

Ralf Kalm

ASFALDI PAIGALDAMISE MAKSUMUSE SÕLTUVUS TEE GEOMEETRIAST

LÕPUTÖÖ

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ASFALTSEGU PAIGALDAMISE KULUD	7
1.1 Paigaldustehnika kulu	8
1.1.1 Asfaldilaotur	10
1.1.2 Asfaldi rullid.....	11
1.1.3 Gudronaator	12
1.1.4 Minikopplaadur	13
1.1.5 Veeauto	13
1.2 Asfaltsegu vedavad autod.....	14
1.3 Tööjõu maksumus	15
2. LIIKLUSSÕLME TEEDE JAOTUS	16
2.1 Peatee	17
2.2 Kõrvalteed	17
3. TARTU LÄÄNEPOOLSE ÜMBERSÕIDU 4. EHITUSALA	19
3.1 Andmemahud	20
3.2 Peatee	21
3.3 Kõrvalteed	22
3.4 Kokkuvõte	22
4. LUIGE LIIKLUSSÕLM	25
4.1 Andmemahud	26
4.2 Peatee	26
4.3 Kõrvalteed	27
4.4 Kokkuvõte	28
5. KOKKUVÕTE.....	30
6. SUMMARY	32
7. VIIDATUD ALLIKAD	34
Lisa 1. Päevaaruanne.....	35
Lisa 2. Asfalteerimise vahetuse aruanne	36

Lisa 3.	Tartu Lääne peatee andmetabel	37
Lisa 4.	Tartu Lääne kõrvaltee andmetabel	38
Lisa 5.	Luige ristmiku peatee andmetabel.....	40
Lisa 6.	Luige ristmiku kõrvaltee andmetabel	41
Lisa 7.	Tartu Lääne objekti ruutmeetri kulu sõltuvus pindalast.....	42
Lisa 8.	Luige objekti ruutmeetri kulu sõltuvus pindalast.....	43

SISSEJUHATUS

Tee-ehituse riigihanke võitmine on üks väheseid võimalusi Eestis saada ettevõttel oma portfelli objekt mille ehitamine vältaks üle aasta. Sellise kestusega objektid on näiteks liiklussõlmed. Riigihankel konkureerimiseks on vaja koostada läbimõeldud soodne hinnapakumuse. Seetõttu kulutatakse ehitusobjekti eelarvestamiseks ja hinnapakumuse koostamiseks palju energiat ja raha. Üheltpoolt selleks, et välja töötada hind millega objekt võita, teisalt selleks, et mitte rahaliselt hävida võidetud objektil. Korrekse hinnakalkulatsiooni tulemusena ei teki ehitamise käigus töövõtja ja tellija vahelisi pingeid kus vaidlusaluseks on kas materjali klass või selle kokkuhoid.

Tihti on ettevõtetel välja töötatud ühikhinnad mis lihtsustavad eelarve koostamist. Asfalteerimisele on sellist ühikhinda keeruline välja töötada, sest objektid ja seal teostatavad tööd on väga erinevad. On ilmne, et sirge ja laia tee laotamiseks kulub vähem aega ruutmeetri kohta kui väikese kitsa kõrvaltee peale. Üldiselt lähtutakse eelarve koostamisel tootlikkusest. Objekt jagatakse osadeks ja igale osale nähakse ette teatud aeg selle teostamiseks. Ajaühikule, näiteks tööpäevale, arvestatakse välja kulu, milleks antud juhul on asfalteerimise meeskonna päevakulu. Objekti vältusaeg korrutatakse ühikhinnaga ja saadakse objekti kulu.

Lihtne on arvestada päevatootlikkust sirge tee puhul, kus laotamisel ei esine viivitusi. Tuleb lähtuda asfaldi tehase tootlikkusest, jagada normidega ettenähtud segukogus tootlikkusega ning tulemuseks on paigaldamisele kuluv aeg. Käesoleva uurimustöö ülesanne on seda etappi eelarve koostamise juures lihtsustada ja kiirendada. Eesmärgiks on välja töötada kordaja, millega saaks korrutada põhitee ruutmeetri hinna ja niimoodi saada kõrvalteede oma. Ehk teisisõnu: teada saada kui palju kulub rampide ja kõrvateede paigaldamiseks rohkem raha kui põhiteele.

Antud töös käsitletakse andmeid, mis pärinevad liiklussõlmede paigaldamisest. Liiklussõlm koosneb tavaliselt ühest või kahest sirgest teelõigust, mõnest rambist, paarist kogujateest ning üsna tihti ka ringteest. Just rambid ja kogujateed on need mis teevad liiklussõlme asfalteerimise eelarve kujundamise raskeks. Eelarve koostajad teavad, et rampide kulu tuleb ruutmeetri kohta suurem kui põhitee, aga tihti ei teata kui palju. Tavaliselt lahendatakse asi paigaldaja hinnangu alusel, kes ütleb kui kaua kokku objekti ehitatakse. Teinekord võib ajanappusel või sellise spetsialisti puudumisel arvutamine suhteliselt pealiskaudseks kujuneda. Selleks, et võimaldada kogu objekti paigaldamise

eelarvet koostada põhitee põhjal ongi selle töö lõpptulemuseks saadud kordaja. Ning kuna objekti siseselt on tingimused olnud võrdsed ja andmebaasid põhinevad otsestel kuludel, siis on selle töö tulemusena saadud kordajad tõesed.

Kõik algandmed on kogutud spetsiaalselt käesoleva töö tarvis võimaldades välja arvutada täpsed ruutmeetri kulud antud objektidel. Igal asfaldi paigaldamise päeval on täidetud asfalteerimise vahetuse aruanne (edaspidi AVA) kus on kirjeldatud töötsoon, paigaldatud ruutmeetrid ja kasutatud asfaltsegu kogus. Lisaks on täidetud päevaaruanne (edaspidi PA) kus on tabelisse kantud kõik kulutused mis asfalteerimisega seotud. Käesolevas töös kajastatakse kulukohtadest tööjõu kulu, paigaldusmasinate kulu ning veoautode kulu. Tööjõu kulu on tööliste palgakulu. Paigaldusmasinate kuluks on teerullide, laoturi, minikopplaaduri ja muude paigaldamiseks vajalike masinate tunnihinnad. Viimane kuluartikkel on asfaltsegu segu vedavad masinad. Tegemist on otsese, täpselt registreeritud kuluga mis on arvutatud kokkulepitud tunnihinna alusel.

Sellelaadne uurimustöö on Eestis teadaolevalt esmane. Seda kahel põhjusel. Esiteks on vajalikud andmemahud raskesti kättesaadavad kuna sisaldavad firmadele palju siseinfot. Teiseks on selleks tööks vajalikke suuri objekte vähe ning veel vähem ettevõtteid kes ehitaksid neid lühikese aja jooksul enam kui ühe.

Esimene osa tööst oli andmete kogumine. Kuna uurimustöö käsitletud Luige objekt teostati 2012. aastal siis võib ütelda, et andmete kogumine vältas kaks aastat.

Uurimustööl oli abiks Nordecon AS eelarvestaja Marek Mikson kelle teadmised ja kogemused antud vallas olid suureks abiks andmemahtude haldamise ja korraldamise juures.

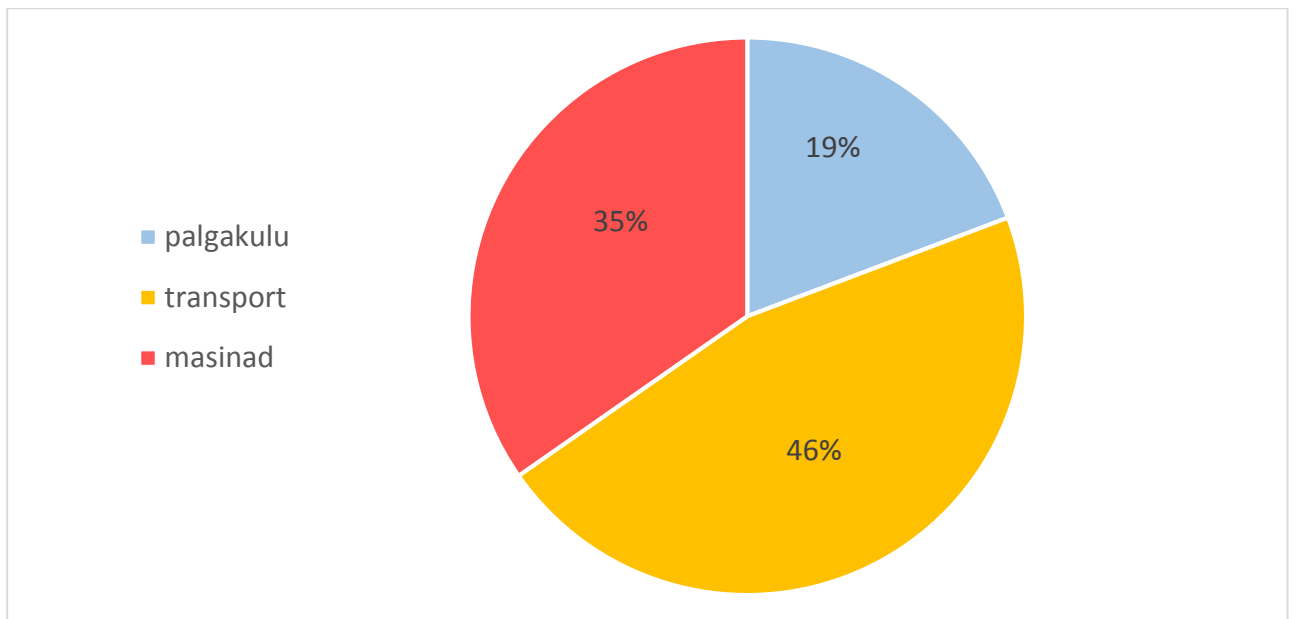
1. ASFALTSEGU PAIGALDAMISE KULUD

„Asfaltsegude all mõistetakse EVS 901-3 nõuetele vastavaid tihedaid, poorseid ja killustikmastiksfalt segusid ja mustsegusid ning asfalt- ja mustkatete all nendest valmistatud katteid, niivõrd, kuivõrd käesolevas juhises pole sätestatud teisiti“ [1].

Käesoleva uurimustöö algandmeteks on asfalteerimise vahetuse aruanded (AVA.-d) ja asfaldi paigaldamise päevaraportid (PA.-d). Mõlemad on koostatud antud töö autori poolt ning kuuluvad AS Nordeconi andmebaasi. Andmed on kulupõhised ehk omavad reaalselt kulukohta objekti eelarves ja on kontrollitud raamatupidamise tarkvaraga.

Töö eesmärgiks on leida kordaja, millega põhitee ruutmeetrikulu korrutades saaks kõrvaltee ruutmeetrikulu. Et tulemusel tekiks statistiline võrdlus hõlmab uurimustöö kahte objekti: Luige eritasandiline ristmik (Luige) ja Tartu Läänepoolse ümbersõidu 4. ehitusala (Tartu Lääne). Mõlema objekti puhul on eelarve koostamisel kasutatud tööjooniseid ja mahutabelit. Jooniste abiga on määratud erinevate teeosade orienteeruv aeg asfalteerimiseks. Kasutades mahutabelit ja eelnevalt määratletud ajalisi kulusid on saadud kogu objekti paigaldamise kestus. Objekti paigaldamise kestus on korrutatud asfalteerimismeeskonna tunnikuluga ning tulemuseks on objekti asfalteerimise kogukulu.

Asfalteerimismeeskonna tunnikulu sisaldab järgmisi kuluartikleid: paigaldusmasinate-, tööjõu- ning veoautode kulusid. Need kolm põhikulu määravadki suures osas asfaldi paigalduse kulu. Kaks esimest on ettevõtte sisesed kulud. Veoautode kulu on ettevõtte arvete kujul sissetulev kulu. Näitamaks, milline kululiik kui suure osa kogu-kulust moodustab on all oleval joonisel (vt Joonis 1) kululiikide summa välja toodud. Sada protsenti on joonisel mõlema objekti kogukulu kokku.



