekivad võrkpraod.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Asfaltbetooniga lappimine laoturiga, kus enne on kogu pragunenud asfaldi kiht välja freesitud. Antud tehnoloogiat ei saa talvel kasutada. Seega kui on selline probleem tekkinud talvel tuleks kasutada probleemi lahendamiseks ajutiselt valuasfaldiga käsitsi lappimist, mis tuleks kevadel asfaltbetooniga parandada.

Ebakvaliteetne asfalt

Riikides, kus on väga külmad ja karmid talved võivad bituumeniga seotud kihid väga madalatel temperatuuridel jõuda seisundisse, kus nad on nii jäigad et soojuskahanemise tõttu hakkavad tekkima võrkpraod. [16: 2].

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kohtpindamine või lauspindamine, millega tagatakse asfaldile tema algsed ja vajalikud omadused. Pindamistööd ei saa talviste oludega teostada. Talvel ja kiireloomulistes olukordades on mõistlik kasutada valuasfaldiga kästisi lappimist või kelguga valuasfaltlappimist. Ilmastiku paranemisega ja temperatuuri tõusmisega tuleb vastavalt ebakvaliteetne asfalt kohtpindamise või lauspindamisega parandada.

2.5. Asfaltkatte augud

Auk on teekattest mineraalmaterjalide eraldumisel tekkinud pealmist katendi kihti läbiv või sügavusega üle 2,5 cm tühimik [15: 17]. Augud on enamasti teravate servadega ning asetsevad lähestikku. Aukude inventeerimisel arvestatakse aukude arvu ühel kindlal 100m lõigul.

Sellistes kohtades, kus tee kattes esinevad augud, on ohus nii jalakäiad kui ka autojuhid. Löökaukude tõttu on sõidumugavus häiritud. Suurte liikluskoormustega teedel suurenevad augud väga kiiresti (foto 7). Juba tekkinud aukude suurenemist ja juurde tekkimist asfaltkattes võimendavad vihmased ilmad, kus peenmaterjal kistakse koos veega auto igakordsel läbisõidul aukudest välja [17: 432].

Löökaugud tekivad teekattele, mis on eelnevalt pragunenud või murenenud. Löökaugude tekkimise protsessi kiirendab vesi [21: 15]. Põhjusteks võivad olla ka sideaine vähene kogus või halvad ilmastiku- ja ehitustingimused ning ebasobivad materjalid. Auk võib olla põhjustatud halvast tihendamisest, nõrkadest kohtades aluses ning liiga õhukesest kattekihist.



Foto 7. Tallinn, Rannamäe tee, Tee nr 5200264, kaks järjestikust löökaugu. [Erakogu]

2.5.1. Asfaltkattesse löökaugude tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Pragunemise või murenemise tagajärjel tekkinud augud

Juhul kui pragunemise või murenemise defektiga ei ole koheselt tegelema hakatud, on tulemuseks löökaug. Teekattesse tekib esialgu väike auk ning asfaltkatte augu suurus suureneb liikluskooormuse all jõudsasti. Selle parandamata jätmine suurendab veelgi katendi kihtide kahjustusi. Kui eelnevate defektidega ei ole koheselt tegeletud, siis asfaltkatte auk tuleks remontida võimalikult kiiresti.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kuna augud tekivad põhiliselt talvisel perioodil tuleks peamise meetodina kasutada asfaltbetooni käsitsi lappimist või valuasfaldiga lappimist, mis võimaldavad töö tegemist talvel. Valuasfaltlappimist võib kasutada ka vihmaste ilmadega ning -10°C juures. Kohapeal segatud kuumsegudega lappimine on samuti võimalik, samas on tegemist suhteliselt kalliga tehnoloogiaga.

Külmseguga lappimine sobib hästi väiksema liikluskoormusega teedele, kus külmseguga lapitud augud jäävad pikemaks ajaks püsima. Seda on kasutatud ka Tartus Tammelinnas, kus 2012 aasta kevadel lapitud augud on püsinud juba 2013 aasta kevadeni. Selline tehnoloogia siiski ei taga head kvaliteeti ülejäänud kattele ning aukude kõrvale võivad tekkida järgimised augud.

Nõrgad kohad alustes

Nõrkade kohtadega aluses tuleks tegeleda võimalikult kiiresti, hoidmaks ära konstruktsiooni suuremaid kahjustusi. Nõrgad kohad aluses tekivad aluse ebakvaliteetsest tihendamisest või halbadest materjalidest aluses, mille tõttu aluse kandevõime on ebapiisav.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Nõrkade kohtade ilmunisel talvel tuleks nõrgad kohad parandada koheselt valuasfaltlappimisega, millega hoitakse ära talvisel hooldusel kasutatud soolade sattumise konstruktsiooni alumistesse kihtidesse. Kevadel tuleks sellised kohad üles freesida ning nõrgad aluskihid välja vahetada seejärel paigaldada asfaltbetooni kihit laoturiga.

Sideainevaene ja õhuke asfaltkate

Sideainevaeses katteseigus puudub nake mineraalmaterjali ja sideaine vahel, mille tulemusena kivikesed rebitakse sideaine küljest lahti ja kattesse hakkavad tekkima augud. Õhukesel asfaltkattel puudub võime vastu võtta kogu liiklussagedusest tulenevat liikluskoormust ning kate hakkab pragunema. Pideva liikluskoormuse all kistakse pragunenud tükid tasapisi asfaldist välja ja kattesse tekib auk.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Sideainevaesed kohad tuleks võimalusel pindamislappimisega koheselt parandada. Kui see võimalus puudub tuleks defektsed kohad parandada asfaltbetooniga või valuasfaldiga. Õhukeste asfaltkatete puhul tuleks kindlasti kasutada asfaltbetooniga lappimist, millega antakse asfaldile liikluskoormuse vastuvõtmiseks vajalik vastupidavus. Talvisel ajala ja kuni -10°C juures tuleks kasutada ajutiselt valuasfaldiga lappimist, mis tuleks kevadel üle teha pindamislappimisega.

2.6. Murenemised

Murenemine tekib bituumeni ja täitematerjali vahelise nakke kadumisest, segu komponentide mehaanilisest või keemilisest lagunemisest. Murenemisi inventeeritakse 100m lõigu kohta ruutmeetrites.

Murenemine võib olla põhjustatud bituumensideaine vananemisest, sideaine mitteküllaldasest nakkest mineraalmaterjalidega või mittevastavate omadustega mineraalmaterjalide kasutamisest segus [6: 19]. Mineraalmaterjalide purunemisel kattes rebitakse autorataste mõjul kivitükikesed august välja, mille tõttu tekib löökauk (foto 8).

Nakke halvenemine või kadumine mineraalmaterjali ja sideaine vahel võib olla põhjustatud [22:1]:

- täitematerjal on liigselt tolmuine, mille tõttu sideaine nakkub ainult tolmuga ja täitematerjal tuleb sideaine küljest koheselt lahti;
- täitematerjalis puuduvad peenosakesed, mille tõttu ei ole sideainel võimalik suurte tükidega piisavat naket saavutada;
- ebapiisav katte tihendamine ehitamise käigus. Suur tihedus peab olema saavutatud tagamaks kvaliteetne ja tihe kate.

Mehhaanilised tegurid ja teatud liiki liiklus (lumesaha labad, roomiksõidukid ja naastrehvid)



Foto 8. Tallinn, Tee nr 7950823 Sõpruse pst, murenemine bituumensideaine vananemise tõttu

[Erakogu]

2.6.1. Murenemise tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Bituumensideaine vananemine

Vanemate katete puhul on kattes bituumensideaine vananenud, mille tagajärjel on tee kattel põhilised füüsikalise-keemilised omadused kadunud.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Bituumensideaine väsimisest tekkiva murenemise korral oleks vajalik paigaldada ülekate, mis hoiaks ära katte edasist vananemist. Suurtemate defektide tekke ära hoidmiseks talvisel perioodil tuleks sügisesel ajal teostada ennetav pindamine.

