

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**MAANTEE NR 2 KOSE-ARDU TEELÕIGU
PÕHIPROJEKTI RISTPROFIILI VÕRD
LUS
PROJEKTEERIMISNORMIDEGA JA RIIGI
PÕHIMAANTEEDE NR 1, 2 JA 4
NELJARAJALISEKS EHTAMISE ANALÜÜS**

**THE COMPARISON OF THE TRANSVERSE PROFILE OF
HIGHWAY NUMBER 2 KOSE-ARDU ROAD SECTION'S
BASIC PROJECT WITH THE DESIGN STANDARDS, AND
THE ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION OF THE
STATE'S MAIN ROADS NUMBER 1, 2 AND 4 INTO FOUR-
LANE HIGHWAYS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Andro Aavik

Üliõpilaskood: 192308EAXM

Juhendaja: Dots. Andrus Aavik

Tallinn, 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2020

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2020

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2020

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Andro Aavik (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 17.10.1991),

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

MAANTEE NR 2 KOSE-ARDU TEELÕIGU PÕHIPROJEKTI RISTPROFIILI VÕRDLUS
PROJEKTEERIMISNORMIDEGA JA RIIGI PÕHIMAANTEEDE NR 1, 2 JA 4
NELJARAJALISEKS EHTAMISE ANALÜÜS,

mille juhendaja on Andrus Aavik,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh
Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni
autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna
kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni
autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

1. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka
autorile.

2. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (*allkiri*)

_____ (*kuupäev*)

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Andro Aavik, 192308EAXM

Õppekava, peeriala: Hooned ja rajatised EAXM15, teedehitus

Juhendaja: dots. Andrus Aavik

Lõputöö teema:

Maantee nr 2 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili võrdlus projekteerimismõõnidega ja riigi põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise analüüs.

The Comparison of the Transverse Profile of Highway Number 2 Kose-Ardu Road Section's Basic Project with the Design Standards, and the Analysis of the Reconstruction of the State's Main Roads Number 1, 2 and 4 into Four-lane Highways

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tuua välja I klassi maantee põhiparameetrid kui ka nõuded Eesti ja Rootsi maanteed projekteerimismõõnidest.
2. Esitada põhimaantee nr 2 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti tutvustus. Teostada MKM-i I klassi maanteed ning Rootsi kiirteede projekteerimismõõnide võrdlus Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiiliga koos vastavate ristprofiilide töömahtude analüüsiga.
3. Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 planeeritud väljaehitamine neljarajalisteks I klassi maanteedeks:
 - Leida teeregistri andmete põhjal põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamata/rekonstrueerimata maanteed maht.
 - Määrata teehoiukavas 2020–2030 kavandatud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamise maht ning leida MKM-i I klassi maanteed projekteerimismõõnide, Rootsi kiirteede projekteerimismõõnide ning Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilide võrdlusena hüpoteetilised töömahud, ajakulu ja maksumused.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa kirjutamine, andmete kogumine	04.05.2020
2.	95% valmis, lõputöö kaitsmistootluse esitamine	11.05.2020
3.	Töö valmis, ettevalmistused kaitsmiseks, töö esitamine retsenseerimiseks	25.05.2020
4.	Lõppkaitsmine	04.06.2020

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: 25. mai 2020. a.

Üliõpilane: Andro Aavik 22. jaanuar 2020. a.
/allkiri/

Juhendaja: Andrus Aavik 22. jaanuar 2020. a.
/allkiri/

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. I KLASSI MAANTEEDE PROJEKTEERIMISNORMID	9
1.1 Majandus- ja taristuministri määrusega kehtestatud maanteede projekteerimismid.....	9
1.1.1 Üldnormid	9
1.1.2 Põhiparameetrid	11
1.2 Rootsi kiirteede projekteerimismid	17
1.2.1 Kiirtee VR 110/120 ristprofiil	17
1.2.2 Sõiduteega külgneva ala projekteerimine	18
1.2.3 Sõidurada	19
1.2.4 Tee sobitamine loodus- ja kultuurikeskkonda.....	20
1.2.5 Metsloomade ja fauna tõkketara	20
2. PROJEKTEERIMISNORMIDE VÕRDLUS KOSE-ARDU TEELÕIGU PÕHIPROJEKTI NÄITEL.....	21
2.1 Projekteeritud Kose-Ardu teelõigu iseloomustus.....	21
2.1.1 Kose-Ardu teelõigu üldandmed	21
2.1.2 Kose-Ardu teelõigu liiklusuuring	22
2.1.3 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil.....	22
2.1.4 Liikluskorraldusvahendid, piirded ja tähispostid.....	23
2.2 Ristprofiilide parameetrite võrdlus.....	23
2.3 Ristprofiilide töömahtude võrdlus	25
3. PÕHIMAANTEEDE NR 1, 2 JA 4 EHITAMINE NELJARAJALISTEKS MAANTEEDEKS	30
3.1 Põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 olemasolev olukord	30
3.2 Hüpoteetilise töömahu leidmine	33
3.3 Hüpoteetilise ajakulu leidmine	35
3.3.1 Ajakulu Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi	35
3.3.2 Ajakulu MKM-i I klassi maanteede projekteerimismid ristprofiili järgi ..	45
3.3.3 Ajakulu Rootsi kiirteede projekteerimismid ristprofiili järgi	48
3.3.4 Hüpoteetilise ajakulu võrdlus.....	51
3.4 Hüpoteetilise maksumuse leidmine	53
KOKKUVÕTE	58
SUMMARY.....	60
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63
LISAD	64
Lisa 1 Maanteede ristprofiili parameetrid	65
Lisa 2 Neljarajalise I klassi maantee ristprofiil	66

Lisa 3 Sõiduteega külgneva ala projekteerimine	67
Lisa 4 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti kitsa eraldusribaga tüüpristprofiil	68
Lisa 5 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt MKM-i I klassi maanteede projekteerimisnormidele	69
Lisa 6 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt Rootsi kiirteede projekteerimisnormidele	70
Lisa 7 Põhimaantee nr 1	71
Lisa 8 Põhimaantee nr 2 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus,	72
Lisa 9 Põhimaantee nr 4 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus,	73

SISSEJUHATUS

Eesti Vabariigi Valitsus on 2019–2023. a tegevusprogrammis [1] ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium on 2020–2030. a riigiteede teehoiukavas [2] seadnud üheks eesmärgiks põhimaanteed nr 1 Tallinn-Narva, nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa ja nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla neljarajaliseks ehitamise. Suuremahuliselt plaanitakse hakata Eesti põhimaanteedid ehitama neljarajaliseks 2024. a. Teehoiukava kohaselt on Vabariigi Valitsuse eesmärgi täitmiseks vajalik lisarahastus aastateks 2024–2030 kokku 892,2 mln eurot. [2] Seega on tegemist märkimisväärsete investeeringutega Eesti riigi infrastruktuuri.

Eestis on maanteed projektierimismid sätestatud majandus- ja taristuministri 05.08.2015 määruses nr 106 „Tee projektierimise normid“ [3] ja selle lisas „Maanteed projektierimismid“ (edaspidi nimetatud MKM-i projektierimismid) [4]. Teede projektierimisel võib kasutada ka Eestile lähedastes kliimavöötmetes asuvate Euroopa riikide projektierimise norme ning muid juhendmaterjale kui sellega luuakse tingimused ohutuks liiklemiseks. [3]

2017. a algasid ehitustööd uue neljarajalise põhimaantee nr 2 Kose-Ardu km 40,0–52,7 ja 2018. a Ardu-Võõbu km 52,7–64,2 ehitamiseks. Kose-Ardu ja Ardu-Võõbu teelõikude põhiprojektis on põhimaanteed projektierimisel lähtunud nii MKM-i I klassi maanteed kui ka Rootsi kiirteede projektierimismidest [5], mille järgi ehitades on võimalik optimeerida kulusid uute neljarajaliste I klassi maanteed ehitamisel. Magistritöös on võrreldud põhimaantee nr 2 Kose-Ardu km 40,0–52,7 põhiprojekti (edaspidi nimetatud Kose-Ardu teelõigu põhiprojekt) ristprofiili hübriidlahendust MKM-i I klassi maanteed ja Rootsi kiirteede projektierimismidega.

Magistritöö eesmärk on välja selgitada, millised on töömahtude, ajakulu ja maksumuse erinevused, ehitades teehoiukavas 2020-2030 toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõigud neljarajalisteks I klassi maanteedeks vastavalt, kas MKM-i I klassi maanteed projektierimismide, Rootsi kiirteede projektierimismide või Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili lahendusele.

Magistritöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis antakse ülevaade MKM-i I klassi maanteed ja Rootsi kiirteede projektierimismidest. Teises peatükis käsitletakse esmalt Kose-Ardu teelõigu üldiseid projektierimismõudeid. Seejärel võrreldakse Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili põhiparameetreid MKM-i I klassi maanteed ja Rootsi kiirteede projektierimismidega, samuti võrreldakse erinevate ristprofiililiste lahenduste ehitusmahte ning analüüsitakse tehnoloogilisi kui ka ehituslikke erinevusi põhimaanteed ristprofiilidel.

Kolmandas peatükis arvutatakse välja teehoiukavas toodud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks I klassi maanteedeks ehitamise töömaht, ehitamisele kuluv hüpoteetiline ajaline kulu ning maksumus, lähtudes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti, MKM-i I klassi maanteede ning Rootsi kiirteede projekteerimismuudatuste ristprofiililistest lahendustest.

Võtmesõnad: maanteede projekteerimismuudatused, Rootsi projekteerimismuudatused, Kose-Ardu teelõigu põhiprojekt, ristprofiil, ehitusmahud, ehitusmaksumus, ehituskestus, teehoiukava, magistritöö.

1. I KLASSI MAANTEEDE PROJEKTEERIMISNORMID

1.1 Majandus- ja taristuministri määrusega kehtestatud maanteede projekteerimismäärused

1.1.1 Üldnormid

1. Projekteerimise lähteseisukohad

Tee või selle osade ehitamise või remondi või rekonstrueerimise vajaduse, ulatuse ning projekteerimise lähtetaseme määrab tee omanik. [4, lk 8]

Projekteerimise lähtetase peab ühiskonna võimalustest lähtuvalt looma tingimused ohutuks liikluseks. Projekteerimise lähtetasemed on järgmised [4, lk 9]:

- 1) hea – maantee elementide parameetrid loovad tingimused ohutuks ja sujuvaks liikluseks;
- 2) rahuldav – maantee elementide parameetrid loovad tingimused ohutuks liikluseks tavaoludes;
- 3) erandlik – maantee elementide parameetrid loovad tingimused ohutuks liikluseks, kui sõidukijuhti on teavitatud täiendavate liikluskorraldusvahenditega, et ta peab antud kohas reageerima kiiremini kui tavaoludes.

Tee omaniku poolt projekteerijale ette antud lähtetasemest erineva lähtetaseme parameetri kasutamist võib tee omanik lubada projekteerija põhjendatud ettepanekul. [2, lk 9]

2. Maantee klass ja liiklussagedus

Teede projekteerimisel tuleb esmalt teha kindlaks, millise klassi maanteega on tegemist. Uue tee ehitamisel määratakse maantee klass arvestades eeldatavat liiklussagedust, piirkonna arenguvajadusi ja rahvusvahelist liiklust, regionaalpoliitilisi eesmärke ja majanduslikke võimalusi. Tee rekonstrueerimise ja remondi projekti koostamisel maantee klassi ei muudeta. Maantee projekteerimisel võib projektkiiruse erinevus naaberlõikudel muutuda kuni 20 km/h. [4, lk 10]

Maantee projekteerimine peab tuginema eeldatavale liiklussageduse prognoosile. Eeldatava liiklussageduse prognoosimisel lähtutakse maantee või eraldi teelõigu omaniku poolt kavandatud valmimisaastast. Eeldatava liiklussageduse prognoosimisel järgnevas 20 aastaks võetakse liiklussageduse muutuse protsendiks mitte suurem kui eelneva 10 aasta kasvu või vähenemise protsent. [4, lk 10]

Tabelis 1.1 on toodud välja maantee klasside liigitus vastavalt eeldatavale keskmisele ööpäevasele liiklussagedusele.

Tabel 1.1 Maantee klassid [4, p 1.3.]