Joonis 1. Kuluartiklite osakaal protsentides

Kulusid analüüsid on võimalik näha, mis suunas liiguvad kulud erinevate tee geomeetria puhul. Antud töös ei arvestata asfaldi tootmise-, ega materjali kulusid. Materjali kulu on väga erinev ja nende lisamine andmemahtudesse lööks ülevaate segamini. Näiteks, kui põhitee AC 16 base segu koostatakse graniitkivist, aga kõrvaltee sama kihi asfaltsegu paekivist, siis on materjali hinnavahe märkimisväärne. Suur vahe tekib ka juhul kui paigaldada põhi- ja kõrvalteele erineva paksusega kihid. Kuna uurimisobjektiks on paigaldamiskulud on antud töös arvestatud ainult otseste, omavahel võrreldavaid kulusid.

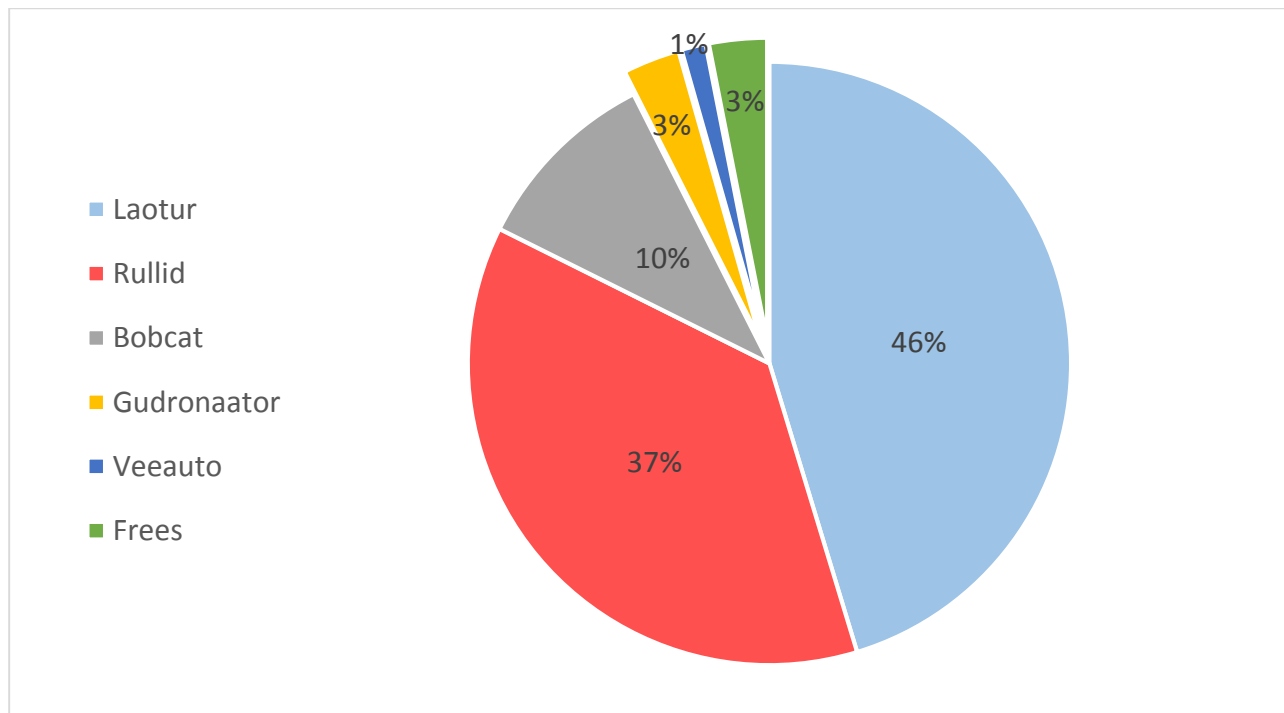
1.1 Paigaldustehnika kulu

Asfalteerimisel kasutatakse palju rasketehnikat, mis päev läbi töötades tagab suure kulukoha. Rasketehnikat omades on väga tähtis selle efektiivne kasutamine. Iga masinapargi kasutatud tund peab tagama ka võimalikult palju laotatud ruutmeetreid. Igale mehhanismile on välja arvutatud oma tunnihind, mis on kujunenud eelnevate aastate põhjal. Masina tunnihind sisaldab nii kütuse-, remondi-, kui ka amortisatsiooni ja liisingukulusid. Tegelikult ei ole antud töö raames oluline kuidas masina tunnikulu on tekkinud vaid, et need oleks kogu objekti ehituse vältel samas suuruses. Antud töö andmebaasides kasutame terve asfaldibrigaadi masinate kogukulu päevas (vt. Tabel 1). See kujuneb iga masina töötundide ja tunnihinna korrutisena. Tabeli viimasel real on ühe näitliku päeva masinate kogukulu kokku.

Tabel 1

Paigaldusmasinate päevane kulu			
Mehhanismid			
Mehhanism	Tunni hind €	Tunnid	Maksumus €
Laotur	46,86	12	562,32
Teerull (7t.)	22,11	9	198,99
Teerull (9t.)	34,28	10	342,80
Bobcat	12,71	3	38,13
Gudronaator	8,59	2	17,18
Veeauto	6,49	2	12,98
Teerull (11t.)	11,86	0	-
Teerull (4t.)	19,65		-
Kokku:			1 172,40

Tabelis (vt. Tabel 1) on näha, milline on masina kulu tunnis, kuid sellest ei selgu, milline masin toodab kõige suurema kulu objekti lõikes. Selleks, et näha, millise protsendi masinakuludest moodustab laotur, bobcat ja teised masinad, pandi tabelisse kõikide masinate päevade kulu. Tulemuseks saadi all olev joonis (vt. joonis 2). Jooniselt on näha, et kõige suurema kulu moodustab laotur 46 protsendiga. See on peaaegu sama palju kui kõik teised masinad kokku. Joonisel kujutatud paigaldus masinate kulude osakaal on koostatud kahe objekti kuludest kokku.



Joonis 2. Paigaldusmasinate kulude osakaal

Et täpselt mõista, milliseid masinaid ja kui palju neid asfalteerimisel kasutatakse, ning kuidas nende kasutamine mõjutab ruutmeetri hinda, on järgnevalt nende tööülesannetest ja tähtsusest põgus ülevaade antud.

1.1.1 Asfaldilaotur

Asfaldilaotur on laotamise juures kõige tähtsam masin. Tööpõhimõttelt toimib asfaldilaotur järgmiselt: segu kallutatakse kolusse, kust see liigub veolintide abil laoturi tagaossa, valgub sealt ettevalmistatud alusele ning seejärel siluvad tasandusplaadid asfaltsegu siledaks. Silumisplaatide üks osa on nende küljes olevad noad ja tamperid. Nende abil tihendab laotur asfaldi. Laotur eel- tihendab asfaldi 70-90% ulatuses olenevalt segumargist ja laoturist. Lisaks on silumisplaatidel soojendussüsteem, mis ei luba asfaldil maha jahtuda. Töö käigus on silumisplaatide temperatuur vastavuses asfaldi temperatuuriga.

Nii Luige kui Tartu Lääne asfalteerimine toimus ühe laoturiga. Laoturi mudeliks on Volvo ABG 7820. ABG laoturid on Eestis enimlevinud. Töö autorile teadaolevalt on antud laoturimark parima hinna ja kvaliteedi suhtega. ABG 7820 laotur võimaldab paigaldada paani laiussega 2,5 kuni 5,1 meetrit. Lisaks saab laoturile kinnitada laiendusplaadid, mis viivad maksimumlaiuse 7 meetrini. Asfaldilaotur peab olema piisavalt võimas, et lükata enda ees asfalti vedavat veoautot, segada- ja tihendada segu, ning soojendada plaate. Laotur ise kaalub ligi 15 tonni ja koormaga asfaldiauto üle 40 tonni. Selle vedamiseks on võimas 175 KW-e mootor, mis võtab palju kütust. See kajastub ka päevaraportis, kus laoturi tunnihinnaks on peaaegu 47 eurot tunnis moodustades peaaegu poole kogu masinate kulust.

Lisaks on laoturil peal väga palju elektroonikat. Peab olema kõrgust kontrolliv automaatikasüsteem. See töötab infrapuna sensoritel, mis mõõdavad maapinna kõrgusi ja arvestavad sellest lähtudes uue katte kõrgused. Masin peab olema varustatud veel anduritega, mis jagavad asfaltsegu optimaalse koguse silumisplaadi ette.



Foto 1. Asfaldilaotur Volvo ABG P7820C [5]

Antud uurimustöö raames on väga tähtis, kas laotur laotab tunnis 800 m² või 500 m² asfaltteed. Parematel tööpäevadel paigaldab üks brigaad ligi 10 tuhat ruutmeetrit asfaltteed ning vaadates näidet võib näha, et (vt. Tabel 2) ainuüksi laoturi kuludest oleks erineva efektiivsusega päevade vahe 350 eurot. Selline hinnavahe on reaalne kui võrrelda paigaldamist kitsale rambile või nõ peateele.

Rambile paigaldades on laotamislaius ehk paan sageli kolm meetrit. Põhiteel seevastu neli kuni viis meetrit. Kuna laotamine toimub püsivalt üsna samal kiirusel, ligikaudu neli meetrit minutis, siis laotamislaius on määrava tähtsusega.

Tabel 2

Laoturi töö efektiivsuse näide

Laoturi tunnihind €	tööaeg h	laotatud pindala m ²	ruutmeetri maksumus €	10000 m ² maksumus €
46,86	1	800	0,06	585,75
46,86	1	500	0,09	937,20

1.1.2 Asfaldi rullid

Asfaldirullid tihendavad laotatud asfalti kuniks see on saavutanud vajaliku tiheduse ja selle pinnale ei jää rullivaltside jälgi. Asfaldirullide koosseis määratakse vastavalt laotamiskiirusele ja mahule.

Kui laotamine toimub peateel on asfaldi tiheduse tagamiseks vajalik vähemalt kolme rulli rakendamine. Rampidel seevastu kasutatakse tavaliselt kahte rulli. Sellega on antud töö kontekstis rullide kulukoht ainukene mis töötab statistikale vastu, kuid tõe huvides seda siiski välja ei jäetud. Tartu Lääne ja Luige objektidel moodustasid rullid masinate kogukulust 37 protsenti. Rullide järjekord paanil seatakse vastavalt raskusele. Laoturi poolt vaadates esimene rull on seitsme tonnine, teine üheksa-, ning kolmas 11 tonnine. Tähtis ei ole valiku juures massi suurus vaid nende järjekord. Kui rullid paigutada vastupidises massijärjestuses tekiks asfaldisse praod, sest liiga raske rull hakkab kuuma, tahkumata segu valtsi ees lükkama ja selline liikumine paanil põhjustab praod.



Foto 2. Kaks asfaldi rulli tihendamas asfaltsegust kulumiskihti [4]

1.1.3 Gudronaator

Gudronaator paigaldab vahetult laoturi ees alumisele kihile bituumenemulsiooni. Gudronaator võtab objektile olevast mahutist emulsiooni, kütab selle soojaks ja pihustab alumisele pinnale kuhu peale paigaldatakse asfaltsegu. Emulsiooni paigaldamine käib kindla kulunormi järgi ja see objekti siseselt tavaliselt ei muutu. Üldlevinuks emulsiooni kruntimise normiks on 0,2 kg ruutmeetrile. Kuna kruntimise norm ei muutu objekti siseselt, siis gudronaatori kulu tee geometriast ei sõltu. AS Nordeconis kasutusel olevad Savalco gudronaatorid on spetsiaalselt asfalteerimiseks ehitatud. Mõned ettevõtted kasutavad seevastu ümber-ehitatud pindamismasinaid.

1.1.4 Minikopplaadur

Minikopplaadurina kasutatakse antud objektidel Bobcat S-175. Bobcat S175 mudel on nelja rattaga, kahe meetri kõrgune, kahe ja poole meetri pikkune ilma liigendita laadur. Ees on tal pooleteise meetri laiune kopp millega suudab tõsta pool tonni kolme meetri kõrgusele.