Mineraalmaterjalide purunemine kattes

Suurenenud liiklussageduse tõttu võib tekkida olukord, kus katte mineraalmaterjal ei ole võimeline vastu võtma suurenenud liikluskoormust. Selle tagajärjel mineraalmaterjal puruneb ja autorataste mõjulul kistakse kivikesed sideaine küljest lahti.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Väiksemate ja lokaalsemate murenemiste puhul kasutada roopalappimist või asfaltbetooniga lappimist. Suurtemate murenemiste puhul asfaltbetooniga lappimist laoturiga. Talvisel ajal tuleks kasutada valuasfaltlappimist, millele tuleks kevadel teostada pindamine, et tagada asfaltkatte karedus.

Nakke halvenemine või kadumine mineraalmaterjali ja sideaine vahel

Täitematerjal on liigselt tolmune ja nake sideaine ja mineraalmaterjalide vahel on nõrk.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kuna vigade põhjus on liigselt tolmustes täitematerjalides või ebakvaliteetsetes töövõtetes, tuleks võimalusel mõelda ülekattele. Kui ülekate ei ole majanduslikel põhjustel võimalik, tuleks kasutada killustiklappimist probleemsetes kohtades. Laiaulatusliku murenemise puhul ka lauspindamist.

2.7. Serva defektid

Serva defekt on vaadeldava ala servas kuni 0,25 m laiusel alal asuv defekt (välja arvatud maanteedel, millel kindlustatud peenar on laiem kui 1 m). Serva defekt on tavaliselt teekatte serva

lagunemine või pragunemine. Inventeerides serva defekte arvestatakse 100m lõigu puhul, kui mitme meetri ulatuses on serva defekte. [15: 21]

Serva defektideks loetakse materjali kadu kattest või alusest teekatte ääres (foto 9). Serva defekte esineb eelkõige kitsastel teedel, kus teepeenar on kindlustamata või kus sõidukite rattad liiguvad teekatte serva lähedal. [21: 16]

Serva defekte võivad põhjustada külmakerkeohtlikud ja halva drenivusega konstruktsioonimaterjalid. [23: 1]

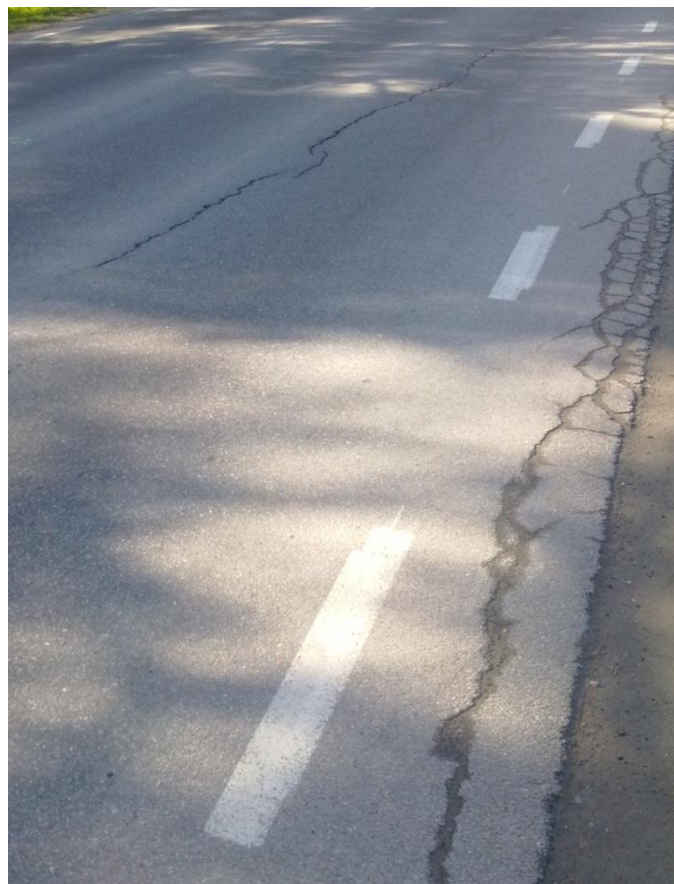


Foto 9. Keila-Haapsalu, T 17, 10km, maantee servadefekt [Erakogu]

2.7.1. Serva defektide tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

Materjali kadu kattest või alusest teekatte ääres

Vanematel teekatetel, kus teepeenraid ei ole aastate jooksul täiendavalt kindlustatud võib tekkida serva lagunemisi. Aastate jooksul nii liikluse kui looduslike mõjude tõttu teepeenrdest sõidetakse ja uhutakse palju materjali välja, mistõttu kindlustatud teekatte äär nõrgeneb. Liikluse ja vee toimel kindlustamata teepeenrata teekatte serv hakkab lagunema.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Roopalappimine ja asfaltbetooniga lappimine laoturiga nii suures lõigus, kui on vajalik kõikide pragude eemaldamiseks ja kindlasti teepeenra korrektne kindlustus.

Kitsad teelõigud, kus peenar on kindlustamata

Kitsastel teelõikudel autode sõidujälg jääb teeservale liiga lähedale, mille tõttu teekatte serv annab järgi. Juhul kui peenrad on korralikult kindlustatud on võimalik teekatte serva pragunemist ära hoida. Kitsastel teedel millel kindlustatud teepeenar puudub, on pragunemine paratamatu.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Roopalappimine ja asfaltbetooniga lappimine laoturiga. Juhul kui tegemist on kiireloomuliste eriolukordadega tuleks kasutada valuasfaltlappimist käsitsi või kelguga, mida on võimalik teha talvel ning -10°C juures. Peenraid tuleks kindlustada peale remonditööd. Kevadisel ja suvisel perioodil tuleks teekatte laiendamine õigete tehnoloogiate abil läbi viia, hoidmaks ära järgnevaid serva lagunemisi.

Teekatte laiendusel ehitamise tehnoloogia nõuete eiramine

Juhul kui eelnevate servalagunemiste tõttu on tulnud laiendada teid ja ehitamise tehnoloogia nõudeid ei ole järgitud, võivad tekkida veel laiaulatuslikumad serva lagunemised. Seda võivad põhjustada nii järeltihenemine kui ka materjali külmakerkeohtlikuks muutumine. *Roadex* projekti kohaselt on ka uuritud servalagunemiste parandamiseks parimaid teekatte laiendamise tehnoloogiad, kuid kahjuks ei ole veel leitud tehnoloogiat, mille kohta võiks ütelda, et just see on hästi töötav tehnoloogia [23: 1].

Võimalikud remonditehnoloogiad

Järeltihenemise puhul piisab ainult katte lappimisest. Juhul kui külmumis- ja sulamistsüklite tagajärjel on materjal muutunud külmakerkeohtlikuks, tuleb kogu külmakerkeohtlik mineraalmaterjal välja vahetada. Talvisel ajal tuleks siiski koheselt peenrad kindlustada ja teostada valuasfaltlappimine käsitsi või kelguga. Ajutiselt võib kevadest sügiseni teostada defektide ”kosmeetilist ravi” roopalappimise või laoturiga asfaltbetoonlappimisega.

Halb vete ärajuhitev

Asfaltkatetes, kus servades puuduvad kraavid ja katendist ei ole vesi ära juhitud, esineb serva lagunemisi.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kraavide kaevamine tee servadesse, hoidmaks vett teest kaugemale. Katte roopalappimine või asfaltbetoon lappimine laoturiga tagamaks pealt poolt vee –ja niiskuskindluse.