Maantee klass	Eeldatav aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus	
	Füüsiline	Taandatud sõiduautole
	Liiklussagedus a/ööp	Liiklussagedus a/ööp
Kiirtee	üle 40 000	üle 45 000
I	üle 14 500	üle 18 500
II	6 000–14 500	7 200–18 500
III	3 000–6 000	3 500–7 200
IV	500–3000	1 000–3000
V	50–500	100–1000
VI**	kuni 50	kuni 100

Seejuures liiklussagedusel kuni 20 000 autot ööpäevas võib tee projekteerida kahe rajalisena, 5 m laiuste sõiduradadega. [4, lk 10]

3. Liiklusohutus

Projektlahendus peab tagama liiklusohutuse kõikidele liiklejatele. Projekteeritud tee-elementid ja liikluskorraldus peavad olema omavahel kooskõlas ning liiklejale kergesti mõistetavad. Enne olemasoleva maantee ümberehitusprojekti koostamist peab projekteerija tutvuma projekteeritava maanteel või selle lõigul varem toimunud liiklusõnnetuste arvu, paiknemiskohtade (niinimetatud mustade punktide) ja põhjustega ning kavandama meetmed projektlahenduse ohutustaseme parandamiseks. [4, lk 12]

Projekteeritud tee-elementid ja liikluskorraldus peavad olema omavahel kooskõlas ning liiklejale kergesti mõistetavad. Maantee ja seal paiknevad ristmikud ning liikluskorraldus tuleb projekteerida nii, et sõidukijuhil jääks piisavalt aega liiklusolukorra hindamiseks ja sellest tulenevate juhtimisvõtete õigeaegseks rakendamiseks. Projekteerimismuutuste puhul on üldjuhul lähtutud keskmisest sõidukijuhiga reageerimisajast 2 sekundit. Sõidukijuhiga vaatevälja ei tohi risustada juhtimiseks mittevajaliku teabe ja rajatistega (reklaam, liiklusmärkide ja viitade liigne hulk, sobimatu haljastus jms). Sellise teabe paigaldamisel tuleb juhinduda liiklusseadusest. [4, lk 12]

Tee kate tuleb projekteerida ühtlase tasasuse ja karedusega. Maantee tuleb projekteerida nii, et seal oleks võimalik kasutada kaasaegset lume- ja libedustõrje tehnoloogiat. [4, lk 12]

I klassi maanteedel tuleb silmas pidada nõuet, et kohalik liiklus ei häiriks ega ohustaks läbiva liikluse kulgu. Vajadusel tuleb projekteerida kõrgema klassi maanteega paralleelselt kulgevad kogujateed. [4, lk 13]

3. Keskkonnakaitse

Maantee trassi valikul ja maantee projekti koostamisel tuleb lisaks tehnilis-majanduslikele nõuetele arvestada maantee rajamisest ning seal prognoositavast liiklusest tulenevat mõju keskkonnale nii tee ehitamise kui ka kasutamise ajal. Tee projekteerimisel tuleb korraldada keskkonnamõju hindamine, kui seda näeb ette keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus. Projekti koostamisel tuleb arvestada keskkonnamõju eelhindamise või hindamise tulemustega ja määratud keskkonnanõuetega. [4, lk 13]

Projektvariantide võrdlemisel tuleb arvestada hõivatavate ja mõjutatavate maade väärtust, kulutusi ajutiste ehitiste otstarbeks eraldatud alade viimiseks kasutuskõlblikku seisukorda. [4, lk 13]

1.1.2 Põhiparameetrid

1. Projektkiirus

Projekteeritava maantee kõik põhiparameetrid peavad vastama projektkiirusele, mis määratakse lähtudes maantee klassist ja projekteerimise lähtetasemetest (tabel 1.2). [4, lk 14]

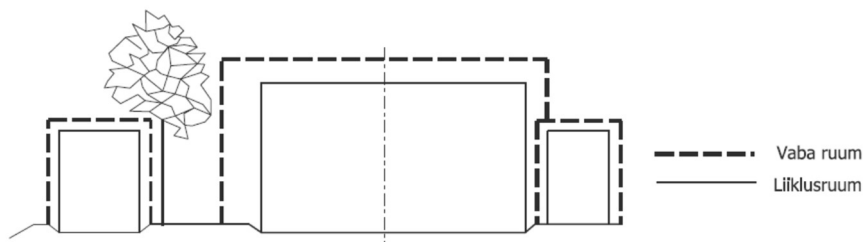
Tabel 1.2 Projektkiirused [4, lk 14]

Maantee klass	Projektkiirus km/h		
	Hea	Rahuldav	Erandlik
Kiirtee	140	120	100
I	120	100	80
II	120	100	80
III	100	80	60
IV	80	60	40
V	60	40	40
VI	40	30	30

2. Liiklejate, teede ja rajatiste piirmõõtmed

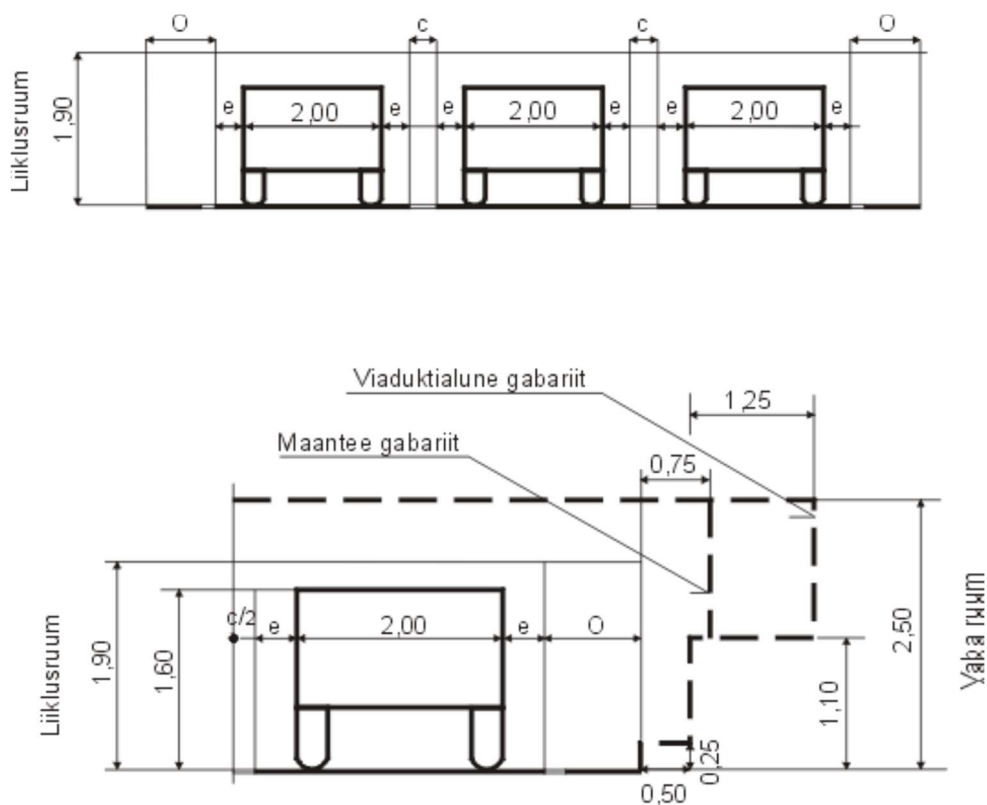
Maanteed, neil paiknevate rajatiste, ristmike ja teiste liiklusega seotud alade projekteerimisel tuleb arvestada seal esinevate liiklusvahendite ning liiklejate mõõtmega. Tingituna erinevate liiklusvahendite suurest hulgast ja pidevast uuenemisest, tuleb projekteerimisel aluseks võtta arvutuslik auto. [4, lk 14]

Ohutuse tagamiseks peab liiklevate sõidukite ja ristprofiilis paiknevate ehitiste ning seadmete vahele jääma vaba ruum (joonis 1.1).



Joonis 1.1 Vaba ruum ja liiklusruum [4, lk 14]

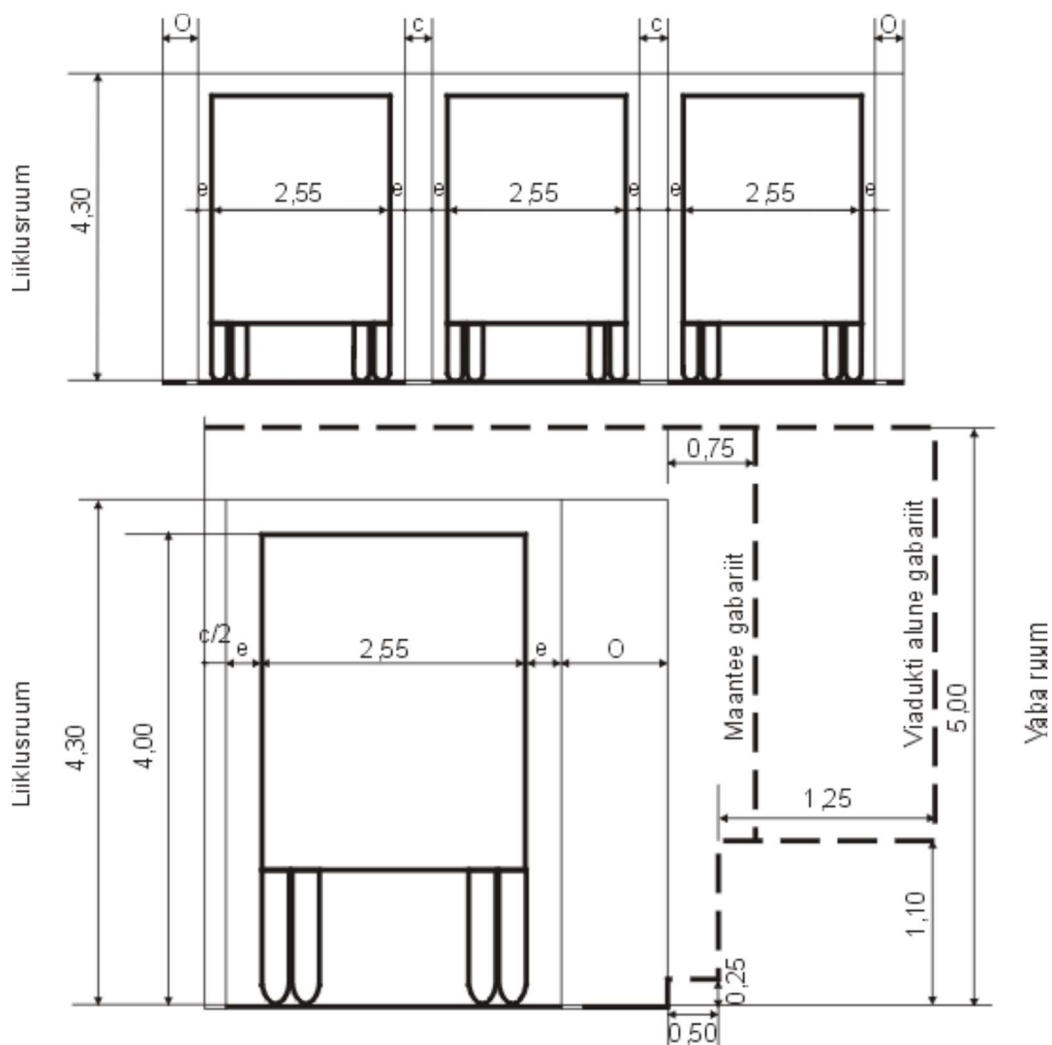
Maanteedel peab olema tagatud kõigi arvutuslike autode vaba ja liikluseadusele vastav liikumine, seetõttu tuleb arvestada antud elemendi jaoks suurimat liikumisruumi vajava arvutusliku autoga. [4, lk 14] Joonistel 1.2 ja 1.3 ning tabelites 1.3 ja 1.4 on välja toodud sõiduauto ohutuspiirmõõtmed ja elemendid, millega tuleb arvutuslikult arvestada.



Joonis 1.2 Sõiduauto ohutuspiirmõõtmed [4, lk 15]

Tabel 1.3 Sõiduauto ohutuspiirmõõtmed [4, lk 15]

Maantee klass	V, km/h	Sõiduauto laius, m	Sõiduvaru 2e, m	Ohutusribad		Katte laiused	
				C, m	O, m	2-	4-
Kiirtee	140	2,00	1,40	0,70	1,00	-	2x11,50
I	120	2,00	1,40	0,70	1,00	-	2x11,00
II	120	2,00	1,40	0,70	1,75	11,00	-
III	100	2,00	1,20	0,60	1,00	9,00	-
IV	80	2,00	0,80	0,40	1,00	8,00	-
V	60	2,00	0,80	0,40	0,50	7,00	-
VI	40	2,00	0,80	0,40	0,20	6,00	-



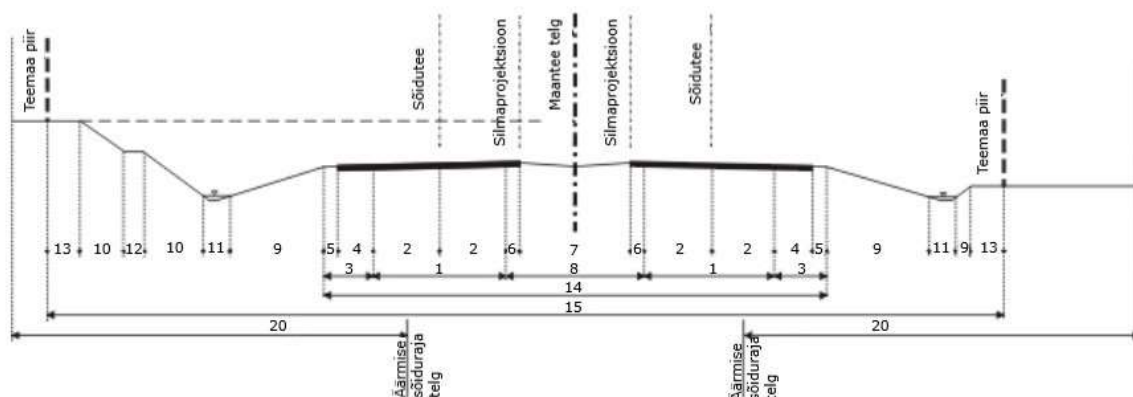
Joonis 1.3 Veoauto ohutuspiirmõõtmed [4, lk 16]

Tabel 1.4 Veoauto ohutuspiirmõõtmed [5, lk 16]

Maantee klass	V, km/h	Veoauto laius, m	Sõiduvaru 2e, m	Ohutusribad		Katte laiused	
				c, m	O, m	2-	4-
Kiirtee	140	2,55	0,85	0,70	1,00	-	2x11,50
I	120	2,55	0,85	0,70	1,00	-	2x11,00
II	120	2,55	0,85	0,70	2,25	12,00	-
III	100	2,55	0,65	0,60	1,00	9,00	-
IV	80	2,55	0,25	0,40	1,00	8,00	-
V	60	2,55	0,25	0,40	0,50	7,00	-
VI	40	2,55	0,20	0,30	0,10	6,00	-

3. Ristprofiil

Ristprofiili elementide ja nende laiuste valik peab vastama projekteerimise lähtetasemele. [4, lk 22] Maantee ristprofiili elemendid on esitatud joonisel 1.4.



Joonis 1.4 Maantee ristprofiili elemendid [4, lk 22]

Märkus: Joonisel 1.4 on kasutatud järgmisi tähiseid: 1 – sõidutee; 2 – sõidurada; 3 – teepeenar; 4 – kindlustatud peenar; 5 – kindlustamata peenar; 6 – ääreriba; 7 – vaheriba; 8 – eraldusriba; 9 – mulde nõlv; 10 – süvendi nõlv; 11 – kuvett; 12 – berm; 13 – piiririba; 14 – maantee laius; 15 – teemaa; 16 – maantee kaitsevöönd.