Foto 3. Minikopplaadur Bobcat [7]

Bobcatil on asfalteerimise juures palju erinevad ülesandeid. Tähtsamad nendest on alumise pinna ja vuugi puhastamine, otsade freesimine, laotamispaaani lõppudest järjelejäanud segu kokku korjamine. Puhastamine ja harjamine on ühetaoline pea-, kõrvalteel. Paani alustamise otsadel tuleb rohkem tööd rampidel kuna seal on algusvuuke ruutmeetri kohta rohkem. Peateel on tavaliselt päevas üks algusvuuk, lühikesel rambil võib neid olla mitu, eriti kui paigaldatakse päevas mitmele rambile. Samal põhjusel on rohkem tööd rampidel paanide lõppude üleskorjamil. Bobcat peab olema alati laoturi vahetusläheduses, igaks juhaks, olukorras kus auto kallutab koorma laoturi ette või nupumehel läheb midagi viltu, aitab laadur asfaltsegu üles korjata. Eelpool nimetatud põhjustel on bobcati kulu ruutmeetri kohta suurem kõrvalteel kui peateel.

1.1.5 Veeauto

Asfaldi rullimine ei saaks toimuda kui rullidel ei oleks vett mida valtsidele pihustada. Iga rull võib pikal päeval kulutada poolteist tonni vett. Seega kui paanil on kolm rulli peab veeauto kohale vedama kuni 5 tonni vett. Olenevalt autost mahutab paak umbes 6 tonni. Kuna tavapärane protseduur on hommikul veepaak täis võtta siis tegelikult puudub seos veeauto kulul ja katte geomeetrial. Erandjuhtudeks on väga pikad päevad mil paakauto saab tühjaks ja peab paagi teistkordselt täitma, või teisel juhul kui asfalteeritavat pinda on vaja harjata. Harjamiseks

kasutatakse veeautot koos veega. Käesoleva uurimustöö asfalteeritavad pinnad olid puhtad ja harjamist ei esinenud.

1.2 Asfaltsegu vedavad autod

Asfaltsegu vedavad autod peavad olema ümardatud kastipõhjadega, et vähendada asfaltsegude segregeerumist. Segu vedav autokast peab olema koormakattega kaetud. Ennem uue koorma saamist tuleb kast puhastada eelmise koorma jääkidest. Kastpõhja ei tohi määrada bituumenit lõhustava ainega. Sellised on asfaldiveo põhitingimused.

Asfaldi vedu on paigaldamise juures kõige kallim osa (vt. Joonis 1), moodustades paigaldamise kogukuludest peaaegu pool. Tartu Lääne ja Luige objekti ehitusel kasutati asfaldiveo masinaid tunnitöö alusel. See tähendab, et ükskõik kui palju auto ka ei vedanud kulu käib tundide alusel. Tartu Lääne objektile oli asfaltbetoontehas (edaspidi tehase) objektist 3 km kaugusel, Luigel 18 km kaugusel. Järgnevalt tuuakse näide Tartust kus kasutati peatee asfalteerimisel 6 autot ja rampidel 4-5 autot (vt Tabel 3). Olgu sirgel teel 6 autot keskmise tunnihinnaga 30 eurot ja rambil 5 autot keskmine tunnihinnaga 30 eurot. Kogukulu autodele tunnis tuleb esimesel juhul 180 eurot ja teisel juhul 150 eurot. Kümne tunnise tööpäeva puhul tuleb nende vahe 300 eurot mis juba tähendaks, et rambi asfalteerimine on igati odavam. Kuid kuna sirgel teel paigaldatakse 1500 ruutmeetrit rohkem segu siis ruutmeetri hind tuleb antud näite korral võrdne (vt Tabel 3).

Tabel 3

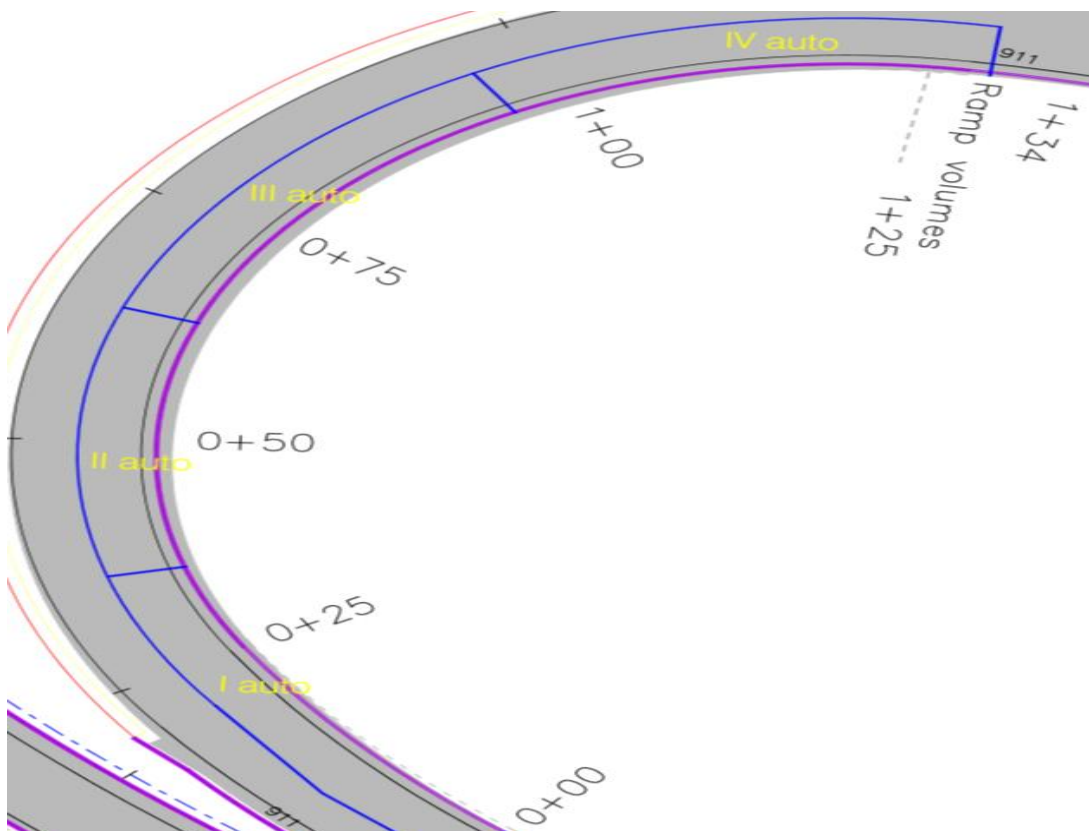
Näide veoautode kulu kujunemisest põhi- ja kõrvalteel

	Masinate tunnihind €	tööaeg h	laotatud pindala m ²	ruutmeetri maksumus €
6 autot põhiteel	180	10	8500	0,021
5 autot rambil	150	10	7000	0,021

Veoautode tunnihind on kallis ning seega on tähtis kalkuleerida kui palju neid tellida. Kui tellitakse liiga palju autosid siis nad ootavad laoturi ees ja tekitavad liigse kulu. Liiga väheste autode puhul jääb tehase laotamise järele ootama ja kui tehase ennast korra seisma jätab siis käivitamine ja uuesti kuumutamine võtab aega ning sellisel juhul hakkavad autod tehases ootama. Jällegi liigne kulu.

Seda, et tehase peab ootama laotamise järgi juhtub just rampidel. Näiteks on töös 4 autot. Tehase toodab neile segu koormad peale umbes 45 minutiga. Selleks ajaks kui esimene auto jõuab laoturini ja saab oma koorma maha on tehase juba seiskunud. Samas viis autot oleks olnud liiga palju, sest rambi üks paan on oma mahult täpselt 4 autot (vt joonis 3). Jooniselt on iga auto koormast laotatav

pindala piiratud siniste joontega. Joonisel kulub ühe rambipoolse asfalteerimiseks täpselt neli autot. Kui üks paan valmis, tõstab laotur plaadid üles ja kolib algusesse tagasi, misjärel alustab uue paaniga. Kolimise ajal saab teha autodele uuesti koormad peale laadida.



Joonis 3. Näide asfaldikoormate jagunemisest rambile [4]

1.3 Tööjõu maksumus

Asfalteerimismeeskonnas on antud objektidel olnud kümme töolist. Tööliste arv püsib sama, hoolimata kas laotatakse rambi, kõrval-, või peateed. Tööliste kulu ruutmeetrile on otseses seoses laotamiseks kulutatava ajaga.

Tööjõud on ka üks põhjusi miks laotamine rambil võtab rohkem aega kui põhiteel. Nimelt on seal teha rohkem ettevalmistusi. Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise punkt 2.4.17 ütleb: „Kulumiskihi pikivuuk tuleb paigutada sõiduradade eraldusjoonele, vähendamaks vuugile tulevat liikluskoormust“ [1]. Seepärast peab rambil vuugi väga täpselt paigutama. Üks võimalusi vuugi täpselt paigutamiseks on mõõta vahekaugused ja tõmmata nööri ja joon õigele kohale ning seejärel nöörijoon markeerida. Sirgel teel on laoturil paika pandud laius ja vuugikohale tehakse aegajalt kontrollivaid mõõtmisi. Rambil on laius varieeruv ja seega on vuugi mahamärkimine vältimatu.

2. LIIKLUSSÕLME TEEDE JAOTUS

Liiklussõlm on sama- või eritasandiline keeruline ristmik. Antud töös käsitletakse ainult eritasandilisi ristmikuid. Mõlemad liiklussõlmed on tinglikult jaotatud kaheks: peatee ja kõrvalteed. Luige liiklussõlm on jagatud kaheks selliselt, et Tallinna ringtee T11 (vt Joonis 6) on peatee ja kõik ülejäänud on kõrvalteed. Joonisel kulgeb peatee alt vasakust servast diagonaalis ülesse paremale ja kõrvaltee alt ülesse, risti peateega. Pindala poolest võiks Luige ristmiku peateeks lugeda ka viljandi maantee (T15) kuid nagu jooniselt näha siis asub sellel teel kaks ringristmikku. Ringristmik lisab paigaldamisele keerukust, ajakulu mistõttu ongi viljandi maantee selles töös kõrvalteeks nimetatud. Asjaolu, et viljandi maantee sai asfalteeritud liikluse all suurendab ruutmeetrikulu.



Foto 4. Luige liiklussõlm [6]

2.1 Peatee

Peatee on liiklussõlme kõige sirgem ja suurima pindalaga osa. Mahukam ruutmeetrite poolest. Peatee laius on kogu tee pikkuses samasugune, välja arvatud objekti algus ja lõpp mis tehakse kitsamad et vana teega kokku viia. Töös käsitletud peateed on mõlemas suunas kahe sõidurajaga. Peatee laius on muutumatu, seega on laotamisprotsess kiire. Ei ole vaja teha täiendavaid mõõtmisi, laius pannakse paani alguses paika ja sellega sõidetakse paani lõpuni.

Peateel on asfaldi vedavate autode ettetagurdamine kergem võrreldes rampidega. Peateel on kõige õigem tööviis selline, et kui üks auto kallutab oma koorma laoturisse on teine auto tema ees juba valmis tagurdama. Autod peavad laoturi ette jõudma selliselt, et laoturi tööriitm, kiirus ei saaks häiritud. „Laotatakse ühtlase tempoga, reguleerides seguri ja laoturi jõudlust nii, et laotamisel ja segu tootmisel ei tekiks seisakuid“ [1]. Seevastu rambil on seisakud sagedased. Rambid raadius on tihti nii väike, et vähemkogenud autojuht ei suuda ennast õigesti laoturi ette ajada ja segu hakkab laoturi servadest maha pudenema. Kui asfaltsegu laoturi ette maha pudeneb peab selle sealt kiirest eemaldama sest kui laoturi roomik sõidab segupätsi peale tuleb laotatud teele muhk. Selliste ebataasuste vältimiseks on laoturi töörežiimil kolu kõrval tööline kes jälgib asfaltsegu valamist laoturi kolusse ja juhul kui masinalt hakkab asfaltsegu kolu asemel maha pudenema lastakse autol eest ära sõita ja uuesti tagurdada. Auto peab olema sirgelt laoturi ees.