2.8. Ebataasasused (põiksuunalised ja pikisuunalised)

Põiksuunaliste ebataasasuste ehk roobaste tekke peamised põhjused on katte kulumine ning katte, katendi sidumata kihtide ja aluspinnase püsivad deformatsioonid. Katte kulumise peamine põhjus on naastrehvide kasutamine talvetingimustes, mille tulemusena tekivad järskude servadega roopad. Raskeliiklus tekitab kattes plastilisi deformatsioone ja tihenemist. Liikluskooormuse põhjustatud löikepinged tekitavad plastilisi deformatsioone, mille tunnuseks on materjali nihkumine külgsuunas. Tihenemine tuleneb raskeliikluse poolt tekitatud järeltihenemisest. Katte püsivate deformatsioonide põhjusteks on bituumeniga seotud kihtide visko-elastsus, mille tulemusena osa koormuste tekitatud deformatsioonidest jääb püsivateks. [11: 38]

Tee pikisuunalisteks ebataasasuteks on tavaliselt lainjad vajumid, lühikesed külmumisest tingitud kerked või järsud astmed, mis on seotud vanale katendile või muule katendikonstruktsioonile üleminekuga [4: 5].

Enamasti tekivad pikisuunalised ebataasasused katendi deformeerumise, teekonstruktsiooni järeltihenemise, aluse läbikülmumise või töövigade tagajärjel (näiteks ebapiisav tihendamine ehituse ajal). [Sealsamas, lk 5-6]

Tee pinda peab hoidma võimalikult siledana. Suurte ebataasasustega teed põhjustavad lainjas dünaamilisi koormuseid tee konstruktsioonile ja sellega kiirendavad teekatte lagunemist [23: 1].

2.8.1. Ebatasasuste tekkimise peamised põhjused ja soovituslikud remonditehnoloogiad

2.8.1.1. Pikisuunalised ebatasasused

Järeltihenemine ja deformatsioonid

Juhul kui asfaldi all olevad kihid ei ole normikohaselt tihendatud võivad need kihid liikluse all järeltiheneda, mis toob kaasa deformatsiooni peegeldumise ka katte pinnal.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kui tegemist on järeltihenemisega ei pruugi edaspidiseid probleeme alustes tekkida, mistõttu võib tasandusfreesiga kõrgemad asfaltkatte kohad ära freesida, muutmaks sõidukijuhtidel sõitmise mugavamaks. Tagamaks kulumiskihi nõutud paksust on vaja paigaldada täiendav ülekate. Juhul kui majanduslikust aspektist ei ole võimalik ülekatet paigaldada, tuleks teostada pindamine või mössitada terve järeltihenenud lõik. Mössitamist saab aga kasutada ainult väiksemate liiklussagedustega teedel ning heade ilmaolude korral.

Vete äravool muldest ja aluspinnasest on raskendatud või puudub

Mulde tugevus ja ilmastikukindlus sõltub mulde ja aluspinnase veesisaldusest. Vesi pääseb muldesse alt auru, kapilaartõusu ja kileveena ning pealt ja külgedelt sademeveena. Viimase tõrjeks on oluline tee veekindel katend ja kindlustatud peenrad. Kui vesi on siiski muldesse sattunud, tuleb see sealt kiiresti välja juhtida. Olulised on katte ja peenarde ning ka aluse kihtide põikkalle ning küvettide olemasolu. [24: 29]

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kuna aluskihtide põikkallet on võimatu ilma katendit lammutamata muuta, tuleks üle vaadata nii peenarde kalded, kui ka asfaltkatte kalded. Peenrad tuleks korrektselt kindlustada. Tuleks ehitada küvett maantee äärde pinnavee ärajuhtimiseks või täiendavad kraavid vihmavee, lumesulamisvee ja pinnavee ärajuhtimiseks [Sealsamas, lk 34]. Pinnasevete taseme alandamiseks tuleks paigaldada drenaaž. Otstarbekas on paigaldada drenid külgkraavide alla, et neid oleks vajadusel võimalikult lihtne puhastada.

2.8.1.2. Põiksuunalised ebatasasused

Katendi kulumine

''Asfaldist kate kulub koormuse all ja vananeb ajaga. Reeglina projekteeritakse eestis asfaltkatted 15-aastaseks elueaks. Teedel tänavatel tuleb sõltuvalt liikluskoormusest selle aja jooksul üks kord kulumiskiht asendada'' [25: 1]. Kahjuks jäävad Eestis majanduslikel põhjustel kulumiskihi asendamised õigeaegselt tegemata. Tulemus - katendi kulumine on niivõrd kaugele arenenud, et tekivad põiksuunalised ebatasasused.

Võimalikud remonditehnoloogiad

Kuna reeglina on ülekattega hiljaks jäädud ja majanduslikud vahendid puuduvad, siis hilisem remondi võimalus on roopalappimine ja valuasfaltlappimine käsitsi või kelguga, mis võrreldes ülekattega annab kehvema välimuse kattele. Samas tekib ka rohkem vuuke. Juhul kui kate ei ole veel kulunud rohkem kui 1 cm on võimalik teostada ka ribapindamine, mis on majanduslikust aspektist vaadatuna õigeaegsel teostamisel odavaim lahendus.

3. DEFEKTI ANALÜÜS JA DEFEKTI TEKKE PÕHJUSTE VÄLJASELGITAMINE. NÄIDE

T-11202 Vaida-Urge teelõigul tekkisid 2010 aasta kevadel teekattele defektid. Seoses sellega palus Eesti Maanteeamet Tallinna Tehnikakõrgkoolil selgitada välja tekkinud defektide põhjused. Selgitamaks välja defektide tekke põhjused kasutasid Tallinna Tehnikakõrgkooli spetsialistid teekatte defektide uurimiseks erinevaid meetodeid: kandevõimemõõtmised FWD-ga, maaradari uuringud, puurimised ning Proctor katsega tihedusemõõtmised.

Tallinna Tehnikakõrgkooli spetsialistide poolt tehtud töös uuriti mitmeid erinevaid defektseid piirkondi, millest autor on oma töösse välja toonud ühe piirkonna, kus vaadeldi kolme asfaldi pragu.

Vaadeldavas piirkonnas oli kaks põikpragu umbes 100m vahega ning nende vahel tee keskel ja paremas sõidusuunas lühikesed pikipraod. Kõik praod olid vaatluse ajal lahti, varasem parandusmeetod oli olnud kannutäitmine. [26: 8]



Foto 10,11. Esimene ja teine põikpragu vaadeldavas piirkonnas. [26: 9]



Foto 12. Pikipraod kahe põikprao vahelisel alal vaadeldavas piirkonnas. [Sealsamas, lk 9]

3.1. Analüüs ja võimalikud remonditehnoloogiad

Kandevõimemõõtmised FWD-ga andsid sarnased tulemused eelnevatel aastatel mõõdetud kandevõime tulemustega. Kandevõimet mõõdeti kõikidel defektide esinemise lõikudel ning ka kohtadest, kus defekte ei esinenud, tulemused olid väga sarnased. Siinkohal täpsemalt ei analüüsitud kandevõietulemeid kuna kandevõimega probleeme ei olnud [26: 12].