Lisades 1 ja 2 on esitatud vastavalt majandus- ja taristusministri määrusega kehtestatud maantee projekteerimismuutnormidele ristprofiili parameetrid ning neljarajalise I klassi maantee ristprofiil.

Vee ärajuhtimiseks peab kõigil ristprofiili elementidel olema põikkalle, mille parameetrid on esitatud tabelis 1.5. Tabelis esitatud põikkalded on rakendatavad sirgetel ja kõverikel, kus puudub kurvikalle. [4, lk 28]

Tabel 1.5 Ristprofiili elementide põikkalded [4, lk 28]

Ristprofiili element	Põikkalle, %		
	Hea	Rahuldav	Erandlik
Sõidutee (normaalne ristprofiil)	2,5	2,0-3,0	1,5-3,5
Kindlustatud peenar	2,5	2,0-3,0	1,5-3,5
Tugipeenar	4,0-5,0	3,5-5,5	3,0-6,0
Jalgtee ja rattatee	2,00	1,5	1,0-2,5
Eraldusriba laiusega ≤6m	4,0-6,0	3,0	2,5-7,0
Eraldusriba laiusega >6m	10,0-17,0	6,0	3,0-20,0

Kiirteel, I ja II klassi maanteedel sõltub sõiduradade arv liiklussagedusest ja tõusude olemasolust. I klassi maantee lõikudel, kus tulevikus võib tekkida vajadus suurendada sõiduradade arvu, tuleb eraldusriba laiust lisas 1 olevas tabelis toodud andmetega võrreldes suurendada 7,5 m võrra. [4, lk 28]

Põikkalde puhul eraldusriba telje suunas tuleb vee ärajuhtimiseks ette näha kollektor. Tee remondiks ja hooldeks tuleb liiklusvahendite ja erimasinate läbilaskmiseks

eraldusribasse 2–5 km vahemaaga ette näha 30 m pikkused katkestused. Kui neid ei kasutata, tuleb need sulgeda äravõetavate eripiiretega. [4, lk 29]

4. Pikikalle

Maantee pikikalle tuleb valida sõltuvalt projektkiirusest ja projekteerimise lähtetasemest. [4, lk 36]

Pikikallete projekteerimisel arvestatakse järgnevate põhiseisukohtadega [4, lk 36]:

- 1) sõltuvalt projektkiirusest on pikikalded 0,5–10%;
- 2) erandjuhul reljeefist tingituna võib projekteerida pikikalde alla 0,5%;
- 3) sõidutee pinnast kõrgema äärekiviga lõikude korral ei tohi pikikalle olla väiksem kui 0,5%;
- 4) eraldusribaga maantee mõlema sõidutee eraldi projekteerimisel võib languse kallet suurendada 2% võrreldes tabelis 1.6 toodud tasemega rahuldav.

Tabel 1.6 Maantee suurimad pikikalded [4, lk 36]

Projektkiirus, km/h	Projekteerimise lähtetase, %		
	Hea	Rahuldav	Erandlik
140	3,0	3,1–4,5	4,6–6,0
120	4,0	4,1–5,0	5,1–6,0
100	5,0	5,1–5,5	5,6–6,5
80	6,0	6,1–6,5	6,6–7,0
60	7,0	7,1–7,5	7,6–8,0
50	8,0	8,1–8,5	8,6–9,0
40	9,0	9,1–9,5	9,6–10,0

5. Liiklusvooga paralleelsed nõlvad

Maantee mulde kõrguse, nõlvsuse ja pörkepiirde kavandamise küsimus tuleb lahendada üksteisest sõltuvana. [4, lk 42]

Nõlva üla- ja alaserv tuleb kavandada sujuvatena (vastavalt kumera ja nõgusa kõverikuna). Pörkepiirde puudumisel tuleb kaaluda nõlva projekteerimist, mis võimaldab muldelt alla sõitnud sõidukil suure tõenäosusega teele tagasi pöörduda või ohutult liikuda kuni täieliku peatumiseni teemaal. [4, lk 43] Sõiduteega külgneva vaba ruumi vähimad laiused on esitatud lisa 3.

6. Maanteeäärne haljastus

Maantee või ristmiku projekti koosseisus tuleb lahendada teemaa haljastus. Maanteeäärse haljastusega tuleb luua ohutu liikluskeskkond. Kavandatud haljastus ei tohi põhjustada lume, jää, tolmu ja muu sellise kogunemist maanteele. [4, lk 43]

7. Liikluskorraldusvahendid, piirded ja tähispostid

Liiklusmärkide, fooride ja kattemärgistuse ülesanne on anda liiklejatele ühetaolist teavet, korraldada liiklust ja luua tingimused ohutuks liikluseks. [4, lk 113]

Teepiirdesüsteemide eesmärk on suurendada liiklusohutust. Piirde vajaduse määramisel tuleb lähtuda kaalutlustest, et õnnetuse vältimise tõenäosus peab olema suurem ning võimaliku õnnetuse raskusaste peab olema väiksem kui piirde enda poolt põhjustatud õnnetuse tõenäosus ja võimalik raskusaste. Samuti tuleb piirde vajaduse ja tüübi määramisel arvestada ohu taset, õnnetuse tõenäosust, lubatud kiiruspiirangut ning eeldatavat aasta keskmist ööpäevast liiklussagedust. [4, lk 113]

Piire ja tema osad ei tohi kujuneda täiendava liiklusohu allikaks. [4, lk 113]

Vahemaa sõiduraja ääre ja sõidukirinnatise, ülemineku ning pörkepiirde vahel tuleb jätta muutumatu. Pörkepiirde valikul tuleb arvestada, et piirde töölaius oleks väiksem või võrdne kaugusega pörkepiirde esiserva ja takistuse esiserva vahel. Pörkepiirde ees tuleb vältida kõrgendusi ja renne kõrgusega üle 7,5 cm. Pörkepiire ja äärekivi peavad olema samas vertikaalses tasapinnas. Kui pörkepiiret ei ole otstarbekas paigaldada paralleelselt sõiduteega, siis pörkepiire võib olla kaldega 1:20, erandina kuni kaldega 1:12 sõiduteest väljapoole. [4, lk 114]

Kui takistused asuvad eraldusribal, paigaldatakse üldjuhul ühepoolsed pörkepiirded. Kahepoolsed pörkepiirded muudetakse ohukoha ees kaldega $\leq 1:20$ ühepoolseteks. [4, lk 114]

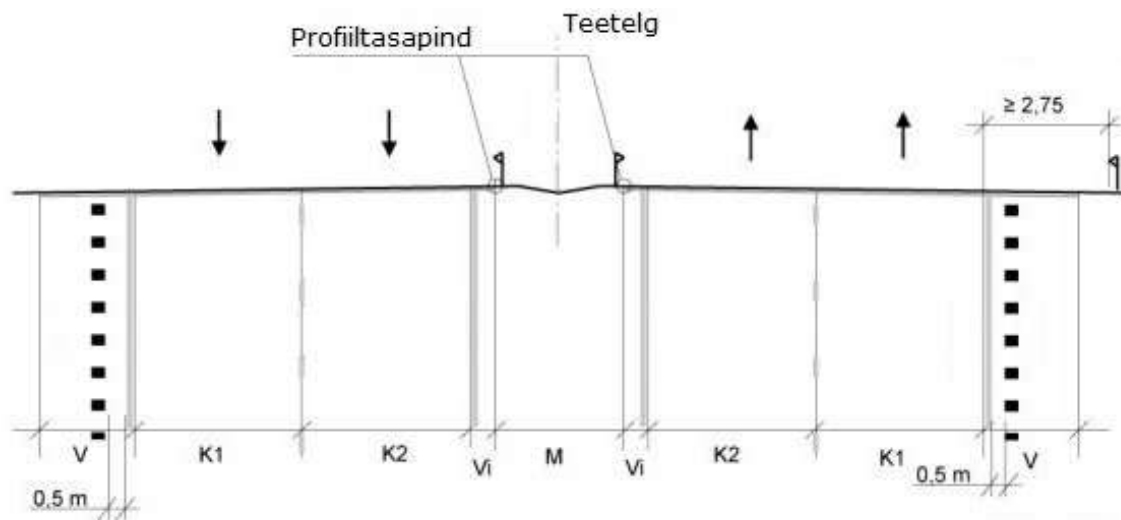
Tähispostid tuleb kavandada maanteele, mille liiklussagedus on vähemalt 1500 autot ööpäevas ja projektkiirus on 90 km/h või enam, muudel juhtudel (näiteks enne sildu ja muid rajatisi), kui see on vajalik liiklusohutuse tagamiseks. Kiirteel ja I klassi maanteel peavad tähispostid olema paigaldatud vahekaugusega 100 m, madalama klassi maanteedel sirgetel teelõikudel tähispostide vahekaugus peab olema 50 m. [4, lk 114]

1.2 Rootsi kiirteede projekteerimisnormid

1.2.1 Kiirtee VR 110/120 ristprofiil

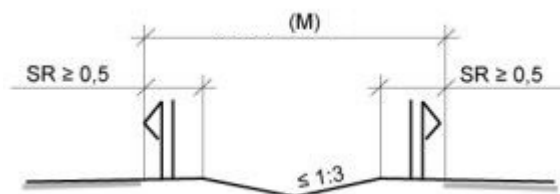
Kiirtee tuleb projekteerida 2+2 eraldatud sõiduradadega selliselt, et nende vahel peab olema eraldusriba. [5, lk 9]

Neljarajaline kiirtee tuleb projekteerida vastavalt joonisel 1.5 esitatud ristprofiilile. Joonisel 1.6 on kujutatud eraldusriba detailne ristprofiil. Projekteerimisel peab arvestama laiusparameetriga, mis on toodud välja tabelis 1.7.



Joonis 1.5 Neljarajalise kiirtee ristprofiil Rootsi normide järgi [5, lk 10]

Märkus: Joonisel 1.5 on kasutatud järgmisi tähiseid: K1 – väline sõidurada; K2 – sisemine sõidurada; Vi – sisemine teepeenar; V – välimine teepeenar, M – eraldusriba.



Joonis 1.6 Kiirtee eraldusriba ristprofiil Rootsi normide järgi [5, lk 10]

Märkus: Joonisel 1.6 on kasutatud järgmisi tähiseid: M – eraldusriba; SR – kindlustamata teepeenar.

Tabel 1.7 Kiirtee laiusparameetrid [5, lk 9]

	K1, välimine sõidurada, m	K2, sisemine sõidurada, m	Vi, sisemine teepeenar, m	V, välimine teepeenar, m	M, eraldusriba, m
Tee	3,5	3,5	0,5	2,0	2,5
Sild	3,5	3,5	0,5	2,0	-
Tunnel	3,5	3,5	1,0	2,0	-

Eraldusriba laiust kahe sõidutee vahel võib vajadusel suurendada, et ära mahutada näiteks sillatugi, valgustus või teehoolduseks mõeldud ringipööramiseks. Eraldusriba laiendamise vajaduse võivad põhjustada ka looduslikud pinnavormid ja kõrghaljastus, mida säilitatakse tee arhitektuurilisel ja looduskeskkonnalistel põhjustel. [5, lk 9]

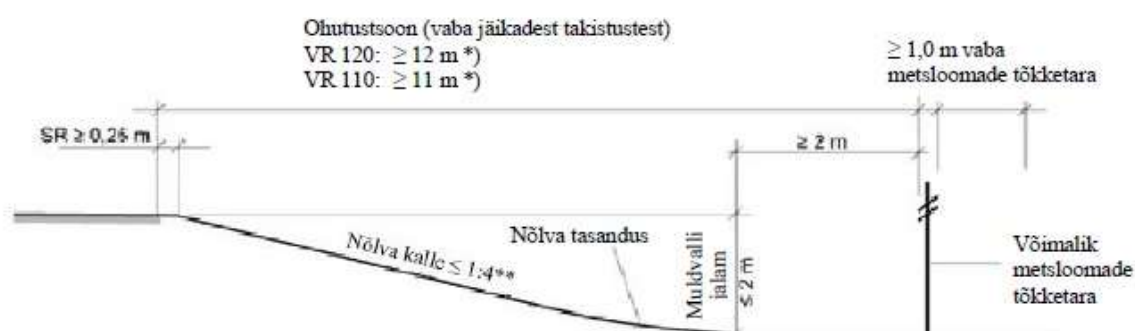
1.2.2 Sõiduteega külgneva ala projekteerimine

Vastavalt Rootsi kiirteede projekteerimismäärdele eristatakse sõiduteega külgneva ala projekteerimisel kolme ristprofili lahendust sõltuvalt pikiprofilist [5, lk 11]:

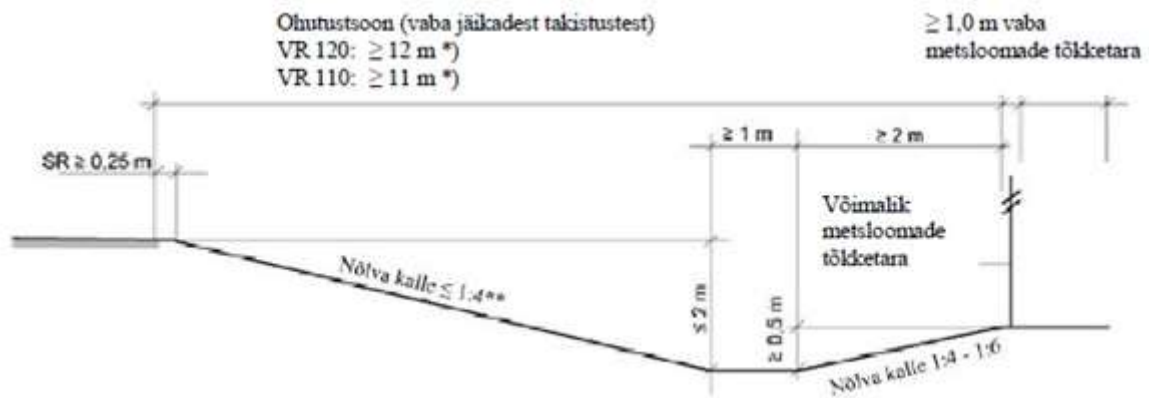
- 1) muldkeha ilma pörkepiirdeta;
- 2) süvend ilma pörkepiirdeta;
- 3) muldkeha/süvend koos pörkepiirdega.