2.2 Kõrvalteed

Kõrvalteedeks nimetatakse antud töös peateest väiksema pindalaga, mõlemas suunas ühe sõidurajalist maanteed ning rampe mis ühendavad peateed ja kõrvalteed. Kõrvalteedele asfaltsegu paigaldamine on aeganõudvam ja keerulisem. Kõrvaltee võib-olla piisavalt kitsas, et laotamislaius tuleb valida kogu tee laiune mis tähendab, et asfaltsegu vedavad autod ei saa laoturi ette järjest (nad ei saa üksteisest mööda) ja seetõttu peab laotur vahepeal seisma jääma. Käesolevas töös kõrvalteid eelpool kirjeldatud viisil asfalteeritud ei ole, teisisõnu on kõik kõrvalteed laotatud kahe paaniga.



Foto 5. Tartu Lääne objekt [3]

3. TARTU LÄÄNEPOOLSE ÜMBERSÕIDU 4. EHITUSALA

Tartu Läänepoolse ümbersõidu 4 ehitusala (edaspidi Tartu Lääne) objekt asub Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee (E263) 187,35-189,12 kilomeetritel. Ehitus objekt algab Tartu külje all asuvast Variku viaduktist ja lõpeb Lemmatsi ristmikuga Ülenurme vallas. Projekti eesmärgiks oli ehitada kaasaegne ja ohutu nelja rajaline maantee koos sellega kaasnevate koguja- ning kergliiklusteedega. Tööde käigus ehitati välja postimaja liiklussõlm mis võimaldab turvalist ja kiiret ligipääsu Tartusse Lõuna-Eestist tulijatele. Sama liiklussõlm on ühenduslülili vastrajatud idaringteega, ringtee tänavaga. Liiklussõlm on oluline ka liiklusohutuse seisukohalt kuna ehituse käigus eemaldati täielikult seal asunud Tõrvandi raudteeülesõidukoht.

Tartu Lääne asfalteerimist alustati 2012 aasta sügisel ja lõpetati 2013 aasta sügisel. Tegelikult vältasid asfalteerimistööd natuke üle kolme kuu, kuid liikluse all olevate objektide asfalteerimine ilma pausideta on võimatu ja nii vältasid tööd tegelikkuses väikeste vahedega aasta.

Objekti kattekihid koosnevad kahest asfaltbetoonsegi kihist, killustikmastiks asfaltsegi kihist ja alumisest mustkillustik kihist mida paigaldatakse samuti laoturiga. Nii rampidel kui põhiteel on katte konstruktsioon samasugune.

- MUK 12-32 (h-7cm)
- AC 16 Base (h-5cm)
- AC 16 Bin (h-4cm)
- SMA 12 (h-4cm)

Kattekihtide paksus kokku 20 sentimeetrit.

Mustkillustik (MUK) on sundsegamisega segistis fraktsioneeritud jämetäitematerjali ja orgaanilise sideaine segamisel saadav materjal.

„Asfaltsegude AC (Asphalt Concrete) bin ja AC base skelett koostatakse jämetäitematerjalist, tardkivimi- või kruusasõelmetest, looduslikust liivast ja vajadusel lubjakivifillerist“ [1].

„Killustikmastiks asfaltsegi (edaspidi SMA – stone mastic asphalt) skelett koostatakse jämetäitematerjalist, milline rahuldab GC90/15, C100/0, LA15, AN10 või AN7 ja FI15 kategooriate nõudeid, tardkivimi purustamisel tekkivast peentäitematerjalist ja lubjakivifillerist“ [1].



Joonis 4. Tartu Lääne pea- ja kõrvaltee [4]

3.1 Andmemahud

Tartu Lääne objektil oli paigalduspäevi kokku 80. Sellest andmemahust eemaldati päevad mil paigaldati mõlemale teekategooriale, sest sellisel juhul ei ole päris kindel kustkohast tõmmata piir kulude jagamise osas. Tartu Lääne objekt ei koosnenud ainult peateest ja neljast rambist kuid kuna antud töös ei ole kasutatud andmeid teiste teede ehitamise kulude kohta siis ei ole neid ka mainitud. Eelpool nimetatud 80 päeva on paigalduse päevad peateel ja rampidel. Nende seast on eemaldatud statistiliselt mittekõlbulikud päevad. Pärast selekteerimist jäi andmete töötlemiseks 68 laotamispäeva, sellest 29 põhiteel ja 39 rampidel. Tulemuse täpsuse huvides on välja praagitud kolm kõige väiksema ja suurema ruutmeetrihinnaga päeva mõlemast kategooriast. Järelejäanud 62 päeval paigaldati kokku 142 tuhat ruutmeetri ulatuses asfaldi. Selline pindala vastaks 35,6 kilomeetrile 4 meetri laiusele teele. Andmete statistiliseks võrdsuseks on jälgitud, et iga kihi laotatud ruutmeetrite arv oleks samas suurusjärgus. Tartu Läänes on neli kattekihti, seega oleks ideaalne, kui iga kihi andmemahud moodustaksid 25 protsenti kogu andmemahust. Tabelist nr. 4 on näha erinevate kihtide osakaalud mis on jaotatud suhteliselt võrdselt, vahemikus 20-30 protsenti. Tehtud on ka arvutus kus osakaalu protsent sisse arvestatud kuid tulemus ei muutu sellisel juhul märkimisväärselt.

Tabel 4

Erinevate segumarkide pindalade osakaal

Segu mark	Põhitee pindala m ²	Põhitee pindala osakaal %	Kõrvalteede pindala m ²	Kõrvalteede pindala osakaal %
MUK 12-32	17 611	21	14 505	25
AC 16 Base	21 794	26	14 499	25
AC 16 Bin	20 054	24	14 475	25
SMA12	25 095	30	14 491	25

Ruutmeetrid ja segumark on pärit objekti asfalteerimise vahetuse aruannetest mis said ehituse ajal esitatud maanteeametile. Kulukohad on pärit Nordecon AS.-ile koostatud päevaraportitest. Andmete hõlpsamaks töötlemiseks ja analüüsimiseks on need sisestatud Exceli tabelisse (vt tabel 5). Iga laotamispäeva ja segumargi kohta on üks rida, millele vastab sellel päeval paigaldatud segumargi laotamispiindala. Samale reale on paigutatud ka selle päeva laotamiseks tehtud kulutused eraldi kuluartiklitenä. Viimasena mainitud kolm kulukohta; palga-, transpordi- ja masinate kulu liidab kokku veerg kulu kokku. Viimasel veerul, ruutmeeri kulu, on kulud kokku jagatud ruutmeetritega. Saadud jagatis on iga paigalduspäeva individuaalne ruutmeetrihind.

Tabel 5

Väljavõte andmemahtudest

Kuupäev	Segu mark	Asu- koht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind €/m ²
3.juuni	MUK 12-32	T2	4 248	834	1 346	1 420	3 600	0,85
4.juuni	MUK 12-32	T2	4 762	686	1 195	1 215	3 096	0,65
5.juuni	AC 16 Base	T2	4 481	812	1 013	1 183	3 008	0,67
6.juuni	AC 16 Base	T2	4 481	746	1 145	1 134	3 025	0,68
7.juuni	AC 16 Bin	T2	6 778	824	1 357	1 197	3 378	0,50

3.2 Peatee

Peateeks on antud töös nimetatud Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee T2. Kõikidest T2 tabeliridadest on kustutatud kolm suurima ruutmeetri- ja kolm vähima ruutmeetrihinnaga rida. Andmete arvutamiseks jäi eelpool mainitud selekteerimisel järele 23 päeva (vt Lisa 3). Edaspidi kasutatakse mõiste „kõik“ all nende 23 päeva andmeid. Tartu Lääne paigalduse andmemahtude kogupindala on 84 tuhat ruutmeetrit. Kogukulu peateele on 48 tuhat eurot. Jagades kogukulu ruutmeetritega saame ruutmeetri hinnaks põhiteel 0,57 eurot.

Tabel 6

Tartu Lääne peatee andmemahud koond

Segu mark	Pindala m ²	Kulu €	Kulu ruutmeetrile €/m ²
MUK 12-32	17 611	11 566	0,66
AC 16 Base	21 794	12 644	0,58
AC 16 Bin	20 054	14 000	0,70
SMA 12	25 095	10 259	0,41
KOKKU:	84 553 m ²	48 469 €	0,57 €/m ²

3.3 Kõrvalteed

Kõrvalteedeks on Tartu Lääne objektis nimetatud neli rampi. Kaks nendest on kogu pikkuses ühesuguse laiusega ja kahel muutub laius pidevalt. Kõik neli rampi saavad kokku ringtee tänaval (vt. Joonis 4) kus nad moodustavad uue neljarealise tee. Iga sõidurada on eraldatud ohutussaare ja äärekividega. Nende nelja rambi asfalteerimiseks kulus 45 tööpäeva. Nende päevade kohta sisestati tabelisse samalaadsed andmed, nagu peatee puhul. Statistilise õigsuse huvides praagiti välja kolm kõige suurema- ja kolm kõige väiksema ruutmeetrihinnaga päeva ja nii jäi andmemahtudesse alles 39 päeva statistika (vt Lisa 4). Nende 39 päevaga asfalteeriti ca 58 tuhat ruutmeetrit teid ja kogukulu tuli ca 38 tuhat eurot. Neljakihilisele katele ruutmeetri kulu seega 0,66 eurot.

Tabel 7

Tartu Lääne kõrvalteed

Segu mark	Pindala m ²	Kulu €	Kulu ruutmeetrile €/m ²
MUK 12-32	14 505	11 770	0,81
AC 16 Base	14 499	9 665	0,67
AC 16 Bin	14 475	10 420	0,72
SMA12	14 491	6 309	0,44
KOKKU:	57 970	38 165	0,66

3.4 Kokkuvõte

Käesolevas töös sai kasutatud 62 päeva laotamisstatistikat, sellest 23 päeva põhiteel ja 39 päeva kõrvalteel. Põhiteel paigaldati 23 päevaga ca 85 tuhat ruutmeetrit kui kõrvalteedel 39 päevaga ainult 56 tuhat. Võrreldes keskmist päevapaigaldust siis peateel on see 3700 ruutmeetrit ja kõrvalteedel ca 1400. Keskmise päevane ruutmeetrite paigaldus näitab, et peateel on paigaldatase keskmiselt üle kahe korra rohkem ruutmeetreid kui kõrvalteedel.