Kõikidest defektide esinemiste piirkondadest tehti uuringu ajal puurimine kuni 1m sügavuseni. Muldest võeti materjaliproov, millest määrati terastikuline koostis ja Proctor- tihedus. Kuna materjalid olid tervel uuritud lõigul visuaalselt identsed tehti laboratoorne analüüs ainult ühele materjaliproovile. Terastikulise koostise määramise aluseks oli EVS 1997-1:2003, mis liigitles materjali rohke kruusaga savikaks jämeliivaks, peenosiste (materjaliosakesed alla 0,06mm) sisaldus oli 30,4% (tegemist oli visuaalselt ühe kõige tolmutsema prooviga). [Sealsamas, lk 14]

Mulde materjalile tehti ka Proctor-tihedus, mille tulemus on lisas 5. Kõrvale on asetatud Männiku liiva ning paekivikillustiku 0/4 Proctor-tiheduse graafikud. Tulemus näitab, kui tihedaks on võimalik materjali „pakkida“. Visuaalne pilt pärast Proctor-katset foto 15. Materjali pind oli väga kõva, tõenäoliselt ehituse käigus võis see olla samasugune. Fotodel 13 ja 14 on pilte puurimise tulemustest. [Sealsamas, lk 14]



Foto 13 ja 14. Tolmune/savine mulde materjal on puurpea külge kinni kinninud. Katendi ehitamisel kasutatud killustik ja liiv on võrreldes muldes kasutatud materjalidega oluliselt kohevamad. [26: 5]



Foto 15. Muldes kasutatud materjal pärast Proctor-katset. [26: 15]

Kasutati ka maaradari pilte selgitamaks välja defektide tekke põhjuseid.

Fotol 12 näidatud pikipragu on tõenäoliselt tingitud nihkepingest, lokaalsest probleemist asfaltkattega (nt tihedus ei ole piisav), madalamast kandevõimest, külmakerkest või kõikidest nendest teguritest kokku. Teel nähtav defekt ei ole kunagi tingitud vaid ühest põhjusest vaid erinevate mõjurite komplekssest mõjutusest. Soomlased on avastanud, et õhukese kattega ($\leq 80\text{mm}$) teekonstruktsioonide defektid tekivad sellest, kui aluses toimuvad sõidujäljes taastumatud deformatsioonid, alus vajub kaasa ning vajumise suurus ületab katte tõmbetugevuse. Asfaltbetooni alapinda tekib pragu, mis aja jooksul areneb katte peale. Fotol 12 nähtava defekti põhjus ei pruugi olla üheselt see, kuid probleem võib olla sellesarnane. Joonisel 7 on näidatud maaradari pilt antud kohast ning vahemikus sügavusel umbes 0,5...0,9m joonistub välja selge hall tsoon. Maaradar ei peegelda hästi tagasi märgasid ja/või väga peeneteralisi materjale (nt savi). [Sealsamas, lk 18]

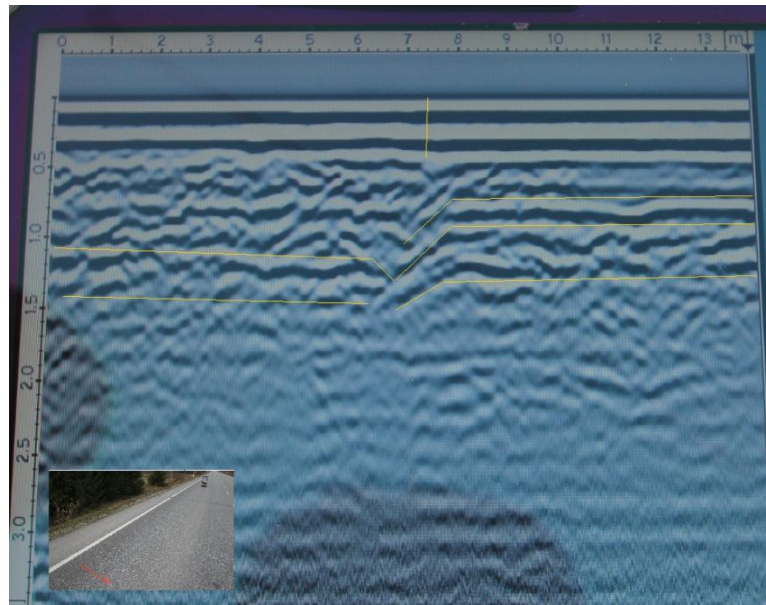
Nähtav hall tsoon on seesama mulde materjal, mis puurimisel võetud materjali poroovide laboratoorsel analüüsimisel liigitles materjali rohke kruusaga savikaks jämeliivaks, milles peenosiste sisaldus oli 30,4%. Proctor katse näitab ka kui tihedaks on võimalik selline materjali pakkida, mis eeldatavasti ehitamise ajal ka tihendades juhtus. [Sealsamas, lk 14] Tõenäoliselt konstruktsioonis toimubki aeglane roomedeformatsioon, st katend „sõidab“ sileda aluse peal tingituna dünaamilisest liikluskooormusest (sellest ka see, et praod on tulnud lahti suvisel ajal) [Sealsamas, lk 16].



Joonis 7. Foto 12 kujutatud defekti maaradari pilt. Vertikaaljoon on praao asukoht ja horisontaaljooned näitavad mulde materjali. [26: 19]

Tekkinud praod võivad olla põhjustatud muutustest materjalides või olla tingitud aluse mingisugustest (ajaloolise põhjusega) liikumistest. Esinevad põikpraod on üpriski sirged ja teega täiesti risti. Tavaliselt on see tunnusmärk temperatuurimuutustest tingitud pragudest. Praod võivadki olla tingitud temperatuuri ning aluse ja vee omavahelisest koosmõjust. [Sealsamas, lk 19]

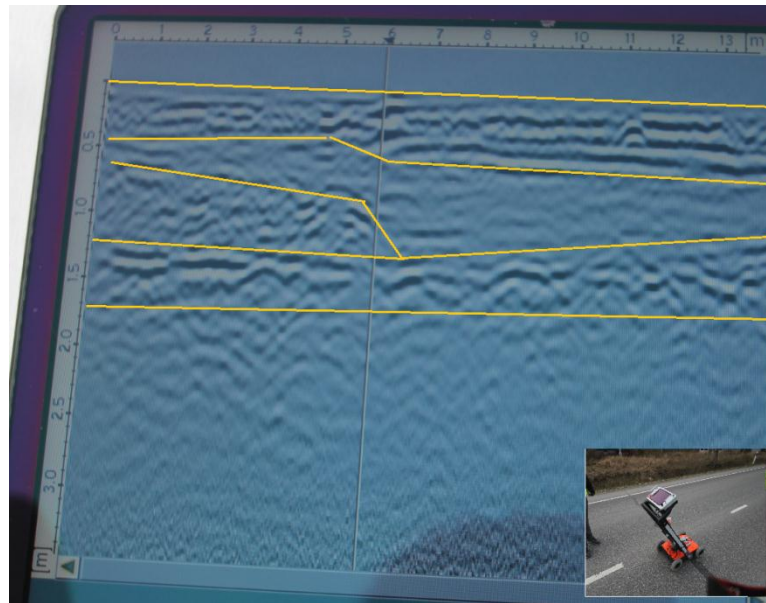
Sellise defekti puhul kindlasti parim remonditehnoloogia on laiendamisega täitmise meetod, mis hoiab ära niiskuse pääsemise alumistesse kihtidesse ja pragude uuesti avanemise. Eeldatavasti järgmise aasta jooksul temperatuurimuutuste tõttu avanevad praod uuesti, siis just laiendamisega täitmise meetod hoiab pragude avanemise ära.



Joonis 8. Liikudes Aruvalla poolt Vaida poole, esimene põikpragu vaadeldavas piirkonnas. [26: 20]

Selle prao juures piirduti vaid ühe mõõtmisega ning tagantjärgi vaadates, ei olnud kasutatud seadistus võimalikest parim. Maaradari pildilt joonistub täpselt prao alt välja kindel aluse muster, mis võib olla põhjustanud ka asfaldis nähtava prao. [Sealsamas, lk 20]

Joonisel 8 kujutatud prao parimaks remonditehnoloogiaks on ajutiselt parandamiseks pragude laiendamisega täitmise meetod, mis hoiab niiskuse eemal alusest. Kapitaalremondiks oleks parim lahendus uute asfaldi kihtide lisamine koos asfaldi geosünteediga, mis takistab pragude uuesti kattele jõudmist (õigemini pikendab seda aega) või killustikukihi paksendamine koos geovõrguga ning uuesti asfalteerimine, seejuures peab katendiarvutus toimuma õigete lähteandmetega [Sealsamas, lk 22].