Kiirteed tuleb üldjuhul projekteerida külgmiste pörkepiiretega. Erandina ei pea pörkepiirdeid projekteerima madalatele muldkehadele, mis asuvad avatud maastikul ning kus puuduvad külgtakistused. [5, lk 11]

Kose-Ardu projekteerimisel ja ehitamisel on kasutatud joonistel 1.7 ja 1.8 toodud lahendusi.



Joonis 1.7 Muldkeha ilma pörkepiirde ja kraavita Rootsi projekteerimismäärde järgi [3, lk 12]



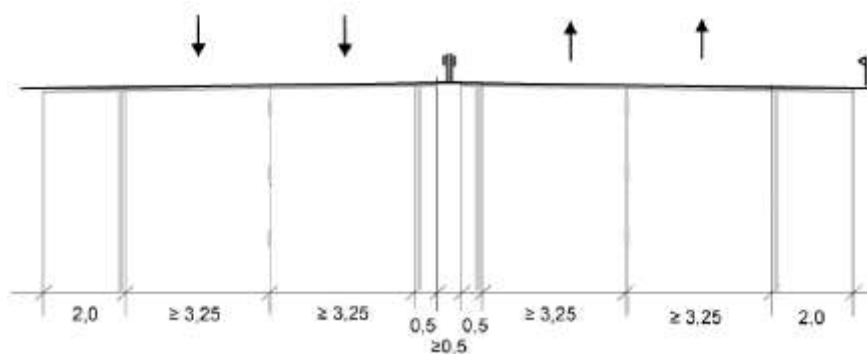
Joonis 1.8 Muldkeha ilma pörkepiirdeta ja kraaviga Rootsi projekteerimismõõtude järgi [5, lk 12]

Teehooldaja heakskiidul võib pörkepiirdeta muldkeha suurimat kõrgust ja kraavi suurimat sügavust suurendada, kui on vajalik võtta arvesse maapinnas olevaid lohke või tee pealisehituse drenaaži. [5, lk 11]

1.2.3 Sõidurada

Autoliikluseks mõeldud sõidurada peab olema vähemalt 3,0 m ja kõige rohkem 4,0 m lai. Kiirteedel, kus projektkiirus on suurem võrdne 110 km/h, peavad sõiduradade laiused uutel teedel olema vähemalt 3,5 m. [5, lk 35]

Joonisel 1.9 on toodud näide Rootsi tiheasustatud piirkonna läheduses asuva neljarajalise ja 18,5 m kogulaiusega kiirtee ristprofili lahendusest.



Joonis 1.9 Neljarajalise, 18,5 m laiusega kiirtee ristprofili näidis [5, lk 63]

Kiirteedel peavad olema keskpörkepiirded. Muudel mitme sõidurajaga teedel peab keskpörkepiire olema juhul, kui projektkiirus on suurem kui 80 km/h. [3, lk 68]

1.2.4 Tee sobitamine loodus- ja kultuurikeskkonda

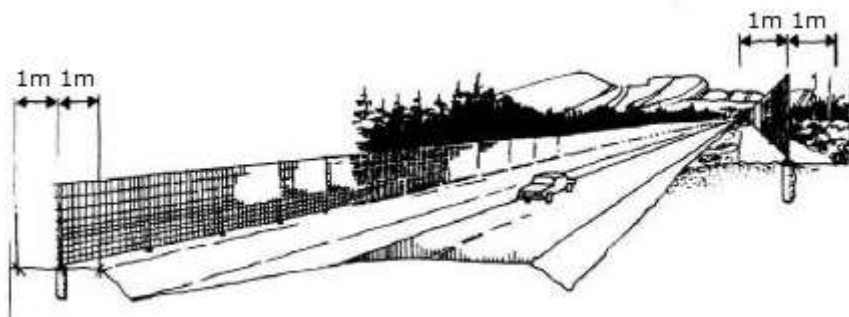
Projekteerimisel tuleb arvestada uue sõidutee asukoha seost loodus- ja kultuurikeskkonnaga. Projekteerimisel ja ehitamisel tuleb arvestada järgmist [3, lk 83]:

- 1) vältida maastiku osadeks eraldamist;
- 2) hoida ära negatiivset mõju loodus- ja kultuurikeskkonnale, kaitsta looduskeskkonda;
- 3) tagada eritasandiliste läbipääsudega teeületuskohad faunale;
- 4) ehitada sillad ja rajatised üle veekogude selliselt, et need ei takistaks loomadel ja inimestel liikuda veekogus ja piki seda;
- 5) kontrollida, kas tegemist võib olla veemajandust mõjutava faktoriga.

1.2.5 Metsloomade ja fauna tõkketara

Metsloomade ja fauna tõkketara tuleb üles seada mõlemale poole teed. Erandiks on juhud, kui on olemas tõkketaraga samaväärne barjäär (nt tee poolt läbilõigatud kaljusein). Tõkketara kõrgus, aiavõrgu silma suurus, ankurdus ja paigutus peab olema kohandatud lähtuvalt piirkonna loomastikust. [5, lk 240]

Metsloomade ja fauna tõkketara tuleb paigutada selliselt, et loomi juhitakse piki tara. Teemaa-ala tuleb planeerida tasaselt nii, et tõkketara oleks võimalik paigutada sujuvalt tasasele maapinnale. Selleks, et kergendada loomadele tõkketara märkamist peab mõlemal pool tõkketara olema vähemalt 1 m laiune vaba riba (joonis 1.10). [5, lk 240]



Joonis 1.10 Tõkketara paigutus piki teed [5, lk 241]

2. PROJEKTEERIMISNORMIDE VÕRDLUS KOSE-ARDU TEELÕIGU PÕHIPROJEKTI NÄITEL

2.1 Projekteeritud Kose-Ardu teelõigu iseloomustus

2.1.1 Kose-Ardu teelõigu üldandmed

Põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee Kose-Ardu teelõigu km 40,0-52,7 tehnilise projekti on koostanud Skepast & Puhkim OÜ ja UAB Kelprojektas Maanteeameti tellimusel. [6, lk 6]

Kose-Ardu teelõik asub põhimaantee nr 2 kilomeetritel 40,0-52,7 (olemasoleva Tartu maantee km 40,0 kuni 55,1) (joonis 2.1). Ardu liiklussõlme projekt on esitatud eraldi osana Ardu-Võõbu teelõigu projektist. Kose-Ardu teelõik on osa E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa rahvusvahelisest põhimaanteest. Maantee kuulub TEN-T võrgustikku. Tegemist on siseriiklikult tähtsa maanteega, mis ühendab üheksat maakonda pealinnaga ning Luhamaa piiripunktiga. Maantee E263 koos maanteedega E20 Tallinn-Narva, E67 Tallinn-Pärnu-Ikla ja E264 Jõhvi-Tartu-Valga moodustavad kogu vabariiki katva rahvusvaheliste maanteedega võrgustiku, millega on ühendatud kõik olulisemad piiripunktid ja suuremad linnad. [6, lk 6]



Joonis 2.1. Kose-Ardu teelõigu skeem [6, lk 6]

Kose-Ardu projekteeritud teelõigu peamised näitajad on järgmised [6, lk 19]:

- 1) I klassi maantee;
- 2) põhimaantee projektkiirus on 120 km/h;
- 3) projekteerimise lähtetase kõigi parameetrite valikul on rahuldav.

2.1.2 Kose-Ardu teelõigu liiklusuuring

Kose-Võõbu teelõigu km 40,0–68,0 tehnilise projekti koostamise raames viidi läbi liiklusuuring Inseneribüroo Stratum OÜ poolt. [6, lk 6]

Liiklusloendus teostati 2014. aasta mais nii voolikloendusena kahes ristprofiilis kui ka 8-tunniste käsiloendustena olulisematel ristmikel. Aasta keskmise ööpäevase liiklussageduse (AKÖL) leidmiseks on kasutatud nädalategurit. [6, lk 6]

Tabel 2.1 Automaatloenduse andmete alusel ristprofiili AKÖL põhimaantee nr 2 [6, lk 27]

	Nädala keskmine liiklussagedus				Aasta keskmine liiklussagedus (AKÖL)			
	SA	VAAB	AR	Kokku	SA	VAAB	AR	Kokku
Tee 2 km, 41,1	8140	382	878	9401	7713	350	806	8869
Tee 2 km, 56,2	7369	368	923	8660	6985	338	847	8170

2.1.3 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil

Projekteeritud põhimaantee ristprofiil on erinev eelprojekti lahendusest ning tegemist on erilahendusega, mis on tellija poolt kooskõlastatud. Projekteeritud sõiduraja laiuks on 3,5 m, välimise kindlustatud peenra laiuks 2,0 m ning kindlustamata peenra laiuks 0,25 m. Põrkepiirde korral on kindlustamata peenra laiuks 1,0 m. Ristprofiili parameetrid on kooskõlas Rootsi kiirteede projekteerimisnormidega. Eraldusriba puhul on kasutatud kahte tüüpi ristprofiili – kitsa 2,8 m laiuse eraldusribaga ja 5,5 m laiuse eraldusribaga ristprofiile. Valdavalt on kasutatud kitsa eraldusribaga ristprofiili. Laiemat eraldusriba on kasutatud liiklussõlmede ja ökodukti juures, võimaldamaks rajatiste sammaste paigutamist eraldusribale. Kitsalt eraldusribalt laiale eraldusribale üleminekuks on projekteeritud üleminekukiilud. [6, lk 33]

Maantee on kahepoolse põikkaldega 2,5%, peenarde põikkalle on 4,0%. Kitsa eraldusriba korral on ette nähtud ühekordne põrkepiire. Laia eraldusriba korral on ette nähtud kahekordne põrkepiire, piirde esiserv on kavandatud katte servajoonest 0,5 m tagasiastega. Muldkeha nõlvuseks on kuni 3,0 m kõrguse mulde korral projekteeritud 1:4 ning üle 3,0 m kõrguse mulde korral 1:2. [6, lk 33]

Selleks, et vältida loomade sattumist maanteele ning seeläbi ka loomadest põhjustatud liiklusohlike olukordade tekkimist, on pea kogu projekteeritava teelõigu ulatuses ette nähtud loomatarade paigaldamine kummalegi poole sõiduteed. [6, lk 30]

2.1.4 Liikluskorraldusvahendid, piirded ja tähispostid

Põhitee teekattemärgistus on projekteeritud kogu mahus termovaluplastikust. Välimiste sõiduradade servadesse on ette nähtud struktuurne teekattemärgistus. Põhimaantee tähispostid on ette nähtud paigaldada 0,5 m kaugusele asfaltkatte servast, mulde servale. [6, lk 42]

Põrkepiirete projekteerimisel on lähtutud projekteerimismidest „Piirded riigiteedel juhendist“. Sellest tulenevalt on piirded kavandatud üle 3,0 m kõrgete mullete korral, rajatistele ning sillasammaste ette. [6, lk 42]

Põhimaantee eraldusribale on olenevalt ristprofiili laiusest projekteeritud kas ühe- või kahekordsed põrkepiirded ohjeldamise tasemega H2. Projekteeritud keskpäärde süsteemi suurim lubatud laius on 0,8 m. [6, lk 42]

2.2 Ristprofiilide parameetrite võrdlus

Kose-Ardu teelõigu projekteerimisel on võetud arvesse Rootsi kiirteede projekteerimismidest. Sellest tulenevalt on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti projektlahendus erinev MKM-i I klassi maanteede projekteerimismidest. Tabelisse 2.2 on koondatud Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ning MKM-i I klassi maanteede ja Rootsi kiirteede projekteerimismidest ristprofiilide lahendused. Lisas 4 on välja toodud Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti tüüpristprofiil kitsa eraldusribaga.

Tabel 2.2 Ristprofiilide võrdlus [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
Projektkiirus, km/h	110	120	110-120
Sõiduraja laius, m	3,50	3,75	≥3,50
Sõidurajade arv, tk	4	≥4	≥4
Sõidutee laius, m	2x7,00	2x7,50	2x7,00
Peenra laius kokku, m	2,25	3,00	2,00
Kindlustatud peenar, m	2,00	2,50	2,00
Tugipeenar, m	0,25	0,50	puudub
Eraldusriba vähim laius kokku, m	2,80	6,00	3,50
Ääreriba, m	2x1,40	2x1,00	2x0,50
Vaheriba, m	puudub	4,00	2,50
Katte laius, m	2x10,40	2x11,0	2x9,50
Maantee laius, m	21,30	27,00	21,50
Mulde nõlv	1:4	1:1,5	1:2



Joonis 2.2 Rootsi kiirtee nr 40 [6]



Joonis 2.3 Kose-Ardu teelõigu PK 418+00 (seisuga 20.10.2019) suunaga Tallinna poole [erakogu]

Peenra osas on märkimisväärne erinevus kindlustatud peenra laiuses. Kui MKM-i I klassi maanteed projektierimismõnede kohaselt on kindlustatud peenra laius 2,5 m, siis Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofili järgi on kindlustatud peenra laius 0,5 m võrra väiksem ehk 2 m, nii nagu on sätestatud Rootsi kiirteede projektierimismõnede. Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti tugipeenar on poole väiksem MKM-i I klassi maanteed

projekteerimismisnormidest. Tähelepanu väärib Rootsi kiirteede ristprofiili erisus, kus kate lõppeb kindlustatud peenraga.