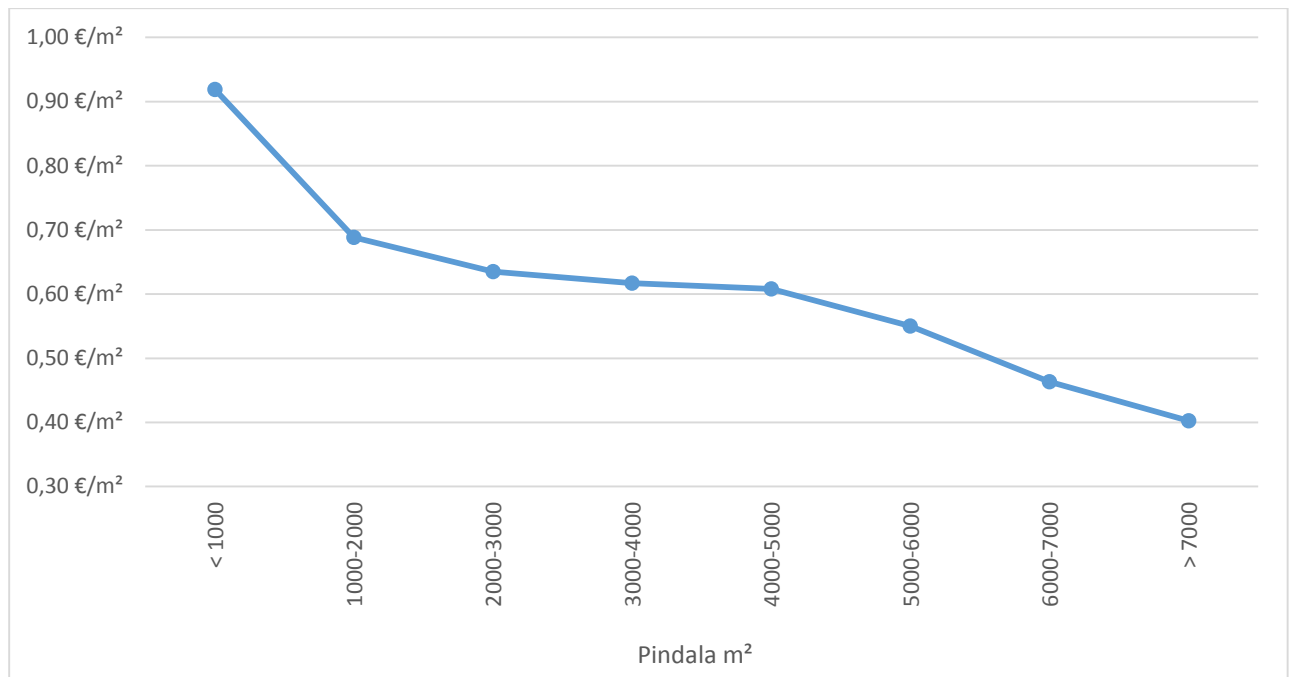
Uurimustöö lõppeesmärgina püstitatud kulu ruutmeetrile on antud juhul suurem kõrvalteel ja seda peateest 0,09 euro võrra. Kõrvaltee keskmine ruutmeetri kulu on peatee omast 1,15 korda kallim.

Tabel 8

Tartu Lääne kokkuvõte

Segu mark	Pindala m ²	Laotamise päevad	Keskmine pindala päevas m ²	Kulu kokku €	Kulu ruutmeetrile €/m ²	Kordaja
Peatee	84 553	23	3 676	48 469	0,57	0
Kõrvaltee	57 970	39	1 486	38 165	0,66	1,15

Nagu tabelist 8 näha on peatee päevane laotamispindala kõrvaltee omast üle kahe korra suurem. Kui kulud ja nõ tulud liiguksid võrdeliselt, siis peaksid olema ka kulud kaks korda suuremad. Järgnevalt võetakse vaatluse alla Tartu Lääne objekti ruutmeetri paigalduse kulu võrrelduna päevase paigaldatud pindalaga. Kui senises võrdluses olid andmemahud jaotatud kaheks, põhitee ja kõrvaltee siis pindala põhises võrdluses on jagatud andmemahud pindala järgi. Kõik objekti laotamispäevad on pandud kokku ühte tabelisse ja jaotatud päevad vastavalt laotatud pindalade järgi lahtritesse. Esimesse lahtrisse on paigutatud päevakulud pindalaga alla tuhande ruutmeetri, teise lahtrisse pindalaga üle tuhande kuni kahe tuhandeni ja niimoodi tuhandeliste sammudega kuni seitsme tuhandeni. Kõik päevad mil laotati üle seitsme tuhande ruutmeetri läksid viimasesse lahtrisse. Saadud uue tabeli põhjal tekkis all olev joongraafik (vt joonis 5). Joonise horisontaalteljeks on laotamispindala päevas ja vertikaalteljeks paigalduskulu ruutmeetrile.



Joonis 5. Tartu Lääne ruutmeetri kulu sõltuvus paigaldatud ruutmeetritest

Ruutmeetri kulu sõltuvus paigaldatud pindalast on ilmne (vt. joonis 5). Alates kuue tuhande ruutmeetrisest päevasest laotamispindalast tuleb kulu ruutmeetrile kaks korda väiksem kui alla tuhande ruutmeetri paigaldamisega päevadest.

4. LUIGE LIIKLUSSÕLM

„Luige liiklussõlmes lõikuvad kaks maanteed, Tallinna ringtee (T11) ja Tallinn-Rapla-Türi maantee (T15). Esialgselt oli maanteede ristumine lahendatud kahe foorjuhitava ristmikuga ja liiklussõlmes esines tiptundidel suuri ummikuid ning arvukalt liiklusohutlikke olukordi“ [2, 3].

7. septembril 2011 allkirjastati Maanteeameti ja ühispakkujate Nordecon ja Järva Teed esindajate vahel Luige eritasandilise ristmiku ehitusleping, mis läheb maksma 11 766 288 eurot. Tööd alustati veel 2011 aasta sügisel. Esimene asfalteerimine toimus 2012 aasta mais.

„Ehitustööd hõlmasid Tallinna ringtee km 17,3 kuni 20,1 ja Tallinn-Rapla-Türi maantee km 8,3 kuni 9,7. Tallinna ringtee ligi 3 kilomeetrine lõik ehitati I klassi maantee nõuetele vastavaks neljarajaliseks (2+2) eraldusribaga maanteeks. Ristumine Tallinn- Rapla-Türi maanteega lahendati viadukti rajamisega üle Tallinna ringtee [2]“.

Tallinn-Rapla-Türi maantee kattekihtideks on:

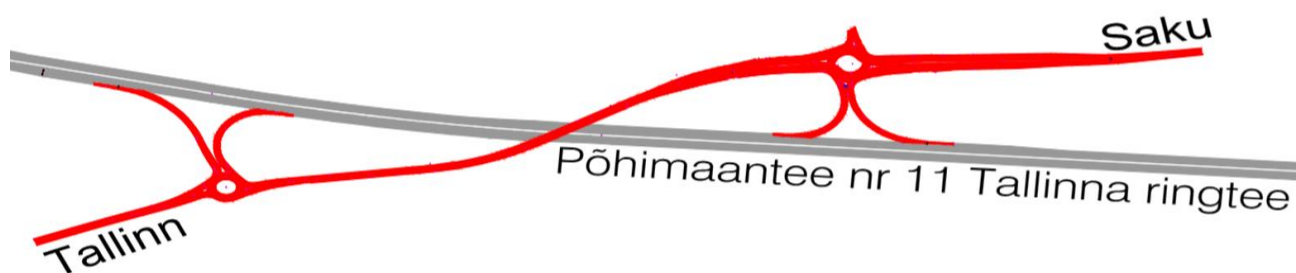
- AC 16 Base (h-5cm)
- AC 12 Surf (h-4cm)

Tallinna ringtee, maantee nr 11, kate konstruktsioon koosneb kahest asfaltbetoon kihist, alumisest MUK kihist ja Killustikmastiks kulumiskihist.

- MUK 12-32 (h-6cm)
- AC 16 Base (h-4cm)
- AC 16 Bin (h-4cm)
- SMA16 (h-4cm)

Luige liiklussõlme peateeks on valitud Tallinna ringtee ja kõrvalteeks on Tallinn-Rapla-Türi maantee koos rampidega peateele. Jagamist põhitee ja kõrvaltee vahel iseloomustab Luige objekti puhul kõige paremini Joonis 6. Luige ristmikul oli veel mitu koguja teed ja kerg-liiklus teed, kuid neid andmetabelistesse ei lisatud.

Luige objektile sai segavaks faktoriks liiklus. T11.-l toimus paigaldamine vastavalt tootlikkusele ja asfaldimeeskonna võimekusele, kuid T15.-l sai päevasele toodangule määravaks toimuva liikluse tõttu piiratud tööfront. Tööfronti piirangute tõttu sai paigaldada vähem ruutmeetrid kui olnuks võimekus ja seega tuli ruutmeetri kulu kallim kui ta tulnuks ilma piiranguta.



Joonis 6. Luige objekti pea- ja kõrvaltee. Peatee tähistatud halliga, kõrvaltee punase värvusega

4.1 Andmemahud

Asfalteerimine toimus väikeste vahedega 2012 aasta maist, kuni oktoobrini kokku 88 päeva. Luige objekt asub vahetus läheduses elumajadele ja seega tuli ehitada palju juurepääsu- ja kõnniteid. Antud töö kontekstis on nende päevade statistika ebavajalik. Eemaldatud said kõik päevad mil asfaldi paigaldati mujale kui peateele ja Tallinn-Rapla-Türi maanteele, ning neljale rambile. Kokku oli eemaldatud päevi 13. Lisaks sai eemaldatud päevad mil paigaldati mõlemale teeosale, nii kõrval- kui peateele. Peale sellist selekteerimist jäi andmetabelisse 70 laotamispäeva. Statistilise töö huvides kustutati omakorda mõlemast teekategooriast kolm väikseima ja kolm suurima ruutmeetrihinnaga päeva. Nii jäi Luige objekti andmete töötlemiseks kokku 58 laotamispäeva (vt Lisa 5, Lisa 6) millest 17 kuuluvad kõrvalteedele ja 41 põhiteele. Kokku paigaldati nende 58 päeva jooksul 245 tuhat ruutmeetrit asfaldi. See pindala vastaks näiteks nelja meetri laiuse tee puhul 61,4 kilomeetrile.

4.2 Peatee

Peatee, nagu eelpool mainitud, on Luige objektil Tallinna ringtee T11. Kogu objekti ulatuses on ehitatud kaks sõidusuunda kahe sõidurajaga. Erandiks ainult objekti otste kokku viimine olemasoleva teega kus paarisaja meetriga viidi kaks sõidurada üheks. Tänu sellele, et ehitati kaks sõidusuunda sai asfalteerimine toimuda liikluskorraldusvabalt territooriumil. Nagu tabelist (vt. Tabel 9) näha, siis erinevate kihtide pindalade osakaal jääb vahemikku 21-28 protsenti. Sellega on tagatud, et ühegi kattekihi andmed ei hakka domineerima. Peateele paigaldatud 41 päeval laotati kokku 205 tuhat ruutmeetrit mis teeb päevaseks laotamiskeskmiseks viis tuhat ruutmeetrit.

Tabel 9

Luige ristmiku peatee andmemahud

Segu mark	Pindala m ²	Kulu €	Kulu ruutmeetritele €/m ²	Pindala osakaal %
MUK 12-32	54 804	46 998	0,86	27
AC 16 Base	43 424	29 645	0,68	21
AC 16 Bin	49 998	28 489	0,57	24
SMA 16	56 926	31 683	0,56	28
KOKKU:	205 153	136 815	0,67	100

4.3 Kõrvalteed

Luige objektile on kõrvalteedeks valitud Tallinn-Rapla-Türi maantee ja neli rampi. Luige liiklussõlmes on tegelikult palju kõrvalteid. Valikut kõrvalteede osas aitas teha asjaolu, et väiksemad teed on projekteeritud ühekihilisena. Et tekiks võrdlusmoment ühekihilise katte puhul, eeldaks see topelt mahtu. Seega sai valitud T15 ja selle ringteid teenindavad rambid mis olid projekteeritud ja asfalteeritud kahekihilisena. Peale väljapraakimist jäi andmemahtudesse nende kõrvalteede asfalteerimise andmeid 17 päeva, sellest 8 rampidele ja 9 viljandi maanteele. Nende päevade jooksul paigaldati üle 40 tuhande ruutmeetri asfaldi. See teeb päevas keskmiselt 2350 ruutmeetrit. See on põhitee päevasest keskmisest üle kahe korra väiksem.

Tabel 10

Luige ristmiku kõrvalteede andmemahud koond

Segu mark	Pindala m ²	Kulu €	Kulu ruutmeetritele €/m ²	Pindala osakaal %
AC 16 Base	20 599	17 862	0,87	51
AC 12 Surf	19 729	19 383	0,98	49

Tabelist (vt. Tabel 10) on näha, et alumise asfaldikihi paigaldamise ruutmeetrikulu on väiksem kui pealmise oma. See on käesolevas töös ainuke selline juhus ja pigem on see erand kui reegel. Hea tava kohane on see, et kulumiskihile üritatakse jätta võimalikult minimaalne arv vuuke, seega peab paigaldama päevas maksimaalselt palju ruutmeetrid. Paraku sai viljandi maantee paigaldatud liikluse all ja seetõttu jäid päevased paigaldusmahud ebareeglipäraselt väikesteks.