Joonis 9. Teine põikpragu mõõdetuna tee keskelt. [26: 20]

Tundub, et prao all toimuvad materjalis (või selle niiskustasemes) muutused. [Sealsamas, lk 20]

Sellise prao parandamiseks parim remonditehnoloogia võiks samuti olla nii nagu joonisel 8 kujutatud prao puhul kogu asfaltkatte väljavahetamine või tugevdamine. Ajutiselt võiks kasutada pragude laiendamisega täitmise meetodid, mis ei takista uute pragude tekkimist aga hoiab seal juures ära olemasolevate pragude edasi arenemise.

Katsetamine on väga vajalik kogumaks informatsiooni defektide kohta. Informatsiooni olemasolul on võimalik kindlaks määrata milliste tehnoloogiate abil on võimalik defektid likvideerida või ajutiselt nende laienemist piirata. Defektide tekkepõhjuste välja selgitamisel ja õige tehnoloogia abil nende parandamine tagab ka mõistliku rahakasutamise, kus ühte defekti ei pea aasta jooksul korduvalt parandama. Nagu ka antud näide tõestab on meil uuringumeetoditega võimalik välja selgitada, mis on defektide tekkimise täpsemad põhjused. Uuringute mitte kasutamine annab meile võimaluse ainult oletada, mis võivad olla asfaltkatete defektide tekke põhjusteks.

4. HIND, VASTUPIDAVUS NING LIIKLUSPIIRANG

Remonditehnoloogia valikul on peamiseks küsimuseks majanduslik pool. Tähtis on ka teada, kui kauaks tuleb mingi remonditehnoloogiaga liiklust piirata ning kaua peavad lapitud augud ja täidetud praod vastu enne järgneva remonditööd. Siinkohal on autor välja töötanud erinevad tabelid, mille põhjal remonditehnoloogia vastavalt vajadustele ja võimalustele tuleks valida.

Defekti likvideerimiseks kasutatava remonditehnoloogia hind sõltub enamjaolt ka tehtava töö mahust. Mida väiksemad on mahud seda suuremaks lähevad hinnad nagu on näha ka tabelist 1 ja 2. Töö tegemine osutub kalliks, kui kohaletoimetatud masinad teevad väga vähe tööd. Masinate ja materjalide kohaletoimetamiseks vajamineva transpordi hind võib ületada tehtava töö hinna, seega ruutmeetri hind väiksemamahulistel töödel on paljuskordne kallim, kui suuremahulistel töödel. Siinkohal on autor väiksemamahulised tööd liigitanud tööd mis jõutakse valmis vähem kui kaheksa tunni jooksul, mahus vähem kui 500 m² (tabel 2). Suuremahulised tööd kus töid teostatakse mitme päeva jooksul ning maht ületab 500 m² on välja toodud eraldi tabelis 1.

Pragudega tuleb tegeleda eraldi, kuna pragude parandamisel kasutatavad meetodid on spetsiifilised ja enamasti sobivadki ainult pragude parandamiseks. Pragude parandamise hinna võrdluseks on autor koostanud tabeli 3, kus on välja toodud ka umbkaudne vastupidavus peale prao parandamist ning remondi tehnoloogiast olenevad liikluspiirangud töö ajal ja peale töö teostamist.

Kuna tehnoloogia valikul soovitakse alati ka parimat tulemust on tabelitesse sisse toodud ka umbkaudne defekti vastupidavus. Defekti vastupidavus sõltub suuresti ka sellest, millal defektiga tegelema hakatakse ning alumiste kihtide seisukorrast. Autor on eeldanud, et defektide avastamisel tegeletakse defektide tekkepõhjuste väljaselgitamisega ja koheselt ka parandamisega. Teekasutaja seisukohast on autor remondimeetoditele lisanud ka eeldatavad liikluspiirangud töö ajal ja peale tööde teostamist. Alati ei ole ka võimalik tulenevalt liiklussagedusest liiklust pikaajaliselt piirata. Seega tuleb valida tehnoloogia, mille puhul liikluspiirang nii töö teostamisel, kui ka hilisem tehnoloogiline kiiruspiirang on võimalikult lühiajaline.

Tabel 1

Suuremahulised lappimised erinevate tehnoloogiatega

Tehnoloogia (maht on suurem, kui 500 m ²)	Umbkaudne hind €/m ²	Defekti umbkaudne vastupidavus, aastat					Töö teostamisest tulenev liikluspiirang	Hilisem tehnoloogiline kiiruspiirang
		Asfaltkatte auk	Murenemine	Põiki-ebatasasused	Võrk-praad	Serva-defektid		
Ülekate	11,8	6	6	6	2	3	rohkem kui 1 päev	1h
Ribapindamine	2,1	-	3	3	1	1	rohkem kui 1 päev	7 päeva
Lauspindamine	1,6	-	3	3	1	1	rohkem kui 1 päev	7 päeva
Rooparemix	9,6	-	6	6	1	2	rohkem kui 1 päev	1h
Mössi paigaldamine	4,5	-	3	3	1	1	rohkem kui 1 päev	2h
MA-lappimine	30	6	6	6	2	2	rohkem kui 1 päev	1h
Freesimine	5,1	-	-	1	-	-	rohkem kui 1 päev	-
Teepeenra kindlustamine	4,3	-	-	-	-	2	8h	-
Külmakerke ohtlike aluste väljakaevet ja asendamine külmakindlate materjalidega	16						2 päeva	-

Suuremahuliste lappimiste puhul on asfaltkatte aukude, murenemise ja põikiebatasuste puhul väga suur tõenäosus, et antud defekt ei teki kattesse lähiajal uuesti juhul, kui on kindel, et defekti tekkimise põhjus ei ole tingitud konstruktsiooni alumistest kihtidest. Võrkpragude ja servadefektide parandamisel ei ole tihtipeale võimalik defektile ainult katte vahetusega pikka eluiga kindlustada. Võrkpragude ja servadefektide puhul võivad tekkepõhjused olla samuti tingitud konstruktsiooni sügavamates kihtides olevatest probleemidest. Juhul, kui probleemid on ainult asfaldi paigaldamisel tehtud vigades või asfaldisegu koostises, on võimalik anda garantii pikemaks ajaks ka võrkpragude ja servadefektide remonttöödele.

Võrreldes ülekatet ja pindamisi on selgesti näha, et ülekate on küll pea kuus korda kallim aga selle eest võib ülekattele anda ka palju pikema garantii vasupidavuses. Pindamise üks miinuseid on liikluspiirangud nii tööde teostamise ajal, kui ka tehnoloogiline kiirusepiirang peale tööde valmimist.

Ülekattega võrdluseks võib tuua ka rooparemixi tehnoloogia, mis on küll natukene odavam. Vastupidavus on remixitud alal sama. Siiski võib kõrval olev asfaltkate vananemise tõttu tihtipeale kiiremini ära kuluda ja rooparemixitud ala kõrvalt ja vahelt hakkab vana kate lagunema. Hiljem kandub lagunemine üle ka remixitud alale.

MA-lappimine on küll kallis aga teostada saab halvemate ilmade puhul ja miinus kraadide juures ning paigaldamisel ei kasutata rulle mis tekitavad palju müra. MA-lappimine peab küll suhteliselt kaua vastu, samas kõikidesse kohtadesse selline lappimise tüüp ei sobi. Tiheda liiklusega teedele ja ristmike lähistele aladele ei ole antud lappimismeetodit mõistlik kasutada, kuna suure suviste soojade ajal võivad bituumeni suure koguse tõttu tekkida seisujäljed.