Kose-Ardu teelõigu sõiduraja laius on 0,25 m võrra kitsam MKM-i I klassi projekteerimismisnormidest tulenevast laiupest. Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili põhimaantee kogulaius on 21,3 m, MKM-i I klassi maanteede ristprofiili järgi 27 m. Kose-Ardu teelõigule valitud ristprofiili kohaselt väheneb katte kogulaius 1,2 m võrra ning maantee kogulaius 5,7 m võrra, võrreldes MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormidega. Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti silmatorkav maantee kogulaiuse vähenemine on tingitud vaheriba puudumisest.

Kose-Ardu teelõigu ristprofiili katte kogulaius on 1,8 m võrra laiem ning maantee kogulaius 0,2 m võrra kitsam, võrreldes Rootsi kiirteede projekteerimismisnormidega.

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili eraldusriba on MKM-i I klassi maanteede ristprofiilist kitsam 3,2 m võrra ning Rootsi kiirteede ristprofiilist kitsam 0,7 m võrra. MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide kohaselt on I klassi maantee vaheriba lubatud vähendada, kui kasutusele võetakse täiendavad vahendid, mille abil luuakse tingimused ohutuks liiklemiseks. Kose-Ardu teelõigu puhul tagab eraldusriba funktsiooni ühekordne pörkepiire.

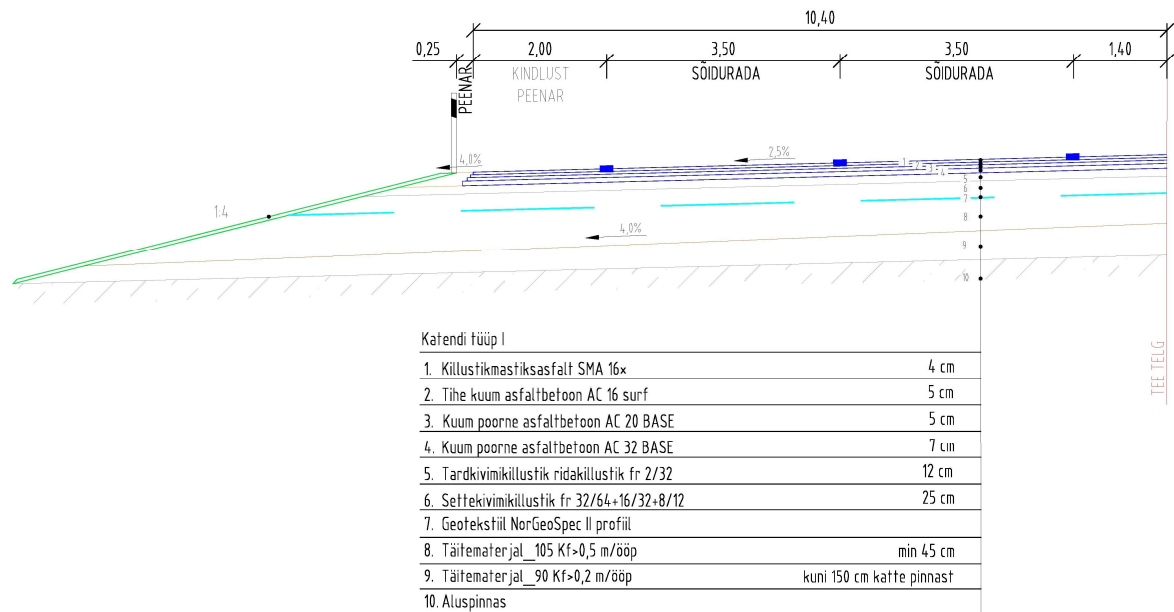
2.3 Ristprofiilide töömahtude võrdlus

Arvutuslik konstruktsioon koosneb järgmistest kihtidest:

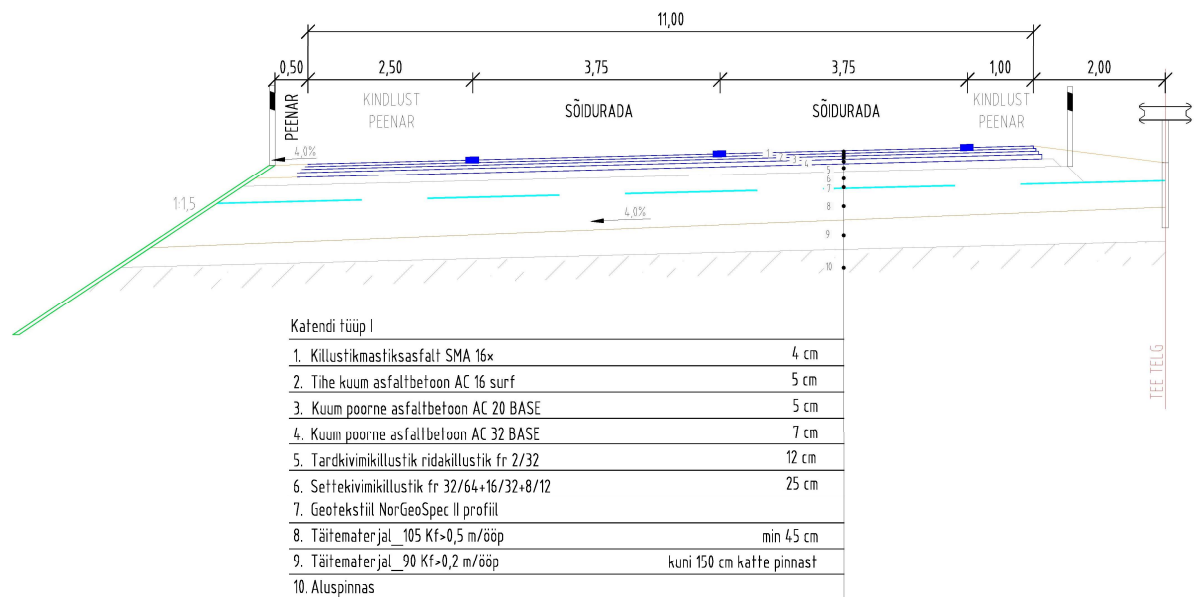
- 1) SMA 16 – 4 cm;
- 2) AC 16 surf – 5 cm;
- 3) AC 20 base – 5 cm;
- 4) AC 32 base – 7 cm;
- 5) tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32 – 12 cm;
- 6) settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12 – 25 cm;
- 7) geotekstiil NorGeoSpec II profiil;
- 8) täitematerjal 105 $K_f > 0,5$ m/ööp – min 45 cm;
- 9) täitematerjal 90 $K_f > 0,2$ m/ööp – kuni 150 cm katte pinnast;
- 10) aluspinnas.

Alljärgnevalt on esitatud magistritöö autori koostatud Kose-Ardu teelõigu ühe sõidusuuna ristprofiilid põhiprojekti (joonis 2.4), MKM-i I klassi maanteede (joonis 2.5) ning Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide (joonis 2.6) ristprofiilide parameetrite

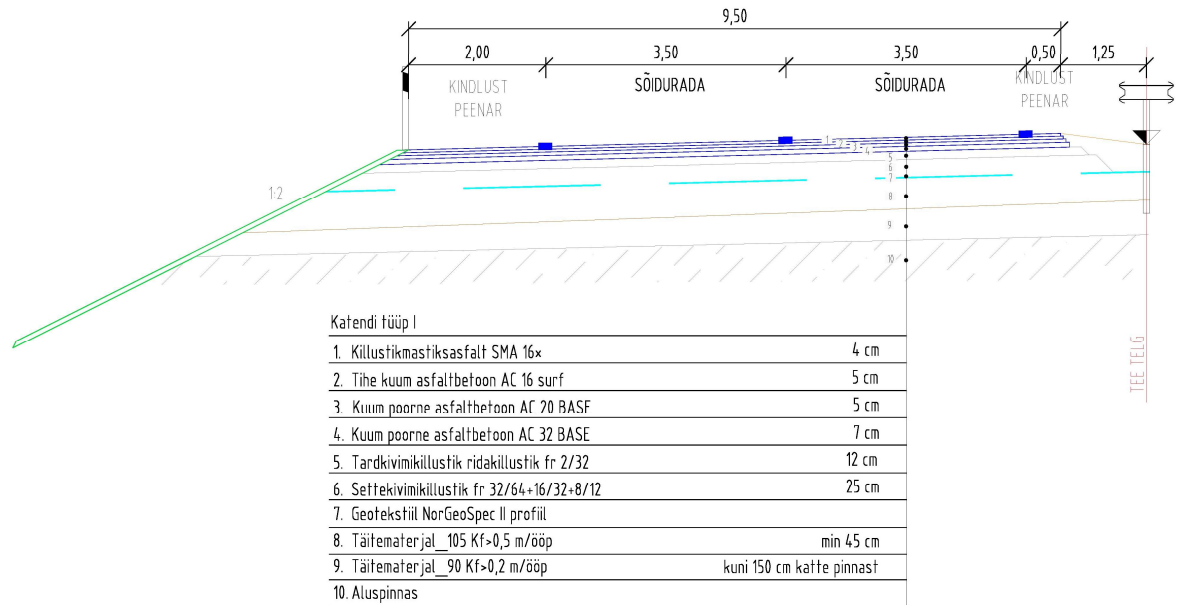
järgi. Lisades 4–6 on toodud ristprofiilid kogu tee laiuses. Jooniste koostamisel ja töömahtude arvutamisel on kasutatud joonestusprogrammi AutoCad.



Joonis 2.4 Kose-Ardu teelõigu ühe poole ristprofiil põhiprojekti järgi [7]



Joonis 2.5 Kose-Ardu teelõigu ühe poole ristprofiil MKM-i I klassi maantee de projekteerimismuutuste järgi [autori koostatud]



Joonis 2.6 Kose-Ardu teelõigu ühe poole ristprofiil Rootsi kiirteede projekteerimismäärde järgi [autori koostatud]

Tabel 2.3 Ristprofiilide töömaht kogu teelaiuses, m² jooksvale meetrile [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteed ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, m ²	0,84	0,88	0,76
AC 16 surf, m ²	0,84	0,88	0,78
AC 20 base, m ²	1,06	1,12	0,98
AC 32 base, m ²	1,48	1,58	1,40
Kindlustamata teepeenar, m ²	0,24	0,22	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, m ²	2,84	2,94	2,50
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, m ²	6,30	6,56	5,70
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, m ²	16,46	15,58	12,38
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, m ²	11,90	12,56	11,22
Vaheriba täitematerjal, m ²	puudub	1,28	0,76

1. Muldkeha võrdlus ja tehnoloogiline erinevus

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil on muldkeha laiuselt kitsam MKM I klassi maanteed projekteerimismäärde ristprofiilist, kuid vajalik täitematerjali kogumaht on mõlemal ristprofiilil sarnane (Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti 28,36 m², MKM-i I klassi maanteed projekteerimismäärde järgi 28,14 m²) tulenevalt Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti laugetest 1:4 nõlvadest.

Rootsi kiirteede projekteerimismäärde järgi on muldkeha maht 23,60 m² ehk ligi viis ruutmeetrit jooksvale meetrile väiksem Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ja MKM-i I klassi maanteed projekteerimismäärde ristprofiilidele vastavatest mahtudest. Erinevus tuleneb projekteeritud katte laiuste erinevusest.

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilis toodud muldkeha erinevus seisneb võrreldes MKM-i I klassi maanteede projekteerimismõõnidega selles, et Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti muldkehas kasutatatakse tänu muldkeha põikkaltele parema filtratsiooniga täitematerjali suuremas mahus.

Kõigi kolme ristprofiili muldkeha tehnoloogiline ehitamine on sarnane, kuna muldkeha rajatakse teeteljest ühtlase laiuse ja kahepoolse kaldega. Märkatav erinevus on seotud ka Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti 1:4 nõlvuse tagamisega. Nimelt, arvestades materjali varisemise nurka, tuleb nõlvad täiendavalt planeerida ekskavaatoriga ning töö tuleb teostada vaheetapina enne killustikaluse rajamist.

2. Katendi võrdlus ja tehnoloogiline erinevus

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti järgi on ristprofiili katte laius koos kindlustamata peenraga 2x10,65 m ning MKM-i I klassi maanteede projekteerimismõõnide järgi 2x11,5 m. Rootsi kiirteede projekteerimismõõnidele vastaval ristprofiilil puudub kindlustamata peenar. Rootsi kiirteede katte laius ilma kindlustamata peenrata on 2x9,5 m.

Katte laiusest tulenevalt on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti järgi killustikaluse kokkuhoid 0,36 m² jooksvale meetrile võrrelduna MKM-i I klassi maanteede projekteerimismõõnide ristprofiiliga, mis teeb protsentuaalselt 3,9% Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti killustikaluse kokkuhoiuks. Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti järgi hoitakse protsentuaalselt rohkem kokku settekivimikillustikaluse ehitamisel.

Võrreldes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili killustikaluse mahtu Rootsi kiirteede projekteerimismõõnide ristprofiiliga, siis on Rootsi projekteerimismõõnide järgi killustikaluse kokkuhoid 0,94 m² jooksvale meetrile, mis teeb protsentuaalselt 10,3% killustikaluse kokkuhoiuks Rootsi projekteerimismõõnide järgi ehitamisel.

Tehnoloogiliselt on lihtsam ehitada killustikalust vastavalt Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilile, kuna ristprofiilil puudub vaheriba ning killustikaluse saab ehitada teeteljele katusesse. Selleks, et tagada Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili killustikaluse 1:4 nõlvus tuleb greideri või ratasekskavaatoriga lõigata killustikaluse nõlv enne kindlustamata peenra materjali paigaldust. Ehitades vaheribaga MKM-i I klassi maanteede ja Rootsi kiirteede projekteerimismõõnidele vastavat ristprofiili, tuleb jälgida lisaks killustikaluse välimisele servale ka vaheriba poolset sisemist serva, et tagada asfaltkatte paigaldamise laius vastavalt tüüpristprofiilile.