Teine põhjus miks pealne kulumiskih peaks paigaldatama odavamalt on kihi paksus. Mida paksem kiht seda väiksema pindala saab ühe autokoormaga paigaldada. Kuna laoturi kiirus paigaldamisel on ühesugune siis rohkema segukulu korral on laoturi kulu ruutmeetritele suurem. Samamoodi on suurem ka segutranspordile kuluv summa.

4.4 Kokkuvõte

Luige ristmiku asfalteerimisel oleme võrdluse aluseks võtnud põhitee neljakihilise katendi paigaldamise ja kõrvaltee kahekihilise andmed. Kuna selline võrdlus ei ole täiesti kohane siis tehakse allpool võrdlus ka ainult kahe pealmise kihiga. Ehk võrdlus põhitee SMA kuluvkihi ja bin kihi ning kõrvaltee surf ja base kihtide vahel. Tabelis (vt Tabel 11) on kokkuvõtte koostatud peatee kõiki kihte arvestades. Päris konkreetse pildi annab ka see, kui vaadata paigaldamise ruutmeetrid mis on peateel üle kahe korra suuremad kui kõrvalteedel.

Tabel 11

Luige ristmiku kokkuvõtte (peateel neli kihti)

Segu mark	Pindala m ²	Laotamise päevad	ruutmeetrit päevas m ²	Kulu kokku €	Kulu ruutmeetrile €/m ²	Kordaja
Peatee	205 153	41	5 004	136 815	0,67	
Kõrvalteed	40 328	17	2 372	37 245	0,92	1,38

Õige tulemuse saab siis kui võrrelda võrdse paksusega ja võrdne arve kihte. Selle võtab kokku allolev tabel (vt Tabel 12). Tabelis on arvestatud peatee andmetest ainult kuluvkihi SMA16 ja selle aluse AC 16 Bin kihi kulusid. SMA paigaldus paksus on 4 cm ja Bin kihil 5 cm. Kõrvalteel on kihid samuti 4 ja 5 sentimeetrit. Kuluvkihiks on AC 12 Surf ja alumiseks AC 16 Base.

Tabel 12

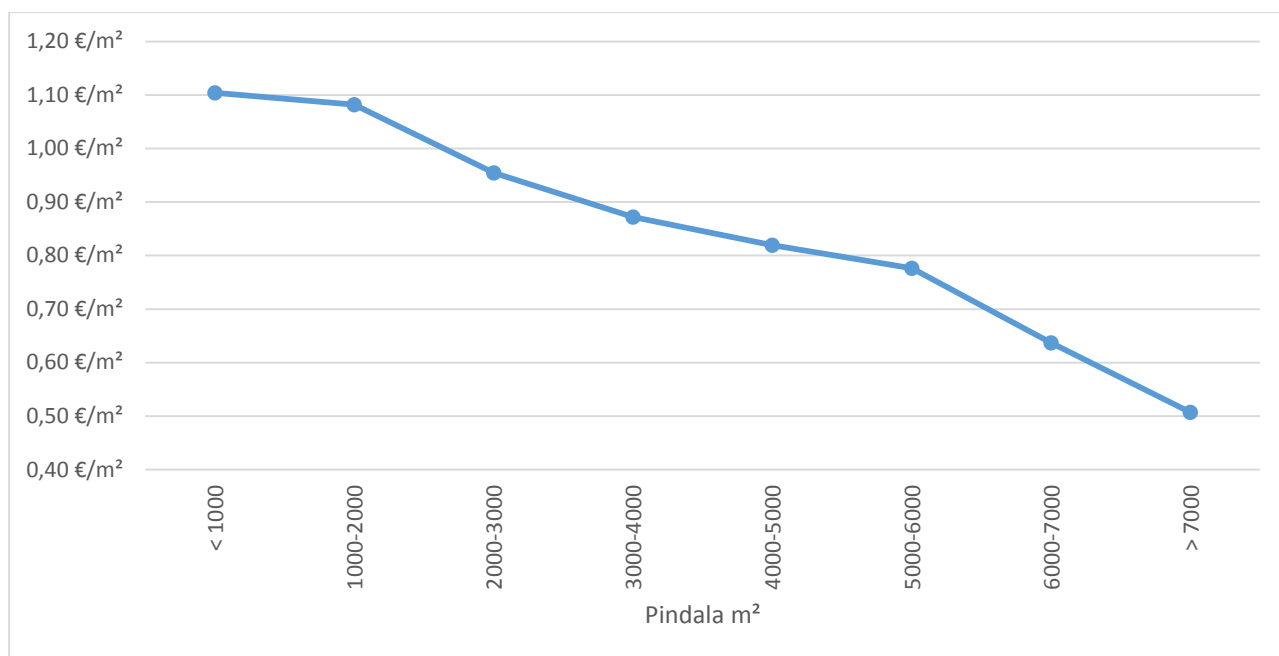
Luige ristmiku kokkuvõtte (peateel kaks kihti)

Segu mark	Pindala m ²	Laotamise päevad	ruutmeetrit päevas m ²	Kulu kokku €	Kulu ruutmeetrile €/m ²	Kordaja
Peatee	106 925	15	7 128	60 172	0,56	
Kõrvaltee	40 328	17	2 372	37 245	0,92	1,64

Nagu tabelist 12 näha, on peatee päevane laotamispindala kõrvaltee omast kolm korda suurem. Kuid seejuures on peatee kulud kõrvalteede omadest ainult 1,6 korda suuremad. Sellest järeldub, et kõrvaltee ruutmeetri kulu on peatee kulust 1,6 korda suurem.

Järgnevalt võetakse vaatluse alla Luige objekti ruutmeetri paigalduse kulu võrrelduna päevase paigaldatud pindalaga. Kui senises võrdluses olid andmemahud jaotatud kaheks- põhitee ja kõrvaltee siis pindala põhises võrdluses on jagatud andmemahud pindala järgi. Kõik objekti laotamispäevad on pandud kokku ühte tabelisse ja jaotatud päevad vastavalt laotatud pindalade järgi lahtritesse (vt Lisa 8). Esimese rea lahtrisse on paigutatud päevakulud pindalaga alla tuhande

ruutmeetri, teise lahtrisse pindalaga üle tuhande, kuni kahe tuhandeni ja niimoodi tuhandeliste sammudega kuni seitsme tuhandeni. Kõik päevad mil laotati üle seitsme tuhande ruudu läksid viimasesse lahtrisse. Saadud uue tabeli põhjal tekkis all olev joongraafik (vt joonis 7). Joonise horisontaal teljeks on laotamispindala päevas ja vertikaal teljeks paigalduse kulu ruutmeetrile.



Joonis 7. Luige objekti ruutmeetrihinna sõltuvus paigaldatud ruutmeetritest

5. KOKKUVÕTE

Käesolev uurimustöö tutvustas asfaldi paigaldamisega seotud kulusid kahel suurel liiklussõlmel.

Andmete kogumine ja analüüs teostati töö autori poolt. Mõlema objekti asfaldi paigaldamise töid juhtis samuti töö autor, seega võib väita, et algandmed on tõesed ja kõik eeldused töö õigeteks järeldusteks olid loodud. Paigaldamise käigus koostati asfalteerimise vahetuse aruanded ja päevaraportid. Nendest kahest dokumendist saadi antud töö algandmed. Andmed sisestati Microsoft Exceli programmi tabelisse selliselt, et oleks võimalus andmete väljavõtte eraldi kulude, asfaltsegu margi, pindala ja tee-osa kaupa, kuhu asfalt paigaldati.

Töö esimeses pooles anti ülevaade, millistel alustel kujuneb asfalteerimise hind. Esmalt seletati lahti erinevate paigaldamiseks vajalike masinate kasutamine ja tööpetsiifika. Seejärel analüüsiti eraldi iga masina kulusid. Selgus, et paigaldusmasinatest on kõige kulukam laotur, moodustades kogu paigaldusmasinate kulust pool. Seejärel vaadeldi paigaldusmasinate kulusid koos tööjõukulude ja asfaldiveo kuludega. Andmeid analüüsides järeldus, et kogu paigalduskuludest moodustasid peaaegu pool transpordi kulud ja teise poolemeeskonna palgakulud ning masinate kulud kokku. Seega selgus, et 50 % kuludest on antud töö tulemuse mõjusfääris, mis sõltuvad otseselt paigaldusele kuluvast ajast.

Järgnevas etapis tutvustati objekte ning seletati lahti peatee ja kõrvaltee jaotamise valiku põhimõtted. Andmemahitudest pärinevad paigalduspäevad jaotati põhitee andmeteks või kõrvaltee andmeteks. Pärast andmete teosade kaupa jagamist toimus jaotamine asfaltsegu margi põhisel. Lisaks jäi väljavõtte võimalus pindala põhisel. Lõpuks viidi eelpool mainitud andmed kokku selliselt, et tekkis kogukulu igale segumargile ja teeosale koos pindalaga. Jagades kogukulu pindalaga saadi tulemuseks kulu ruutmeetriks, millest sai kogu edasise ülevaate alus. Kulu ruutmeetriks arvutati välja mõlema objekti pea- ja kõrvalteele, igale asfaldikihtile eraldi ning kõikidele kihtidele kokku. Neid andmeid analüüsides sai töö autor kinnitust sissejuhatuses väidetud teadmisele, et kõrvalteele asfaldi paigaldamine on kallim kui peateele.

Tartu Lääne objektil oli kattekihtide konstruktsioon mõlemal teosal ühesugune, seega oli ruutmeetri kulu tekkimine samadel alustel. Tulemuseks oli peatee ruutmeetrikulu 0,57 eurot ja kõrvalteel 0,66 eurot. Kõrvaltee osutus Tartu Lääne objektile 1,15 korda kallimaks.

Luige liiklussõlmes oli kattekihtide konstruktsioon pea- ja kõrvalteel erinev. Peateel oli neli kattekihti, kõrvalteel kaks. Peatee nelja kattekihi kulu ruutmeetritele kokku oli 0,67 eurot ja kõrvaltee kahekihilise konstruktsiooni oma 0,92 euro, erinevus sellisel juhul 1,38 kordne. Kuna kahe- ja neljakihilise konstruktsiooni võrdlus ei ole korrektne, siis arvutati välja peatee pealmise kahe kihi ruutmeetrikulu ja see oli 0,56 eurot. Võrreldavate kattekihtide kulu on seega 1,64 korda suurem kõrvalteel. Peatee kulu ruutmeetritele on mõlema objekti puhul samas suurusjärgus, kuid kõrvaltee sama kulu on Luige objektil palju suurem kui Tartu Lääne objektil. Põhjus peitub selles, et Luige objekti kõrvaltee paigaldamine toimus liikluse all ja päevane tööfront oli piiratud.

Uurimustöö peaesmärgiks püstitatud kindla kordaja leidmine jäi saavutamata, sest uurimisobjektid olid liialt erinevad. Tartu Lääne objekti kõnealune kordaja oli 1,15 ja Luige objekti 1,64. Sellise erinevuse juures ei ole võimalik põhjapanevaid järeldusi teha. Samas ei saa väita, et tulemusena saadud kordajad on kasutatud, sest need on tekkinud reaalsete kulude põhjal ja samalaadsetel objektidel peaks tulemus olema samas suurusjärgus.

6. SUMMARY

DEPENDENCE OF ASPHALT LAYING COSTS ON THE GEOMETRY OF ROAD

The subject of this final paper is dependence of asphalt laying costs on the geometry of road. The author had to choose this subject as it was necessary for him to prepare a budget for asphalt lay promptly and with more accuracy than it had been done before. The issue is that laying asphalt for road junctions should be done at least in two single layers. In a sense of asphalt the process for junction is different from that for the main and bypass roads.

Winning a public-sector contract is one of a few opportunities for business in Estonia to get its own portfolio object, construction of which could last for more than a year. In order to compete in a tender for public contract it is necessary to draw up a carefully planned though beneficial offer. Correct cost calculation will eliminate tensions between the customer and contractor when disputes arise in regard with either class of the material or cost-efficiency.