Defektsete lõikude puhul kus on teada, et lähiaastatel planeeritakse rekonstrueerimistöid, on võimalik tabeli järgi odavamad ja vähem vastupidavamad tehnoloogiad valida. Olenevalt liiklusest peab valima ka võimaliku remonditehnoloogia, et mitte takistada liiklust. Tiheda liiklusega teelõikude puhul tuleb valida tehnoloogia, kus remondi tehnoloogiast tulenevad liikluspiirangud ei kestaks väga pikalt.

Tabel 2

Väikesemahulised lappimised erinevate tehnoloogiatega

Tehnoloogia (maht on väiksem, kui 500 m ²)	Umbkaudne hind €/m ²	Defekti umbkaudne vastupidavus, aastat					Töö teostamisest tulenev liikluspiirang	Hilisem tehnoloogiline kiiruspiirang
		Asfaltkatte auk	Murenemine	Põiki-ebatasasused	Võrk-pragu	Serva-defektid		
AC-lappimine käsitsi	40	3	3	3	2	2	3h	1h
AC- lappimine laoturiga	68	5	5	5	3	3	4h	1h
Pritskillustikuga remontimine	1,7	2	2	-	1	1	1h	3 päeva
Ribapindamine	2,1	-	1	3	1	1	1h	7 päeva
Külmseguga lappimine käsitsi	5,2	1	-	-	1	1	1h	-
MA-lappimine	60	5	5	5	2	2	5h	1h
Mössi paigaldamine	4,5	-	1	-	1	-	5h	2h
Freesimine	5,1	-	-	1	-	-	2h	-

Enamasti teostatakse väiksemamahulisi lappimistöid alevites ja linnades. Siinkohal on tähtis, et hilisem tehnoloogiline kiiruspiirang ei oleks pikaajaline. Seetõttu tuleks odavamaid pidamisega seotud töid vältida. Asulatesse sobilik tehnoloogia on MA-lappimine, mis on küll suhteliselt kallis, aga paigaldamisel ei ole nii suurt müra kui teiste tehnoloogiate puhul. Miinuseks on see, et ristmike lähistele ei ole soovituslik MA-lappimist planeerida just soojadel ilmadel tekkivate seisujälgede pärast. Väiksemate tööde puhul AC-lappimine laoturiga on parim lahendus, mis on pikaajaliselt vastupidav ning kiire töö. Sellele ei järgne ka pikaajalisi tehnoloogilisi kiiruspiiranguid.

Tabel 3

Pragude parandamine erinevate tehnoloogiatega

Tehnoloogia	Umbkaudne hind €/jm	Defekti umbkaudne vastupidavus, aastat			Töö teostamisest tulenev liikluspiirang	Hilisem tehnoloogiline kiiruspiirang
		Vuugipragu	Pikipragu	Põikpragu		
Pragude laiendamisega täitmine	5,1	-	5	5	3h	1h
Pragude kannutäitmise meetod	1,5	2	1	1	1h	1h
Pragude segutäitmise meetod	4,5	-	1	1	2h	0,5h
Pragude remont bituumeni ja killustikuga	1,2	2	1	1	1h	3 päeva
Kohtpindamine	2,2	-	1	1	1h	5 päeva

Piki- ja põikpragude parandamisel on kindlasti parim tehnoloogia pragude laiendamisega täitmise meetod, mis on üks kallimaid meetodeid, aga annab vaieldamatult parima tulemuse pikemaks ajaks. Vuugipragude puhul tuleks kasutada kannutäitmismetodit, mis tagab pragudele niiskuskindluse ja takistab teiste defektide teket ning on samas odav tehnoloogia. Väiksemate pragude ja ajutiselt pragude remontimisel parim on kasutada pragude remontimist bituumeni ja killustikuga, mis tagab ilmastikukindluse ning peatab ajutiselt pragude edasi arenemise võimaluse. Pragude remont bituumeni ja killustikuga sulgeb ka väiksemad mikro praod, mis ei ole silmale nähtavad.

Antud tabelites on kasutatud erinevate spetsialistide käest kogutud hinnad, vastupidavused ning liikluspiirangud vastavate defektide juures. Autor pöördus nii AS Teede-REV-2, Lemminkäinen Eesti AS, Kagu Teed AS ning OÜ Üle poole. Kuna mõningate defektide remonditehnoloogiate hindade suurus sõltub suuresti tööde mahust ja tööde asukohast on autor hinnad vastavalt kogutud informatsioonile jaotanud mahu järgi erinevatesse tabelitesse. Erinevatelt ettevõtetelt saadud informatsioon, mis käib ühe ja sama remonditehnoloogia alla on autor võtnud keskmise ja see tõttu on tabelisse kantud ka umbkaudsed hinnad.

KOKKUVÕTE

Eestis asfalkatete defektide remontimiseks kasutusel olevad tehnoloogiad on piisavad tagamaks kvaliteetne asfalkate, kuid valesti planeeritud remontimisel ei ole võimalik ka parimate ja kalleimate tehnoloogiate abil defektide edasiarenemist peatada. Peamiseks osutub siiski defekti tekkimise põhjus. Selgitades välja asfalkatte defekti tekkimise põhjused on võimalik valida parim viis defekti ajutiseks või täielikuks remontimiseks. Hoides teekatted korras on võimalik tagada liiklusohutus jalakäiate, jalgratturite ja autojuhtide seas, mis on inimeste seisukohalt kõige tähtsam.

Esimeses peatükis on uuritud erinevate asfalkatte defektide lubatud suurusi ja defektide ulatusi. Järgides täpselt "Teeseadust" ning pidades kinni kõikidest kohustustest ja õigustest on võimalik maanteed ja linnatänavad hoida heas seisukorras. Kasutades ennetavalt alati ka väiksemate defektide puhul kohest reageerimist on võimalik asfalkatte suurtemate defektide teket ennetada. Asfalkatete defektide tekkimise ära hoidmiseks tuleks ka pidevalt uurida ja inventeerida defekte maanteedel ja tänavatel ning koguda võimalikult palju informatsiooni kasutades videopilti, laserskännereid ning soojuskaameraid. Defektide ilmnemisel tuleks kasutada võimalikult palju uuringumeetodeid välja uurimaks defektide tekke põhjused, mille järgi on hiljem võimalik valida ka parimad hooldusmarsruudid ja remonditehnoloogiad.

Teises peatükis on teekattel esinevate defektide inventeerimisejuhendis loetletud defektidele välja toodud kirjeldused ning seletused. Uuritud on erinevate teekatte defektide võimalikke tekkimise põhjuseid ning parimaid remonditehnoloogiaid. Kuna alati on defektid tekkinud mingi põhjuse tagajärjel on autor välja töötanud parimad võimalikud remonditehnoloogiad remontimaks igat asfalkatte defekti kindla defekti tekke põhjustaja järgi. Seega kui on teada defektitekke põhjus on võimalik valida parim remonditehnoloogia.

Kolmandas peatükis on autor analüüsinud Tallinna Tehnikakõrgkooli spetsialistide poolt uuritud Vaida-Urge teelõiku, kus eelnevalt avastati asfalkatte defekte, ning neid uuriti erinevate uuringumeetoditega. Antud lõigul kasutati uuringu meetodeid nagu: kandevõimemõõtmised FWD-ga, maaradari uuringuid, puurimisi ning Proctor katsega tihedusemõõtmisi. Uuringu meetodid on kallid samas pikas perspektiivis tuleb siiski odavam kasutada erinevaid uuringumeetodeid, mis

annavad asfaltkatte defektide tekkimise kohta rohkem informatsiooni, mille kaudu on võimalik valida ka parim, odavam ning vastupidavam tehnoloogia. Uuringumeetodite mitte kasutamine annab meile ainult võimaluse oletada, mis võiksid olla defektide tekke põhjustajad. Oletuste põhjal aga remonditehnoloogia valik on risk, kus võib suuri kulusi teha tulutult.