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti järgi on asfaltkatte kokkuhoid 0,24 m² jooksvale meetrile võrreldes MKM-i I klassi põhimaanteede projekteerimismõõnide ristprofiiliga, mis teeb protsentuaalselt 5,7% Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili asfaltkatte

kokkuhoiuks. Võrreldes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti asfaltkatet Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide ristprofiiliga on Rootsi kiirteede asfaltkatte lahenduse kokkuhoid 0,30 m² jooksvale meetrile ning seega on kogu asfaltkatte mahuline kokkuhoid 7,1%.

Tabelis 2.4 on välja toodud asfaltkatte kihtide mahulised võrdlused protsentuaalselt võrrelduna Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiiliga.

Tabel 2.4 Ristprofiilide asfaltkatte kihtide töömahtude erinevused võrrelduna Kose-Ardu teelõigu ristprofiiliga [autori koostatud]

	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil, %	Rootsi kiirteede ristprofiil, %
SMA 16	4,8	-9,5
AC 16 surf	4,8	-7,1
AC 20 base	5,7	-7,5
AC 32 base	6,8	-5,4

Kõigi kolme ristprofiili asfalteerimistööde korral alustakse ühepoolse kaldega teedel asfaltsegu paanide laotamist katte madalama ääre poolt arvestamata laiendusi. Erinevatest kattelaiustest sõltuvalt tuleb arvestada, et ühepoolse kaldega asfaltkatte puhul nihutatakse eri kihtide pikivooke üksteise suhtes vähemalt 15 cm võrra. Kõigi kolme ristprofiili surf kihi paigaldamisel tuleb jälgida, et vuuki ei satuks rattajälgi. Vajadusel märgitakse välja markeeringu asukoht enne surf segu paigaldamist, et katte vuuk jääks markeeringu alla.

Tabelis 2.5 on toodud vuukide paiknemise skeem Kose-Ardu teelõigu põhiprojektis, arvestusega, et SMA 16 paigaldatakse seitsme aasta pärast.

Tabel 2.5 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti vuukide paiknemise skeem [autori koostatud]

AC 16 surf	h=5 cm	4,92 m	5,52 m
AC 20 base	h=5 cm	5,15 m	5,35 m
AC 32 base	h=7 cm	5,38 m	5,20 m

3. PÕHIMAANTEEDE NR 1, 2 JA 4 EHITAMINE NELJARAJALISTEKS MAANTEEDEKS

3.1 Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 olemasolev olukord

Eesti põhimaantee nr 1 Tallinn-Narva on 212,646 km, põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa on 287,814 km ja põhimaantee nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla 192,282 km pikkune.

Tabelites 3.1 ja 3.2 on välja toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõigud, mis on ehitatud vastavalt 2+2 ja 2+1 kattega maanteedeks, tuginedes teeregistri andmetele seisuga 16.04.2020 [9].

Tabel 3.1 2+2 kattega põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõigud [autori koostatud]

Tee nr	Nimi	Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km
1	Tallinn-Narva	10,38	63,58	53,21
1	Tallinn-Narva	63,58	80,97	17,39
1	Tallinn-Narva	87,33	90,21	2,88
1	Tallinn-Narva	156,58	163,69	7,11
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	5,51	25,88	20,37
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	25,88	32,89	7,01
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	32,89	39,88	6,99
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	85,21	91,18	5,97
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	186,57	190,70	4,13
4	Tallinn-Pärnu-Ikla	13,04	27,17	14,13
4	Tallinn-Pärnu-Ikla	120,70	122,85	2,15
4	Tallinn-Pärnu-Ikla	125,22	130,57	5,34

Tabel 3.2 2+1 kattega põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõigud [autori koostatud]

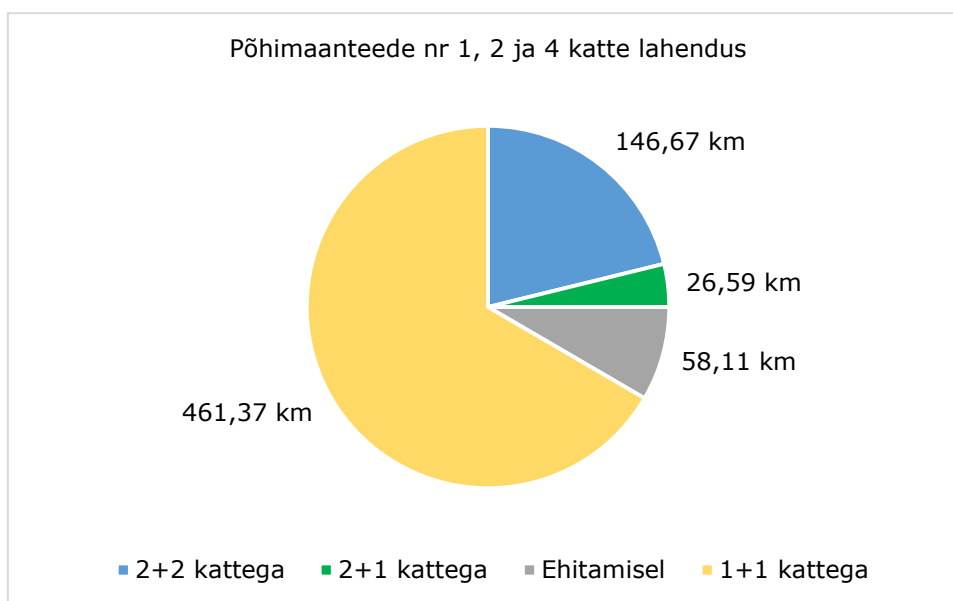
Tee nr	Nimi	Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	131,02	135,16	4,14
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	142,20	146,94	4,74
2	Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa	160,83	168,11	7,27
4	Tallinn-Pärnu-Ikla	28,38	36,69	8,31
4	Tallinn-Pärnu-Ikla	120,44	122,57	2,12

Teeregistri andmetel on põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 ehitatud 2+2 kattega maanteeks 146,67 km ning 2+1 kattega maanteeks 26,59 km ulatuses. Põhimaantee nr 1 on ehitatud 2+2 kattega maanteeks 37,9% ulatuses kogu maantee pikkusest (s.o 80,58 km). Põhimaantee nr 2 on ehitatud 2+2 kattega maanteeks 15,5% ulatuses kogu maantee pikkusest (s.o 44,47 km) ja 2+1 kattega maanteeks 5,62% ulatuses kogu maantee pikkusest (s.o 16,62 km). Põhimaantee nr 4 on ehitatud 2+2 kattega maanteeks 11,25% ulatuses kogu maantee pikkusest (s.o 21,63 km) ja 2+1 kattega maanteeks 5,42% ulatuses kogu maantee pikkusest (s.o 10,43 km).

Tabelis 3.1 ei kajastu ehitamisel olevad Vão sõlme, Aaspere-Haljala ja Kose-Ardu-Võõbu-Mäo teelõigud (tabel 3.3), mis ehitatakse 2+2 kattega maanteedeks ning mille kogupikkuseks on 58,11 km.

Tabel 3.3 Ehitamisel olevad põhimaanteed nr 1 ja 2 teelõigud [autori koostatud]

Tee ja teelõigu nimetus	Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km
Põhimaantee nr 1			
Vão sõlm	9,00	10,20	1,20
Aaspere-Haljala	75,80	87,40	11,60
Põhimaantee nr 2			
Kose-Ardu-Võõbu-Mäo	39,90	85,21	45,31



Joonis 3.1 Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 katte lahendus [autori koostatud]

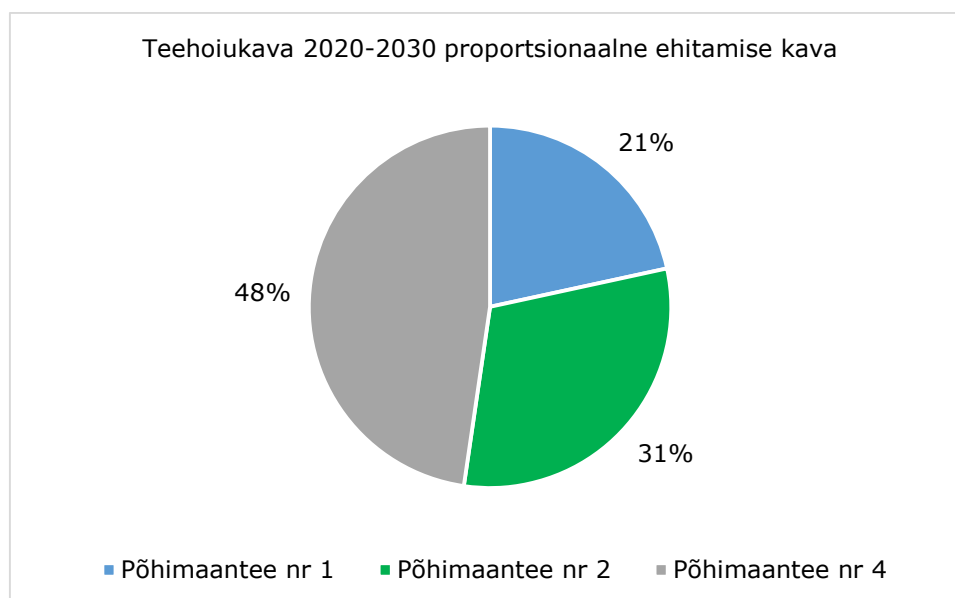
Joonisel 3.1 on esitatud kokkuvõtlikult tabelites 3.1 kuni 3.3 toodud andmed. Seisuga 16.04.2020 on põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 ehitatud 2+2 kattega maanteedeks kokku 146,67 km ja 2+1 kattega maanteedeks 26,59 km ulatuses. Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 on ehitamata 2+2 või 2+1 kattega maanteedeks 461,37 km ulatuses.

Arvestades eeltoodud teeregistri kui ka ehituses olevate teelõikude andmeid, siis sellest lähtuvalt, on seisuga 16.04.2020 põhimaantee nr 1 ehitamata 2+2 või 2+1 kattega maanteedeks 56,09% ulatuses (s.o 119,26 km), põhimaantee nr 2 84,26% ulatuses (s.o 181,88 km) ja põhimaantee nr 4 83,33% ulatuses (s.o 160,23 km).

Tabel 3.4 Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamise indikatiivne kava [autori koostatud, 2]

Tee ja teelõigu nimetus	Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km
Põhimaantee nr 1			
Jõhvi-Toila ristmikud	163,60	170,00	6,40
Toila ristmik-Sillamäe	170,00	183,00	13,00
Sillamäe-Narva	188,00	209,00	21,00
		Kokku	40,40
Põhimaantee nr 2			
Mäeküla möödasõit	92,00	102,00	10,00
Käasukonna õgvendus	102,00	109,00	7,00
Pala ristmik	109,00	112,00	3,00
Põltsamaa ümbersõit	126,00	132,00	6,00
Neanurme-Pikknurme	135,50	141,90	6,40
Puurmani-Laeva	147,00	160,80	13,80
Kärevere-Kardla	170,00	174,40	4,40
Kardla-Tiksoja	174,40	178,00	3,60
Lennujaama-Reola	191,20	194,50	3,30
		Kokku	57,50
Põhimaantee nr 4			
Kernu-Varbola	42,00	50,00	8,00
Varbola-Päädeva	50,00	62,00	12,00
Päädeva-Konuvere	62,00	77,00	15,00
Konuvere-Jädivere	77,00	89,00	12,00
Jädivere õgvendus	89,00	92,00	3,00
Libatse-Are	92,00	109,00	17,00
Are-Nurme	109,00	120,70	11,70
Sauga-Pärnu	122,60	125,20	2,60
Pärnu-Uulu	133,60	141,50	7,90
		Kokku	89,20

Joonisel 3.2 on toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 proportsionaalne ehitamise kava vastavalt ehitatavatele teepikkustele.



Joonis 3.2 Teehoiukava 2020–2030 proportsionaalne ehitamise kava [autori koostatud]

Eesti riigiteede teehoiukava 2020–2030 kohaselt plaanitakse ehitada põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 (tabel 3.4) neljarajalisteks maanteedeks 187,10 km ulatuses. Arvestades

teehoiukavas 2020–2030 seatud eesmärki ehitada Tartu, Pärnu ja Narva suunalised põhimaanteed 2+2 kattega maanteedeks, siis selle kohaselt on 2030. a lõpuks ehitatud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 2+2 ja 2+1 kattega maanteedeks 60,41% ulatuses (s.o 418,47 km) põhimaanteede kogupikkusest. Teehoiukava indikatiivse ehitamise kava järgi on 2030. a põhimaantee nr 1 ehitatud 2+2 kattega maanteeks 62,19% ulatuses (s.o 133,78 km), põhimaantee nr 2 2+2 kattega maanteeks 51,15% (s.o 147,28 km) ja põhimaantee nr 4 2+2 kattega maanteeks 57,64% (s.o 110,83 km) ulatuses kogu teepikkustest.

3.2 Hüpoteetilise töomahu leidmine

Arvestades teehoiukavas toodud indikatiivset ehitamise kava, siis on plaanis 2030. a lõpuks ehitada 187,1 km põhimaanteedest nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks I klassi maanteedeks.

Alljärgnevalt on arvatud välja ehitamise hüpoteetiline töömaht vastavalt Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili hübriidlahendusele, MKM-i I klassi põhimaanteede ning Rootsi kiirteede projekteerimismõõtude ristprofiilidele. Töomahu arvestamise aluseks on teehoiukavas planeeritud teelõikude indikatiivne neljarajalisteks maanteedeks ehitamise kava (tabel 3.4).

Täitematerjali kuupmeetrid on leitavad, kasutades tabelis 2.3 toodud andmeid, kus täitematerjali maht on esitatud ruutmeetrina jooksvale meetrile. Katendi kihtide töomahude leidmise aluseks on tabelis 3.5 esitatud kihtide laius, kuna katendi kihtide töomahu parameetri aluseks kasutatakse ruutmeetrit.