Some businesses may have the fixed unit prices which simplify budgeting. Generally unit prices are based on efficiency. Object is divided into sectors and each sector is assigned a time prognosis for work performance. For time units, e.g. workdays, the price is calculated, which in the case, includes per diem costs of the asphalt laying team. Time duration of object is multiplied by a price of unit and thus the cost of object is estimated. Daily output is easily calculated for straight roads when asphalt laying is not delayed. You have to take into consideration productivity of the asphalt plant, to divide it by productivity in aggregated bulk weight provided by the norms, and you will receive the time for road laying.

The purpose of this final paper was to work out a multiplier which can be used for getting cost of a square metre of bypass road by multiplying cost of a square metre of main road. I.e., to learn how much more money is spent on ramps and bypasses than on the main road.

All initial data was collected specially for the purpose of this work in order to calculate the exact costs of one square metre. The data was collected during asphalt laying in Tartu city, on Lääne 4 construction site and Luige junction. On every day of asphalt laying a shift report was made containing work area description, laid square metres and used amount of asphalt mixture. In addition, daily report was completed where main costs related to asphalt laying were recorded in a

table. The final paper shows the man power expenses, the expenses on asphalt laying machines and asphalt carrying trucks.

Data basing was done into Microsoft Excel sheet so that it would be possible to get separate statements of costs, asphalt class, area and road by sections where asphalt was laid. Data analysis demonstrates that asphalt carrying makes a half of all road laying costs. The above-mentioned data was added in order to get the total cost of the main road and bypasses area. The area was divided by the cost and the cost of a square metre was received as a result. The square metre cost was calculated both for the main and bypass roads, separately for each asphalt layer and total for all layers.

The Lääne object in Tartu features the same construction of layers on both sectors of road. As a result, a square meter of 4-lay road carpet was 0.57 euro on the main road and 0.66 euro on the bypass roads. Bypass road was 1.15 times more expensive.

The construction of road carpet at Luige junction was different for the main road and the bypass roads, but, considering the equal data of layers, a multiplier of 1.64 was received. A square meter of the main road carpet was 0.66 euro and 0.92 euro on the bypass road. Luige junction multiplier appeared to be bigger as it was used for traffic at the time of laying asphalt on the bypass road which restricted the work performance.

The multipliers received during the research were too different for making basic conclusions. However, finding the multipliers was useful as they reflected the real costs. Presumably, the multipliers will be used in relation to the similar objects.

7. VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Asfaldist katendikihtide ehitamise juhised“, Maanteeamet, 2010. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/juhendid/Asfaldist_katendikihtide_ehitamise_juhis_KK_lisa_15_12_2010.pdf. [Kasutatud 10. aprill, 2014].
- [2] „Luige infoleht“, Maanteeamet, 2013. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/LuigeInfoleht_nr6_EST.pdf. [Kasutatud 29. aprill, 2014].
- [3] J. Nilson, Artist, Fotode erakogu. [Art]. 2013.
- [4] R. Kalm, Artist, Fotode erakogu. [Art]. 2013.
- [5] „www.forconstructionpros.com“, For Construction Pros, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.forconstructionpros.com/product/10711302/volvo-construction-equipment-volvo-p7820c-abg-and-p8820c-abg-tracked-asphalt-pavers>. [Kasutatud 20. aprill, 2014].
- [6] „Luige Ristmik“, Maanteeamet, 2013. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/28.06_13_Luige_ristmik_7.jpg. [Kasutatud 01 mai, 2014].
- [7] „www.bobcatrent.eu“, 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://bobcatrent.eu/bobcat-rent-bobcat-s185/>. [Kasutatud 10 mai, 10].

Lisa 1. Päevaaruanne

PÄEVAARUANNE									
Asfaldi paigaldus									
Objekti nimetus		Tartu-Lääne ringtee				Šiffer		Leht 1/1	
Vastutaja	R.Kalm		TEGEVUS OBJEKTIL						
Kuupäev	31.08.2013								
Nädalapäev	laupäev	ilmastik		vahelduv pilvisus				c°	20-25
Töölised					Mehhanismid				
Töötaja	Töö aeg		Tunnid	Tariif(€/h)	Maksumus	Mehhanism	Tunni hind	Tunnid	Maksumus
Ants Möistlik	8:30	15:30	7:00	5,1 €	35,70 €	Volvo ABG 7820	46,86 €	7	304,59 €
Jüri Metsis	8:30	15:30	7:00	5,7 €	39,90 €	Hamm HD-70	22,11 €	7	143,72 €
Tiit Tulp	8:30	15:00	6:30	5,3 €	34,30 €	Hamm HDO-90	34,28 €	6	219,39 €
Janar Roosimäe	8:30	15:00	6:30	4,5 €	29,25 €	Bobcat S-175	12,80 €	6	76,80 €
August Hermann	8:30	15:30	7:00	4,6 €	32,20 €	Gudronaator Savalco	8,61 €	3	25,83 €
Egert Loop	8:30	16:00	7:30	4,5 €	33,75 €	Veeauto Zil	6,50 €	3	16,25 €
Raul Rebane	8:30	15:30	7:00	4,8 €	33,60 €	Hamm HW-90	12,65 €	2	18,98 €
Villu Tark	8:30	15:30	7:00	4,9 €	34,30 €	Hamm Hd-14	19,65 €		- €
Oskar Tulikas	8:30	15:30	7:00	5,0 €	35,00 €				
Viljar Puusepp	9:00	16:00	7:00	4,9 €	34,30 €				
Kokku:					486,07 €	Kokku:			805,55 €

Transport

Auto; number	Töö aeg		Tunnid	Hind €	Kilomeetrid	Tonnid	Tariif	Oote tunnid	Transpordi maksumus
681 MNM	8:00	16:00	8:00	29,00 €					232,00 €
192 MHK	8:00	16:00	8:00	29,00 €					232,00 €
327 AVN	8:30	14:30	6:00	26,00 €					156,00 €
347 TKD	8:30	15:00	6:30	26,00 €					169,00 €
341 TGN	8:30	14:30	6:00	34,00 €					204,00 €
027 MND	9:00	14:30	5:30	34,00 €					187,00 €
									- €
Kokku:									1 180,00 €

Tehtud tööd

Töö lõik	Töö kirjeldus	Kihi paksus	Koef.	Töö maht	Pr tonnid	Prügi	Ülekulu +/-
T2 PK 57+75 - 62+68	Sma 12 (h-4cm)	0,04	2,5	4560,3	456		

Lisa 2. Asfalteerimise vahetuse aruanne

ASFALTEERIMISE • PAVING WITH ASPHALT VAHETUSE ARUANNE • SHIFT REPORT											
Leping nr: ContrACT:			Töövõtja: ContrACTor: Nordecon AS				Kuupäev: 31.08.2013 Date: Jrk. 60				
Tellija: Customer: Maanteeamet Lõuna-regioon			Tellija järelevalve: Supervision: As Taalri varahaldus				Kell: Time:				
Tee Nr. Road		Tee nimetus Road Name					km---km		Kood Code:		
		Tartu läänepoolse ümbersõidu 4. ehitusala ehitus (objekt A) Maanteeamet									
Asfalditehas Mixing plant: Hot-mix 30											
SEGU LAOTAMINE • PAVING											
Segu mark Mixture Type	Pikett Picket		v p (L/R)	Laius m Width	Segu kogus kg Mix Amount	Kaetud m ² Coated Area		Kulu kg/m ² Act. Con- sumpt. Rate	Laotustemp °C Laying Temp		
	algus Start	lõpp End				Tee Road	Muud Other		Max	Kesk ^{arvut} Average ^{calc}	Min
SMA12	57+75	62+68	V.N.		460300	4560,3	T2	100,9	155	145	135
KÕLBMATU SEGU • UNQUALIFIED MIXTURE											
Segu liik Mixture Type		Kogus kg Amount		Pikett Picket	Põhjus Reason						
LISATÖÖD ADDITIONAL WORKS:											
Kood: Code:	Töö liik Type of the Work:					Ühik Unit	Kogus Amount	Ühiku hind Unit Price	Kokku Total		
SEGUPROOVID • SAMPLING:											
Proovi võttis Taken by:		Võetud proovid Samples									
		Segu mark Mixture Type		Asukoht PlACe						Kell Time	
KRUNTIMINE, KUUMUTAMINE & FREESIMINE • TACK COATING, HEATING & MILLING:											
Saabunud sideaine Incoming Binder				Kasutatud sideaine ja/või laotatud m ² Used Binder and/or Layed Area							
Liik Type	kg	Saatedok Delivery Doc.		Liik Type	Kulunorm Consumpt. Rate	kg	S m ²	kg/m ²	Kvaliteet Quality		
				Be-60R	0,3 kg/m ²	1300	4570	0,28			
MUUD ANDMED VAHETUSE AJAL • OTHER INFORMATION :											
Temperat.:	20 - 25 °C		Ilm Weather: Vahelduv pilvisus								
Segisti töötas: Mixer Worked:	5		Katkestused ja põhjused: Interruptions and Reasons:								
Laotur töötas: Paver Worked:	7		Katkestused ja põhjused: Interruptions and Reasons:								
MÄRKUSED NOTES:											
Töövõtja ContrACTor: (kuup. Date) 2.09.2013 (nimi Name) Ralf Kalm (allkiri Signature)											
Tellija/järelevalve Customer/Site Inspector: (kuup. Date) (nimi Name) Jaan Konsin (allkiri Signature)											

Lisa 3. Tartu Lääne peatee andmetabel

Kuupäev	Segu mark	Asukoht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind
3.juuni	MUK 12-32	T2	4 248	834	1 346	1 420	3 600	0,85 €/m ²
4.juuni	MUK 12-32	T2	4 762	686	1 195	1 215	3 096	0,65 €/m ²
5.juuni	AC 16 Base	T2	4 481	812	1 013	1 183	3 008	0,67 €/m ²
6.juuni	AC 16 Base	T2	4 481	746	1 145	1 134	3 025	0,68 €/m ²
7.juuni	AC 16 Bin	T2	6 778	824	1 357	1 197	3 378	0,50 €/m ²
10.juuni	AC 16 Bin	T2	4 130	425	872	708	2 005	0,49 €/m ²
11.juuni	AC 16 Bin	T2	2 108	667	986	931	2 584	1,23 €/m ²
10.juuli	MUK 12-32	T2	3 437	403	785	672	1 860	0,54 €/m ²
10.juuli	AC 16 Base	T2	3 403	403	785	672	1 860	0,55 €/m ²
11.juuli	AC 16 Bin	T2	3 860	748	1 080	1 000	2 828	0,73 €/m ²
11.juuli	SMA12	T2	128	20	30	28	78	0,61 €/m ²
12.juuli	SMA12	T2	8 800	781	1 716	1 326	3 823	0,43 €/m ²
16.juuli	SMA12	T2	9 685	780	1 651	1 182	3 612	0,37 €/m ²
18.juuli	SMA12	T2	6 610	564	1 296	964	2 823	0,43 €/m ²
22.juuli	SMA12	T2	3 855	594	1 040	796	2 430	0,63 €/m ²
23.juuli	SMA12	T2	2 186	456	775	687	1 919	0,88 €/m ²
23.juuli	MUK 12-32	T2	713	149	253	225	627	0,88 €/m ²
23.juuli	AC 16 Base	T2	659	140	239	212	591	0,90 €/m ²
23.juuli	AC 16 Bin	T2	607	132	224	198	554	0,91 €/m ²
7.aug	MUK 12-32	T2	4 451	534	1 082	766	2 382	0,54 €/m ²
7.aug	AC 16 Base	T2	2 003	240	486	344	1 070	0,53 €/m ²
8.aug	AC 16 Base	T2	2 401	275	442	379	1 096	0,46 €/m ²
8.aug	AC 16 Base	T2	4 366	500	804	689	1 993	0,46 €/m ²
29.aug	AC 16 Bin	T2	1 286	333	524	540	1 397	1,09 €/m ²
30.aug	AC 16 Bin	T2	1 286	333	466	456	1 255	0,98 €/m ²
31.aug	SMA12	T2	4 560	486	1 180	806	2 472	0,54 €/m ²
13.sept	SMA12	T2	1 957	411	419	541	1 370	0,70 €/m ²
19.sept	SMA12	T2	906	118	225	254	597	0,66 €/m ²
19.sept	SMA12	T2	1 188	154	294	334	783	0,66 €/m ²