Neljandas peatükis on välja toodud erinevate spetsialistide käest kogutud informatsiooni põhjal koostatud tabelid. Kasutatud on nii AS Teede-REV-2, Lemminkäinen Eesti AS, Kagu Teed AS ning OÜ Üle spetsialistide poolt kirjeldatud asfaltkatte defektide erinevate remonditehnoloogiate ligikaudset vastupidavust ja maksumust ning liiklusepiiranguid nii töö ajal kui ka peale tööde teostamist. Kuna maanteedel ja linnatänavatel, kus liiklussagedus on väga suur, on liikluse piiramine praktiliselt võimatu, tuleb kasutusele võtta remonditehnoloogia, millega on võimalik töö kiiresti teostada ja remonditud lõik avada liikluseks tavapärasel kiirusel. Lõikudel, kus liiklussagedus on väike saab kasutada odavamaid ja vähem vastupidavaid tehnoloogiaid, mis takistavad liiklust pikemalt, kuid väiksema liiklussageduse juures võivad ka odavamad tehnoloogiad teekatte suuremaid remonttöid pikemalt edasi lükata.

Hüpotees, mille autor seadis on, et Eestis käsoleval ajal kasutatavad asfaltkatete remonditehnoloogiad ja nende valik vajavad kindlat fikseeritud remonditehnoloogiate valikute põhimõtteid eesmärgiga tagada kvaliteetsemad ja kauem kestvad asfaltkatted. Autori poolt välja töötatud defekti tekkepõhised võimalikud remonditehnoloogid tagavad parema tehnoloogiate kasutamise ning võimaldab defektipõhiselt ka sobitada kindlatele defektidele remonditehnoloogiaid, mis võimaldavad peatada defektide edasiarenemist juba tekkimise faasis. Autori poolt välja toodud näited erinevate tehnoloogiate ja võtete kasutamise kohta tõestavad ka seda, et uuringu meetodite kasutamisel on võimalik valida teekatte defektide remontimiseks odavamad ja vastupidavamad tehnoloogiaid.

Tagamaks kvaliteetsemad asfaltkatete remontimised tuleks välja töötada tabelid, kus kindlatele defektitekk põhjustele on välja töötatud ka vastavad remonditehnoloogiad. See eeldaks aga suuremat uurimist asfaltkatte defektide tekkimise põhjustajate kohta kuna põhjuseid ja tegureid millest defektid tekivad on väga palju.

Autor soovib tänada lõputöö koostamisel abiks olnud Tallinna Tehnikakõrgkooli, AS Teede-REV-2, Lemminkäinen Eesti AS, Kagu Teed AS ning OÜ Üle spetsialiste meeldiva koostöö eest.

SUMMARY

In Estonia, the technologies used in repairing damages in asphalt surfacing are adequate for ensuring a high quality of asphalt pavement. However, in case of incorrectly planned repairs, it is not possible to stop the deterioration even with the best and most expensive technologies. The reason why defects occur is the key. By specifying the causes of the defects, it is possible to select the best method for repairing the defect temporarily or eliminating it in full. By maintaining asphalt surfaces, it is possible to ensure the safety of pedestrians, cyclist and drivers, which is a crucial aspect.

The allowed size and scope of various defects of asphalt pavement are investigated in the first chapter of the current graduation thesis. It is possible to keep roads and city streets in good condition by following the Roads Act stringently, and complying with all rights and obligations. By reacting to even the smallest of defects as a precaution, it would be possible to prevent the emergence of bigger defects in asphalt pavements. In order to prevent deterioration in asphalt surfaces, constant examination and inventory of roads and streets should be carried out. It is important to gather as much information as possible by using video capturing, laser scanners and thermal cameras. When defects appear, a multitude of investigation methods should be used in order to specify the causes of these. By specifying the causes, it is possible to select the most appropriate maintenance routes and repair technologies.

In the second chapter, the descriptions and explanations of asphalt defects are specified, as listed in the inventory guide of defects. Various reasons for pavement deterioration are investigated and the most effective repair technologies are specified. As the defects are always the result of something, the author of the thesis has developed the best possible repair technologies for defects in any asphalt pavements by specifying the reason of the formation of these. Thus, as long as the cause of the defect is specified, it is possible to select the best repair technology.

In the third chapter, the author analyses the Vaida-Urge road section, which has been studied by specialists at TTK University of Applied Sciences. Defects in the asphalt pavement were found on the road section, and these have been studied using various methods, such as measuring the carrying

capacity using a FWD device, studies with ground penetrating radar, drilling and measuring density using the Proctor test. Although the given research methods are expensive, in the long term, it would be cheaper to use various research methods that provide more information on the formation of defects in pavement. It is possible to select a better, cheaper and more durable technology by using this data. Refusing the use of research methods only allows us to assume the causes of defects. Selecting a repair technology based on assumptions is a risk that could lead to large and needless expenses.

Tables compiled using information from various specialists are presented in the fourth chapter. The approximate durability, cost and traffic limits (during and after repair works) of various technologies, which were described by the specialists of Teede-REV-2 Ltd., Lemminkäinen Eesti Ltd., Kagu Teed Ltd, and Üle LLC, have been used. Because it is practically impossible to limit traffic on busy roads and streets, a fast repair technology that allows the repaired section to be opened for traffic on a regular schedule, should be selected. Cheaper and less durable technologies can be used on sections that have lower traffic volume. Although these limit traffic for a longer period of time, they allow larger repairs to be postponed.

The hypothesis set by the author is as follows: the current Estonian asphalt repair technologies and the selection of these are in need of specific fixed principles for selecting repair technologies with the goal of ensuring higher quality and more durable asphalt pavements. The possible repair technologies suggested by the author are based on the cause of the defect and these ensure an improved usage of technologies while allowing defects of certain origin to be matched with specific repair technologies. This means that further deterioration could be stopped in the initial stage. The examples brought forth by the author prove that by using research methods, it is possible to select more cost-efficient and durable technologies for repairing defects in road surfacing.

In order to ensure higher quality of asphalt pavement repairs, it is important to compile tables in which specific causes of asphalt defects are matched with corresponding repair technologies. This, however, would require a deeper research into the causes of asphalt defects as there is a multitude of reasons and factors as to why the defects arise.

The author of the current graduation thesis would like to thank the specialists of TTK University of Applied Sciences, Teede-REV-2 Ltd., Lemminkäinen Eesti Ltd., Kagu Teed Ltd. and Üle LLC for the pleasant co-operation and support in writing the present graduation thesis.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

1. Tee ja teetööde kvaliteedinõuded [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/112022013001> (22.04.2013)
2. EVS 901-3:2009 - Tee-ehitus, Osa 3: Asfaltsegud
3. EVS 901-3:2009 - Tee-ehitus Osa 1: Asfaltsegude täitematerjalid
4. Katete remondimeetodite valikupõhimõtted [WWW] http://www.mnt.ee/public/Katete_remondimeetodite_valikupohimotted.pdf (22.01.2013)
5. Sven Sillamäe loengumaterjalid. Teehooldus ja korrashoid II
6. OÜ Üle aukude remont [WWW] <http://www.yle.ee/aukude-remont> (12.03.2013)
7. Sven Sillamäe, Loengumaterjal, Asfalteede parandamine I osa.
8. Maanteede projekteerimisnormid [WWW] http://www.mnt.ee/failid/projekt_juh/mnt-proj-norm-01.pdf (21.03.2013)
9. Sven Sillamäe, Loengumaterjal, Asfalteede parandamine II osa.
10. Töökirjeldus. Peenarde kindlustamine [WWW] https://www.eesti.ee/portaal/!this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=12226 (01.04.2013)
11. FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud parameetrite SCI, BDI ja BCI kasutamine teekatendi seisukorra hindamisel. [WWW] http://www.mnt.ee/failid/uuringud/sci_bdi_bci-l6pparuanne.pdf (25.01.2013)
12. Teeseadus [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/12800580> (10.02.2013)
13. Tee seisundinõuded [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/964952> (06.02.2013)