Tabel 3.5 Ristprofiilide kihtide ehitamise ja paigaldamise laius [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, m	10,40	11,00	9,50
AC 16 surf, m	10,44	11,08	9,64
AC 20 base, m	10,50	11,18	9,75
AC 32 base, m	10,58	11,30	10,05
Kindlustamata teepeenar, m	0,25	0,50	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, m	11,54	12,10	10,22
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, m	12,05	12,52	10,70
Vaheriba täitematerjal, m	puudub	2,00	1,25

Tabel 3.6 Põhimaantee nr 1 indikatiivsed töömahud [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, m ²	420 160	444 400	383 800
AC 16 surf, m ²	421 776	447 632	389 456
AC 20 base, m ²	424 200	451 672	393 900
AC 32 base, m ²	427 432	456 520	406 020
Kindlustamata teepeenar, m ²	10 100	20 200	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, m ²	466 216	488 840	412 888
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, m ²	486 820	505 808	432 280
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, m ³	664 984	629 432	500 152
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, m ³	480 760	507 424	453 288
Vaheriba täitematerjal, m ³	puudub	51 712	30 704

Tabel 3.7 Põhimaantee nr 2 indikatiivsed töömahud [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, m ²	598 000	632 500	546 250
AC 16 surf, m ²	600 300	637 100	554 300
AC 20 base, m ²	603 750	642 850	560 625
AC 32 base, m ²	608 350	649 750	577 875
Kindlustamata teepeenar, m ²	14 375	28 750	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, m ²	663 550	695 750	587 650
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, m ²	692 875	719 900	615 250
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, m ³	946 450	895 850	711 850
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, m ³	684 250	722 200	645 150
Vaheriba täitematerjal, m ³	puudub	73 600	43 700

Tabel 3.8 Põhimaantee nr 4 indikatiivsed töömahud [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, m ²	927 680	981 200	847 400
AC 16 surf, m ²	931 248	988 336	859 888
AC 20 base, m ²	936 600	997 256	869 700
AC 32 base, m ²	943 736	1 007 960	896 460
Kindlustamata teepeenar, m ²	22 300	44 600	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, m ²	1 029 368	1 079 320	911 624
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, m ²	1 074 860	1 116 784	954 440
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, m ³	1 468 232	1 389 736	1 104 296
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, m ³	1 061 480	1 120 352	1 000 824
Vaheriba täitematerjal, m ³	puudub	114 176	67 792

3.3 Hüpoteetilise ajakulu leidmine

3.3.1 Ajakulu Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi

Töötappide hüpoteetilise ajakulu leidmise aluseks on kasutatud tootlikkusi, mis pärinevad lõputöö autori töökogemustest seoses Kose-Ardu objekti eelarvestamise kui ka reaalse ehitamisega. Lisaks on tootlikkuste arvutamisel kasutatud Andrus Aaviku teehitus I loengumaterjale. [10]

1. Kasvupinnase eemaldamine

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti tüüpristprofiili laiuse tagamiseks tuleb kasvupinnas eemaldada arvestuslikult 34,6 m laiuselt alalt ning 30 cm paksuse kihina. Sellest tulenevalt on kasvupinnase eemaldamise mahud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 teelõikudel järgmised:

- 1) põhimaantee nr 1 – 419 352 m³;
- 2) põhimaantee nr 2 – 596 850 m³;
- 3) põhimaantee nr 4 – 925 896 m³.

Kasvupinnase koorimisel kasutatakse 21-tonnist Volvo EC220E roomikekskavaatorit ning kasvupinnase äraveol Volvo A25D dumperit.

Eeltoodud lahendus on üks võimalikest lähenemistest kasvupinnase koorimise töö teostamiseks. Alternatiivne lahendus oleks kasutada kasvupinnase koorimisel buldoosereid ning paigutada teemaa-ala serva ekskavaatorid, mis tõstavad kokku lükatud kasvupinnase valli.

Roomikekskavaatori tootlikkus P_{RE} (m³/vah) 10 tunnise vahetuse jooksul leitakse valemiga (3.1):

$$P_{RE} = \frac{(3600 \cdot T \cdot Q \cdot K_k \cdot K_e)}{t_e \cdot K_p} \quad (3.1)$$

kus P_{RE} – roomikekskavaatori tootlikkus, m³/vah;

3600 – töötsükli arvestuslik aeg, sek;

T – vahetuse pikkus, h;

Q – roomikekskavaatori kopa maht, m³;

K_k – roomikekskavaatori kopa täitumistegur;

K_e – roomikekskavaatori tööaja kasutegur;

t_e – kopatäie laadimise aeg, sek;

K_p – pinnase kobestustegur.

Roomikekskavaatori tootlikkus ühe vahetuse jooksul on 972 m^3 vastavalt valemile (3.1):

$$P_{RE} = \frac{(3600 \cdot 10 \cdot 1,44 \cdot 1,00 \cdot 0,9)}{40 \cdot 1,2} = 972 \text{ m}^3/\text{vah}$$

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude kasvupinnase koorimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.9. Ajalise kulu leidmiseks on kasvupinnase mahud jagatud roomikekskavaatori ühe vahetuse tootlikkusega.

Tabel 3.9 Kasvupinnase eemaldamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Kasvupinnase eemaldamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	432
Põhimaantee nr 2	614
Põhimaantee nr 4	953

Selleks, et kasvupinnase eemaldamise ajaline kulu oleks mõistlik, tuleks teostada antud töö mitme vahetusega.

Dumperi tootlikkus kasvupinnase äraveol P (m^3/vah) 10 tunnise vahetuse jooksul leitakse valemiga (3.2):

$$P = \frac{(Q_a \cdot K_t \cdot T)}{\left(\frac{L}{V_k} + \frac{L}{V_t} + t\right)} \quad (3.2)$$

- kus P – veomasina tootlikkus, m^3/vah ;
- Q_a – veomasina kandevõime, m^3 ;
- K_t – veomasina tööaja kasutegur;
- T – vahetuse pikkus, h;
- L – veokaugus keskmiselt, km;
- V_k – koormatud veomasina keskmine kiirus, km/h;
- V_t – tühja veomasina keskmine kiirus, km/h;
- t – peale- ja mahalaadimise aeg (koos manööverdamise ajakuluga), h.

Dumperi tootlikkus P_D kasvupinnase äraveol ühe vahetuse jooksul on $281,4 \text{ m}^3$ vastavalt valemile 3.2:

$$P_D = \frac{(170,8 \cdot 10)}{\left(\frac{2}{15} + \frac{2}{20} + 0,25\right)} = 281,4 \text{ m}^3/\text{vah}$$

Roomikekskavaatori häireteta tööks vajalike dumperite arv A (tk) leitakse valemiga 3.3:

$$A = \frac{P_{RE}}{P_D} \quad (3.3)$$

kus A – roomikekskavaatori häireteta tööks vajalik dumperite arv, tk;
 P_{RE} – roomikekskavaatori tootlikkus, m³/vah;
 P_D – dumperi tootlikkus, m³/vah.

Roomikekskavaatori kasvupinnase koorimise häireteta tööks on vaja nelja dumperit vastavalt valemile 3.3:

$$A = \frac{972}{281,4} = 3,45 \text{ ehk } 4 \text{ dumperit}$$

2. Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest

Täitematerjali veoks kasutatakse poolhaakeid ning materjal tarnitakse karjääridest, mis asuvad arvestuslikult 30 km raadiuses. Täitematerjali veo tootlikkus 8 tunnise vahetuse jooksul on leitav valemiga 3.2. Täitematerjali poolhaake veo tootlikkus P_P ühe vahetuse jooksul on 101 m³ vastavalt valemile 3.2:

$$P_P = \frac{(17 \cdot 0,9 \cdot 8)}{\left(\frac{30}{60} + \frac{30}{65} + 0,25\right)} = 101 \text{ m}^3/\text{vah}$$

Töö autori kogemusele tuginedes suudab üks laadur 3,5 m³ kulbiga laadida 30 km veoringi puhul kuni 12 poolhaaget. 12 poolhaake veo tootlikkuse leidmiseks korrutatakse täitematerjali veo tootlikkus karjäärist ringliikluses olevate poolhaagete arvuga. Seega on 12 poolhaake veo tootlikkus 8 tunnise vahetuse jooksul 1 212 m³.

Kose-Ardu teelõigu näitel oli võimalik kasutada muldkeha ehitamise jaoks sobilikku täitematerjali kolmest uue teelõigu kõrval asuvast karjäärist. Antud karjääridest oli võimalik muldkeha täitematerjal vedada dumperitega otse uuele teelõigule.

Lisaks ei ole muldkeha lahenduse hüpoteetilise arvutuse puhul võetud arvesse põhimaanteede geoloogilisi omadusi. Näiteks rajatakse põhimaantee nr 1 muldkeha peamiselt paepinnasele. Samas põhimaanteedid nr 2 ja nr 4 võivad läbida kehvema kandevõimega alad (sh turbaalad) ning selleks, et ehitada muldkeha kõrgemale olemasolevast pinnasest tuleb rajada täiendavaid muldkeha kihte. Sellist lahendust kasutati Kose-Ardu teelõigu turbaalade muldkeha lahendusena, kus alumises muldkeha täitematerjali kihis kasutati täitematerjali 150, mille terastikuline suurus oli 63 mm sõela puhul >50%.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.10. Ajalise kulu leidmiseks on täitematerjali 90 ja 105 vajaminevad mahud (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud ühe vahetuse veomahuga.

Tabel 3.10 Täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu ühest karjäärast [autori koostatud]

Tee	Täitematerjali 90 veo ajaline kulu, päevades	Täitematerjali 105 veo ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	397	549
Põhimaantee nr 2	565	781
Põhimaantee nr 4	876	1 212

Buldooseri Komatsu D61 tootlikkus P_B (m^3/vah) 8 tunnise vahetuse jooksul leitakse valemiga (3.4):

$$P_B = \frac{T \cdot q \cdot K_b}{t_b \cdot K_p} \quad (3.4)$$

- kus P_B – buldooseri tootlikkus, m^3/vah ;
 T – vahetuse pikkus, h;
 q – n läbikuga profileeritava pinnase maht, m^3 ;
 K_b – buldooseri töötaja kasutegur;
 t_b – aeg, mis kulub materjali profileerimiseks ühe läbikuga, h;
 K_p – pinnase kobestustegur.

Valemiga 3.5 on leitav n läbikuga profileeritava pinnase maht q (m^3):

$$q = \frac{Q_a}{\rho} \quad (3.5)$$

- kus q – buldooseri tootlikkus, m^3/vah ;
 Q_a – veomasina kandevõime, m^3 ;
 ρ – pinnase mahumass.

Aeg t_b (h), mis kulub täitematerjali profileerimiseks ühe läbikuga, on leitav valemiga 3.6:

$$t_b = \left(\frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_2} + t_{kv} \right) \quad (3.6)$$

- kus t_b – aeg, mis kulub materjali profileerimiseks ühe läbikuga, h;
 L – ühe koormaga profileeritava ala pikkus, m;
 V_1 – buldooseri kiirus materjali profileerimisel, m/h;
 V_2 – buldooseri kiirus tagurdamisel, m/h;
 t_{kv} – käiguvahetus ja tera pööramise aeg, h;

Ühe koormaga profileeritava ala pikkus L (m) on leitav valemiga 3.7:

$$L = \frac{q}{b \cdot D} \quad (3.7)$$

- kus L – ühe koormaga profileeritava ala pikkus, m;
 q – n läbikuga profileeritava pinnase maht, m³;
 b – kihi paksus, m;
 D – buldooseri tera laius, m.

N läbikuga profileeritava pinnase maht on 9,6 m³ vastavalt valemile 3.5:

$$q = \frac{17}{1,78} = 9,6 \text{ m}^3$$

Ühe koormaga profileeritava ala pikkus on 5,6 m vastavalt valemile 3.7:

$$L = \frac{9,6}{0,45 \cdot 3,8} = 5,6 \text{ m}$$

Täitematerjali profileerimiseks nelja läbikuga kulub 0,024 h vastavalt valemile 3.6:

$$t_b = \left(\frac{5,6}{2000} + \frac{5,6}{4000} + 0,0019 \right) \cdot 4 = 0,024$$

Buldooseri Komatsu D61 arvutuslik tootlikkus P_B täitematerjali vastuvõtmisel ja profileerimisel on 2 176 m³ ühe 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.4):

$$P_B = \frac{8 \cdot 9,6 \cdot 0,85}{0,024 \cdot 1,25} = 2 \text{ 176 m}^3/\text{vah}$$

Selleks, et tagada buldooseri maksimaalne tootlikkuse efektiivsus peaks täitematerjali tarnima minimaalselt kahest karjäärast või ühest karjäärast, kus kaks laadurit laevad ringliikluses olevat 24 poolhaaget või õiges koguses dumpereid, mida kasutatakse veoühikutena. Uue teelõigu rajamisel võib suure muldkeha laiusega mulde ehitamisel

arvestada suurema täitematerjali vastuvõtmise, planeerimise kui ka profileerimise tootlikkusega kui näiteks maantee rekonstrueerimise puhul.

3. Settekivimist killustikaluse ehitus

Kuna Eesti purunemiskindluse nõuetele vastavad settekivimi maardlad on killustatud, siis kasutatakse arvutuslikuks veodistantsiks 50 km. Settekivimi veo tootlikkus 8 tunnise vahetuse jooksul on leitav valemiga 3.2.

Settekivimi poolhaake veo tootlikkus P_p ühe vahetuse jooksul on 107 m³ vastavalt valemile 3.2:

$$P_p = \frac{(17 \cdot 0,9 \cdot 8)}{\left(\frac{30}{65} + \frac{30}{70} + 0,25\right)} = 107 \text{ m}^3/\text{vah}$$

Töö autori kogemusele tuginedes suudab üks laadur 3,5 m³ kulbiga laadida 50 km veoringi puhul kuni 15 poolhaaget. 15 poolhaake veo tootlikkuse leidmiseks korrutatakse settekivimi veo tootlikkus karjäärast ringliikluses olevate poolhaagete arvuga. Seega on 15 poolhaake veo tootlikkus 8 h vahetuse jooksul 1 605 m³.