Lisa 4. Tartu Lääne kõrvaltee andmetabel

Kuupäev	Segu mark	Asukoht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind
12.juuni	MUK 12-32	Ramp	2 154	756	618	437	1 811	0,84 €/m ²
13.juuni	AC 16 Base	Ramp	2 140	274	832	605	1 711	0,80 €/m ²
14.juuni	AC 16 Bin	Ramp	2 100	461	463	469	1 392	0,66 €/m ²
17.juuni	MUK 12-32	Ramp	500	614	805	546	1 964	3,93 €/m ²
16.sept	MUK 12-32	Ramp	556	87	160	136	383	0,69 €/m ²
17.sept	AC 16 Base	Ramp	570	103	223	170	496	0,87 €/m ²
24.sept	AC 16 Bin	Ramp	591	110	227	187	524	0,89 €/m ²
26.sept	SMA12	Ramp	2 710	378	483	428	1 289	0,48 €/m ²
18.juuni	MUK 12-32	Ramp	1 079	187	357	257	801	0,74 €/m ²
20.juuni	AC 16 Base	Ramp	1 074	106	201	206	512	0,48 €/m ²
20.juuni	AC 16 Bin	Ramp	519	49	94	96	239	0,46 €/m ²
21.juuni	AC 16 Bin	Ramp	550	207	159	258	624	1,14 €/m ²
25.sept	SMA12	Ramp	525	56	111	105	271	0,52 €/m ²
26.sept	SMA12	Ramp	540	75	96	85	257	0,48 €/m ²
18.juuni	MUK 12-32	Ramp	1 005	187	357	257	801	0,80 €/m ²
19.juuni	AC 16 Base	Ramp	1 454	251	481	364	1 096	0,75 €/m ²
19.juuni	MUK 12-32	Ramp	2 575	446	854	648	1 949	0,76 €/m ²
20.juuni	AC 16 Base	Ramp	2 524	247	468	480	1 195	0,47 €/m ²
20.juuni	AC 16 Bin	Ramp	1 403	141	267	274	683	0,49 €/m ²
20.juuni	AC 16 Bin	Ramp	1 598	156	294	302	751	0,47 €/m ²
21.juuni	AC 16 Bin	Ramp	875	323	249	404	976	1,12 €/m ²
16.sept	MUK 12-32	Ramp	1 982	310	569	484	1 363	0,69 €/m ²
17.sept	AC 16 Base	Ramp	2 033	368	794	606	1 768	0,87 €/m ²
18.sept	MUK 12-32	Ramp	2 231	220	420	381	1 021	0,46 €/m ²
24.sept	AC 16 Bin	Ramp	2 084	387	802	660	1 848	0,89 €/m ²
25.sept	SMA12	Ramp	1 533	163	323	306	792	0,52 €/m ²
25.sept	AC 16 Base	Ramp	2 282	243	481	455	1 179	0,52 €/m ²
26.sept	SMA12	Ramp	1 953	272	348	309	929	0,48 €/m ²
3.okt	AC 16 Bin	Ramp	1 028	140	249	251	640	0,62 €/m ²
4.okt	AC 16 Bin	Ramp	1 305	212	345	416	972	0,75 €/m ²
5.okt	SMA12	Ramp	2 403	136	224	196	556	0,23 €/m ²
6.okt	SMA12	Ramp	2 403	423	671	565	1 660	0,69 €/m ²
24.aug	MUK 12-32	Ramp	1 897	339	572	526	1 437	0,76 €/m ²
24.aug	AC 16 Base	Ramp	1 897	339	572	526	1 437	0,76 €/m ²
26.aug	AC 16 Bin	Ramp	1 897	505	456	479	1 441	0,76 €/m ²
18.sept	MUK 12-32	Ramp	526	52	99	90	241	0,46 €/m ²
25.sept	AC 16 Base	Ramp	526	56	111	105	272	0,52 €/m ²
3.okt	AC 16 Bin	Ramp	526	72	127	129	328	0,62 €/m ²

Kuupäev	Segu mark	Asukoht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind
5.okt	SMA12	Ramp	2 424	136	224	196	556	0,23 €/m ²

Lisa 5. Luige ristmiku peatee andmetabel

Kuupäev	Segu mark	Asukoht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind
14.mai	MUK 12-32	t11	5 870	642	2 800	1 402	4 844	0,83 €/m ²
15.mai	MUK 12-32	t11	4 796	775	2 290	1 426	4 492	0,94 €/m ²
16.mai	MUK 12-32	t11	4 683	729	2 384	1 411	4 524	0,97 €/m ²
17.mai	MUK 12-32	t11	2 991	653	2 136	1 204	3 993	1,34 €/m ²
18.mai	AC 16 Base	t11	7 311	762	2 280	1 495	4 537	0,62 €/m ²
19.mai	AC 16 Base	t11	6 540	715	2 600	1 372	4 687	0,72 €/m ²
20.mai	AC 16 Base	t11	3 145	517	1 172	853	2 542	0,81 €/m ²
2.juuni	MUK 12-32	t11	1 821	455	504	663	1 622	0,89 €/m ²
11.juuni	MUK 12-32	t11	3 607	530	1 258	1 178	2 967	0,82 €/m ²
13.juuni	AC 16 Base	t11	1 603	405	396	543	1 345	0,84 €/m ²
14.juuni	AC 16 Bin	t11	6 375	675	1 888	1 320	3 883	0,61 €/m ²
21.juuni	MUK 12-32	t11	5 374	824	2 164	1 622	4 610	0,86 €/m ²
22.juuni	AC 16 Base	t11	4 945	607	1 650	1 144	3 401	0,69 €/m ²
27.juuni	MUK 12-32	t11	6 415	876	2 966	1 682	5 523	0,86 €/m ²
28.juuni	AC 16 Base	t11	6 268	629	2 700	1 200	4 529	0,72 €/m ²
28.juuni	MUK 12-32	t11	393	100	141	164	405	1,03 €/m ²
17.juuli	MUK 12-32	t11	6 146	585	592	1 282	2 459	0,40 €/m ²
18.juuli	AC 16 Base	t11	6 238	715	592	1 714	3 022	0,48 €/m ²
20.juuli	SMA16	t11	9 830	816	1 954	1 338	4 108	0,42 €/m ²
23.juuli	MUK 12-32	t11	5 434	707	2 566	1 767	5 040	0,93 €/m ²
26.juuli	AC 16 Bin	t11	7 153	623	1 624	1 614	3 860	0,54 €/m ²
27.juuli	MUK 12-32	t11	1 051	225	530	485	1 240	1,18 €/m ²
27.juuli	AC 16 Base	t11	1 041	225	530	485	1 240	1,19 €/m ²
3.aug	AC 16 Bin	t11	6 051	639	1 805	1 403	3 846	0,64 €/m ²
8.aug	AC 16 Bin	t11	5 546	766	1 775	1 594	4 135	0,75 €/m ²
11.aug	AC 16 Bin	t11	814	100	200	305	605	0,74 €/m ²
12.aug	MUK 12-32	t11	1 400	100	493	300	893	0,64 €/m ²
13.aug	AC 16 Bin	t11	8 741	537	2 475	1 241	4 253	0,49 €/m ²
13.aug	MUK 12-32	t11	1 400	200	800	440	1 440	1,03 €/m ²
14.aug	AC 16 Base	t11	1 895	200	900	360	1 460	0,77 €/m ²
14.aug	MUK 12-32	t11	3 424	345	1 695	906	2 946	0,86 €/m ²
15.aug	AC 16 Base	t11	2 060	200	1 000	582	1 782	0,87 €/m ²
16.aug	AC 16 Base	t11	2 378	150	600	350	1 100	0,46 €/m ²
16.aug	AC 16 Bin	t11	6 727	408	1 898	1 010	3 316	0,49 €/m ²
17.aug	AC 16 Bin	t11	8 592	550	2 739	1 303	4 591	0,53 €/m ²
21.aug	SMA16	t11	7 729	737	2 716	1 794	5 247	0,68 €/m ²
22.aug	SMA16	t11	12 431	728	3 591	1 456	5 775	0,46 €/m ²
27.aug	SMA16	t11	5 452	463	1 778	1 071	3 312	0,61 €/m ²
29.aug	SMA16	t11	8 275	531	2 000	1 223	3 754	0,45 €/m ²
30.aug	SMA16	t11	6 387	623	1 991	1 391	4 004	0,63 €/m ²
31.aug	SMA16	t11	6 822	705	3 025	1 754	5 484	0,80 €/m ²

Lisa 6. Luige ristmiku kõrvaltee andmetabel

Kuupäev	Segu mark	Asukoht	Pindala m ²	Palgakulu €	Transport €	Masinad €	Kulu kokku €	Ruutmeetri hind
4.mai	AC 16 Base	ramp	2 706	577	1 215	1 118	2 910	1,08 €/m ²
29.juuni	AC 12 Surf	ramp	2 749	653	1 292	1 101	3 046	1,11 €/m ²
16.juuli	AC 12 Surf	ramp	299	109	226	220	555	1,86 €/m ²
31.juuli	AC 12 Surf	ramp	184	100	204	148	452	2,46 €/m ²
11.aug	AC 16 Base	ramp	2 680	556	947	1 000	2 503	0,93 €/m ²
12.aug	AC 12 Surf	ramp	4 071	556	1 600	1 305	3 461	0,85 €/m ²
24.aug	AC 12 Surf	ramp	2 161	300	942	600	1 842	0,85 €/m ²
29.aug	AC 12 Surf	ramp	959	151	407	350	908	0,95 €/m ²
16.juuli	AC 12 Surf	t15	2 437	620	1 400	923	2 943	1,21 €/m ²
31.juuli	AC 12 Surf	t15	1 372	580	500	700	1 780	1,30 €/m ²
1.aug	AC 12 Surf	T15	1 047	299	544	631	1 474	1,41 €/m ²
15.aug	AC 16 Base	t15	5 078	486	2 006	1 000	3 492	0,69 €/m ²
24.aug	AC 16 Base	t15	2 917	303	950	663	1 916	0,66 €/m ²
18.sept	AC 16 base	t15	3 141	485	1 118	1 026	2 628	0,84 €/m ²
24.sept	AC 16 Base	t15	1 050	281	533	434	1 248	1,19 €/m ²
25.sept	AC 16 Base	t15	3 027	527	1 407	1 230	3 165	1,05 €/m ²
27.sept	AC 12 Surf	t15	4 450	501	1 306	1 115	2 922	0,66 €/m ²

Lisa 7. Tartu Lääne objekti ruutmeetri kulu sõltuvus pindalast

Päevane laotamis pindala m ²	Pindala kokku m ²	Kulu €	Ruutmeetri hind
< 1000	9816,3	9021	0,92 €/m ²
1000-2000	26820,1	18462	0,69 €/m ²
2000-3000	38759	24603	0,63 €/m ²
3000-4000	14554,4	8978	0,62 €/m ²
4000-5000	35479,4	21582	0,61 €/m ²
5000-6000			
6000-7000	13388	6201	0,46 €/m ²
> 7000	18485,1	7435	0,40 €/m ²

Lisa 8. Luige objekti ruutmeetri kulu sõltuvus pindalast

Päevane laotamis pindala m ²	Pindala kokku m ²	Kulu €	Ruutmeetri hind
< 1000	2649	2925	1,10 €/m ²
1000-2000	15586	16868	1,08 €/m ²
2000-3000	23079	22034	0,95 €/m ²
3000-4000	16343	14248	0,87 €/m ²
4000-5000	22945	18800	0,82 €/m ²
5000-6000	32754	25432	0,78 €/m ²
6000-7000	63968	40753	0,64 €/m ²
> 7000	79775	40468	0,51 €/m ²