14. Survey and monitoring techniques [WWW] <http://www.roadex.org/index.php/permanent4> (18.01.2013)
15. Teekattel esinevate defektide inventeerimisjuhend. [WWW] http://www.mnt.ee/failid/juhised/Defektide_invent_juhend.pdf (12.01.2013)
16. Vanelstrade, A., Francken, L. (1997). Prevention of Reflective Cracking in Pavements. Suurbritannia: St Edmundsbury Press, 138 lk.
17. Lay, M.G. (1986). Handbook of Road Technology. I osa. Singapur, 562 lk.
18. Pavement Interactive. Longitudinal Cracking [WWW] <http://www.pavementinteractive.org/article/longitudinal-cracking/> (11.03.2013)
19. Pavement interactive. Fatigue Cracking [WWW] <http://www.pavementinteractive.org/article/fatigue-cracking/> (09.03.2013)
20. Asfaldist katendkihtide ehitamise juhised. [WWW] http://www.mnt.ee/public/juhendid/Asfaldist_katendikihtide_ehitamise_juhis_KK_lisa_15_12_2010.pdf (19.02.2013)
21. Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte seisukorra näitajatest. [WWW] http://www.mnt.ee/failid/teekasutajate_kulud_2005.pdf (12.02.2013)
22. Pavement Interactive. Raveling [WWW] <http://www.pavementinteractive.org/article/raveling/> (15.03.2013)
23. Managing permanent deformation [WWW] <http://www.roadex.org/index.php/permanent6> (12.01.2013)
24. Muldkeha remondi projekteerimise juhised. [WWW] http://www.mnt.ee/failid/juhised/muldkeha_remondi_projekteerimise_juhis.pdf (27.02.2013)
25. Ain Kendra. Blogspot [WWW] <http://liiklushunt.blogspot.com/2012/10/katendi-kulumisest-ja-vananemisest.html> (26.04.2013)
26. Sven Sillamäe. Ekspert hinnang. T-11202 Vaida-Urge tee defektide põhjuste kindlakstegemine

Lisa 1. Kattega maantee seisunditase

Tabel 4

Kattega maantee seisunditase [12: § 34, Lisa 1]

Liiklussagedus, autot ööpäevas	Nõutav seisunditase			
	Põhimaantee	Tugimaantee	Kõrvalmaantee	Kohalik maantee
Kiirtee	4	-	-	-
üle 8000	3	3	3	-
6000-8000	3	3	3	-
3000-6000	3	3	3	2
1000-3000	3	2	2	2
200-1000	3	2	1	1
kuni 200	-	1	1	1

Lisa 2. Tänavaseisunditase

Tabel 5

Tänavaseisunditase [12: § 34, Lisa 2]

Tänavaliik	Nõutav seisunditase
magistraalid:	
– kiirtee	4
– põhitänav ja tee	3
– jaotustänav	2
juurdepääsuteed:	
– kõrvaltänav	2
– veotänav ja –tee, väljak, parkimisplats	1
– kvartalisene tänav, jalgtänav, jalgtee	1
– jalgrattatee	3
– kõnnitee	3

Lisa 3. Kattega tee seisundinõuded

Tabel 6

Kattega tee seisundinõuded [12: § 34, Lisa 3]

Näitaja	Mõõtühik	Seisunditaseme nõuded			
		1	2	3	4
TEEKATE					
Tasasus					
nõutav keskmine IRI* arv maanteedel	mm/m	10	8	5	3
teekatte defektid					
praod laiussega kuni 2 cm ja teekatte murenemine sügavusega kuni 2,5 cm					
manteel:		võib esineda 15. nov kuni 15.juuni	võib esineda 15. nov kuni 1.juuni	võib esineda 15. nov kuni 15.mai	võib esineda 15. nov kuni 15.mai
tänaval:		võib esineda 15. nov kuni 1.juuli	võib esineda 15. nov kuni 15.juuni	võib esineda 15. nov kuni 1.juuni	võib esineda 15. nov kuni 1.juuni
augud läbimõõduga alla 20 cm ja sügavusega 2,5 kuni 5 cm					
manteel:		võib esineda 15. nov kuni 15.juuni	võib esineda 15. nov kuni 1.juuni	ei või esineda	ei või esineda
tänaval:		võib esineda 15. nov kuni 1.juuli	võib esineda 15. nov kuni 15.juuni	ei või esineda	ei või esineda
augud läbimõõduga üle 20 cm ja sügavusega üle 5 cm mantee ja tänaval		võib esineda 15. nov kuni 1.juuni	võib esineda 15. nov kuni 15.mai	ei või esineda	ei või esineda
Roopad					
roopa lubatud suurim sügavus	mm	40	30	20	20

Lisa 4. Eelistuspõhiselt AB- ja SMA-katete eri defektitüüpidele sobivad lappimismeetodid

Tabel 7

Eelistuspõhiselt AB- ja SMA-katete eri defektitüüpidele sobivad lappimismeetodid [5:12]

		Roopalappimine	AC- lappimine käsitsi	AC-lappimine laoturiga	MA-lappimine käsitsi	MA-lappimine kelguga	Killustiklappimine	Pehme asfaltseguga (AC) lappimine või sarnane	Pragude laiendamisega täitmine	Pragude kannutäitmine	Pragude seguga täitmine	Freesimine
Pikieba- tasasused	vajumised	0	2	1	[2]	0	0	[2]	0	0	0	0
	Kerked	0	1	1	[2]	0	0	[2]	0	0	0	2
	trepp,asted	0	1	1	[2]	0	0	[2]	0	0	0	1
Põikieba- tasasused	sõiduroopad	1	0	2	[2]	[2]	0	0	0	0	0	1
	serva vajumised	1	[2]	1	[2]	[2]	0	0	0	0	0	[2]
Murenemine		1	[2]	1	1	2	1	[2]	0	0	0	0
Augud		0	1	2	1	2	0	[2]	0	0	0	0
Pinna poorsus		2	0	[2]	2	0	1	0	0	0	0	0
Võrkpraod	tihedad = 150 mm	1	2	1	[2]	[2]	1	0	0	0	0	0
	harvad >150 mm	1	0	1	[2]	0	2	[2]	0	0	0	0
Praod	laius >20 mm	2	[2]	0	[2]	2	0	[2]	[2]	[2]	1	0
	laius 10-20 mm	2	[2]	0	[2]	2	0	[2]	1	2	[2]	0
	laius <10 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	[2]	0	0
Meetodi sobivus erinevatele liiklussagedustele												
<1500 autot/ööp.		x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x
1500..600 autot/ööp.		x	x	x	x	x	x	0	x	[x]	x	x
>6000 autot/ööp.		x	x	x	x	x	[x]	0	x	[x]	x	x
Meetodi sobivus märjale pinnale (pikaajalised sademed) või talvel ning temperatuuri nõue												
Kasutamine sademete ajal		0	0	0	x	[x]	0	0	0	0	0	x
Kasutamine talvel		[x]	[x]	0	x	x	0	0	[x]	[x]	[x]	[2]
aluspinna min.temp. varjus, 0C		-5	0	5	-10	10	10	5	0	5	0	x

Tähistused:

1= peamine meetod

2= teisejärguline meetod

[2]= kiireloomuliseks tööks või eriolukorras sobiv meetod

0= ei sobi kasutamiseks

x= sobib kasutamiseks

[x]= sobib kasutamiseks eriolukorras või ajutiselt

Lisa 5. Proctor-tiheduse graafikud Männiku liival, paeliival ja Vaida-Urge mulde materjalil

Tabel 8

Proctor-tiheduste graafikud Männiku liival, paeliival ja Vaida-Urge mulde materjalil. [26: 14]