Kirjeldades Kose-Ardu settekivimist killustikaluse ehitust, siis oli võimalik võtta vastu settekivimist killustikaluse materjal ilma vahelaota. Materjali võib võtta vastu buldooseri ja hiljem profileerida killustikalus üle greideriga. Samuti on võimalik killustikaluse jaoks vajaminev materjal võtta vastu ainult greideriga.

Hüpoteetilises arvutuskäigus on killustikaluse vastuvõtmine ja profileerimine arvestatud ainult greideriga. Kose-Ardu teelõigu ehitusel kasutati lahendust, kus buldooser võttis killustikaluse materjali vastu ning profileerimiseks kasutati greiderit. Hüpoteetilise tootlikkuse leidmisel on kasutatud greideriga settekivimistkillustiku vastu võtmise ja planeerimise lahendust.

Greideri CAT 140M tootlikkus P_G (m²/vah) 8 tunnise vahetuse jooksul leitakse valemiga (3.8):

$$P_G = \frac{T \cdot q_g \cdot K_b}{t_g \cdot K_p \cdot n} \quad (3.8)$$

- kus P_G – greideri tootlikkus, m²/vah;
 T – vahetuse pikkus, h;
 q_g – n läbikuga profileeritava pinnase pindala, m²;
 K_b – buldooseri töötaja kasutegur;
 t_g – aeg, mis kulub materjali profileerimiseks ühe läbikuga, h;
 K_p – pinnase kobestustegur;
 n – buldooseri läbikute arv ühes sõidusuunas, tk;

Valemiga 3.9 on leitav n läbikuga profileeritava killustiku pindala q_g (m²):

$$q_g = L_1 \cdot f \quad (3.9)$$

- kus q_g – n läbikuga profileeritava killustiku pindala m²;
 L_1 – tasandatava lõigu pikkus;
 f – tasandatava ala killustikaluse ristprofili laius.

Aeg t_g (h), mis kulub settekivimist killustikaluse profileerimiseks ühe läbikuga, on leitav valemiga 3.10:

$$t_g = \left(\frac{L}{V_3} + \frac{L}{V_4} + t_n \right) \quad (3.10)$$

- kus t_g – aeg, mis kulub materjali profileerimiseks ühe läbikuga, h;
 L – tasandatava lõigu pikkus, m;
 V_3 – greideri kiirus materjali profileerimisel, m/h;
 V_4 – greideri kiirus tagurdamisel, m/h;
 t_n – aeg, mis kulub tera asendi muutmiseks ja käikude vahetamiseks, h;

N läbikuga profileeritava killustiku maht greideriga on 10,3 m³ vastavalt valemile 3.5:

$$q = \frac{17}{1,65} = 10,3 \text{ m}^3$$

Greideriga profileeritava ala pikkus on 11,1 m vastavalt valemile 3.7:

$$L_1 = \frac{10,3}{0,25 \cdot 3,7} = 11,1 \text{ m}$$

N läbikuga profileeritava killustiku pindala on 133,8 m² vastavalt valemile 3.9:

$$q_g = 11,1 \cdot 12,05 = 133,8 \text{ m}^2$$

Killustikaluse profileerimiseks 100 m lõigule ühe läbikuga kulub 0,0389 h vastavalt valemile 3.10:

$$t_g = \left(\frac{100}{4000} + \frac{100}{8000} + 0,0014 \right) = 0,0389$$

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus P_G settekivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on 8 995,8 m² 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8):

$$P_G = \frac{8 \cdot 133,8 \cdot 0,85}{0,0389 \cdot 1,3 \cdot 2} = 8\,995,8 \text{ m}^2/\text{vah}$$

Selleks, et tagada greideri maksimaalne tootlikkuse efektiivsus ühes vahetuses peaks killustikku tarnima objektile 2 223 m³.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude settekivimikillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.11. Ajalise kulu leidmiseks on settekivimikillustikaluse pindala (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.11 Settekivimikillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Settekivimikillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	55
Põhimaantee nr 2	77
Põhimaantee nr 4	120

4. Tardkivimist killustikaluse ehitus

Enamasti tarnitakse Eestisse tardkivimikillustikku Muuga sadamast. Vastavalt ehitatava teelõigu logistilistele asukohtadele on mõistlik osadele teehoiukavas olevatele teelõikudele tarnida killustikku põhimaantee nr 1 puhul Sillamäe sadamast ja põhimaantee nr 2 puhul Pärnu sadamast. Arvutuslikuks tardkivimikillustiku veodistantsiks jääb 50 km. Tardkivimi poolhaake veo tootlikkus 8 tunnise vahetuse jooksul on sama nagu settekivimi puhul ehk 107 m³ ühe vahetuse jooksul.

Kose-Ardu teelõigu ehitamise näitel oli tardkivimist killustikaluse puhul eelkõige probleeme materjali tarnimisega, kuna seda toodi Kose-Ardu objektile Soomest. Tardkivimist killustikaluse ehitamisel pidi kasutama vaheladusid, kuna tarne Soomest sadamasse ning sealt objektile toimus kaootiliselt. Planeerides õigeaegne

tardkivimistkillustiku tarne, siis oleks võimalik ehitada antud katendikiht ilma vahelaota otse settekivimist killustikalusele.

N läbikuga profileeritava killustiku maht greideriga on 8,9 m³ vastavalt valemile 3.5:

$$q = \frac{17}{1,9} = 8,9 \text{ m}^3$$

Greideriga profileeritava ala pikkus on 20,1 m vastavalt valemile 3.7:

$$L_1 = \frac{8,9}{0,12 \cdot 3,7} = 20,1 \text{ m}$$

N läbikuga profileeritava killustiku pindala on 231,6 m² vastavalt valemile 3.9:

$$q_g = 20,1 \cdot 11,52 = 231,6 \text{ m}^2$$

Killustikaluse profileerimiseks 100 m lõigule ühe läbikuga kulub 0,0389 h nii nagu settekivimist killustikaluse profileerimisel.

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus P_G tardkivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on 15 571,3 m² 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8):

$$P_G = \frac{8 \cdot 231,6 \cdot 0,85}{0,0389 \cdot 1,3 \cdot 2} = 15 571,3 \text{ m}^2/\text{vah}$$

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude tardkivimistkillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.12. Ajalise kulu leidmiseks on tardkivimistkillustikaluse pindala (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.12 Tardkivimistkillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Tardkivimistkillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	30
Põhimaantee nr 2	43
Põhimaantee nr 4	67

5. Asfalteerimine

Asfalteerimistööd on planeeritud teostada ühe asfaldibrigaadiga. Tähtis on jälgida tabelis 2.5 toodud asfalteerimise paigaldamise laiusi Kose-Ardu teelõigu näitel selleks, et vältida vuugi sattumist sõidujälge. Suuremahuliste asfalteerimistööde jaoks on mõistlik kasutada mobiilset asfalditehast, mis on võimalik enamasti paigaldada objektide kõrval asuvasse karjääridesse. TREV-2 Grupp AS kasutas Kose-Ardu teelõigu ehitamisel Kose-Risti karjääri paigaldatud Amomaticu asfalditehast, mille

tehase tootlikkuseks on 200 t/h. Parema kulumiskihi kvaliteedi tagamiseks ning asfaltsegu segregeerumise vältimiseks kasutati AC 16 surf kihi paigaldusel eelsöötjat. Sellistel ebastandardsetel asfalteerimise laiustel tuleb kasutada täiendavaid monteeritavaid asfaldilaoturi laiendusi ning väga hästi peavad olema planeeritud kui ka läbi mõeldud asfaltsegude paigaldamise laiused.

Arvestades, et tehase tootlikkus on 200 t/h, siis asfaltsegude paigaldamise jõudlus 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt ristprofiiili kihi paksusele on leitav valemiga 3.11:

$$J = \frac{200 \cdot T}{\rho \cdot D} \quad (3.11)$$

- kus J – asfalti paigaldamise jõudlus päevas, m²;
 200 – asfaltitehase maksimaalne jõudlus, t/h;
 T – vahetuse pikkus, h;
 ρ – segu tihedus, t/m³.
 D – laotava kihi paksus, m;

AC 32 base asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudus on 11 428,6 m² 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.11:

$$J_{AC32} = \frac{200 \cdot 10}{2,5 \cdot 0,07} = 11\,428,6 \text{ m}^2$$

AC 20 base ja AC 16 surf asfaltsegude maksimaalse päevase paigaldamise jõudlused on 16 000 m² 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.11:

$$J_{AC20,AC16} = \frac{200 \cdot 10}{2,5 \cdot 0,05} = 16\,000 \text{ m}^2$$

SMA asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudlus on 20 000 m² 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.11:

$$J_{SMA} = \frac{200 \cdot 10}{2,5 \cdot 0,04} = 20\,000 \text{ m}^2$$

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.13. Ajalise kulu leidmiseks on asfalteerimise töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud maksimaalse päevase asfalteerimise paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.13 Asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu, päevades [autori koostatud]

Tee	AC 32 base	AC 20 base	AC 16 surf	SMA 16
Põhimaantee nr 1	38	27	27	22
Põhimaantee nr 2	54	38	38	30
Põhimaantee nr 4	83	59	59	47

6. Teepeenarde ehitus

Kindlustamata teepeenarde ehitamisel kasutatakse RW100 masinat, mille kogemuslik paigaldamise jõudlus on 1 200 m²/päevas.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude kindlustamata teepeenarde ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.14. Ajalise kulu leidmiseks on hüpoteetiline töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud teepeenarde arvestusliku paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.14 Teepeenarde ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Teepeenarde ehitamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	9
Põhimaantee nr 2	12
Põhimaantee nr 4	19

3.3.2 Ajakulu MKM-i I klassi maanteed projektierimisnormide ristprofiili järgi

1. Kasvupinnase eemaldamine

MKM-i I klassi põhimaantee projektierimisnormidele vastava tüüpristprofiili kogulause tagamiseks tuleb arvestuslikult kasvupinnas eemaldada 31,68 m laiuselt ning 30 cm paksuse kihina. Sellest tulenevalt on kasvupinnase eemaldamise mahud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõikudel järgmised:

- 1) põhimaantee nr 1 – 383 962 m³;
- 2) põhimaantee nr 2 – 546 480 m³;
- 3) põhimaantee nr 4 – 847 757 m³.

Kasvupinnase koorimisel kasutatakse 21-tonnist Volvo EC220E roomikekskavaatorit. Roomikekskavaatori tootlikkus on 972 m³ 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.1.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude kasvupinnase koorimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.15. Ajalise kulu leidmiseks on kasvupinnase mahud jagatud roomikekskavaatori ühe vahetuse tootlikkusega.

Tabel 3.15 Kasvupinnase eemaldamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Kasvupinnase eemaldamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	395
Põhimaantee nr 2	563
Põhimaantee nr 4	873

2. Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest

Täitematerjali veoks kasutatakse poolhaakeid ning materjal tarnitakse karjääridest, mis asuvad arvestuslikult 30 km raadiuses. Täitematerjali poolhaake veo tootlikkus ühe vahetuse jooksul on 101 m^3 vastavalt valemile 3.2. 12 poolhaake veo tootlikkus 8 h vahetuse jooksul on $1\,212 \text{ m}^3$.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.16. Ajalise kulu leidmiseks on täitematerjali 90 ja 105 vajaminevad mahud (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud ühe vahetuse veomahuga.

Tabel 3.16 Täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu ühest karjäärist [autori koostatud]

Tee	Täitematerjali 90 veo ajaline kulu, päevades	Täitematerjali 105 veo ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	419	520
Põhimaantee nr 2	596	740
Põhimaantee nr 4	925	1 147

3. Settekivimist killustikaluse ehitus

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus settekivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on $8\,995,8 \text{ m}^2$ 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8).

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude settekivimikillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.17. Ajalise kulu leidmiseks on settekivimikillustikaluse pindala (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.17 Settekivimikillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Settekivimikillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	57
Põhimaantee nr 2	80
Põhimaantee nr 4	125

4. Tardkivimist killustikaluse ehitus

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus tardkivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on $15\,571,3 \text{ m}^2$ 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8).

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude tardkivimikillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.18. Ajalise kulu leidmiseks on tardkivimikillustikaluse pindala

(tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.18 Tardkivimikillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Tardkivimikillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	32
Põhimaantee nr 2	45
Põhimaantee nr 4	70

5. Asfalteerimine

Arvestades, et tehase tootlikkus on 200 t/h, siis AC 32 base asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudlus on 11 428,6 m², AC 20 base ja AC 16 surf asfaltsegude maksimaalsed päevased paigaldamise jõudlused on 16 000 m² ja SMA asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudlus on 20 000 m² 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.11.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.19. Ajalise kulu leidmiseks on asfalteerimise töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud maksimaalse päevase asfalteerimise paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.19 Asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu, päevades [autori koostatud]

Tee	AC 32 base	AC 20 base	AC 16 surf	SMA 16
Põhimaantee nr 1	40	29	28	23
Põhimaantee nr 2	57	41	40	32
Põhimaantee nr 4	89	63	62	50

6. Teepeenarde ehitus

Kindlustamata teepeenarde ehitamisel kasutatakse RW100 masinat, mille kogemuslik paigaldamise jõudlus on 1 200 m²/päevas. Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude kindlustamata teepeenarde ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.20. Ajalise kulu leidmiseks on hüpoteetiline töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud teepeenarde arvestusliku paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.20 Teepeenarde ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Teepeenarde ehitamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	17
Põhimaantee nr 2	24
Põhimaantee nr 4	38

6. Vaheriba ehitus

Vaheriba ehitamisel kasutatakse RW100 masinat, mille kogemuslik paigaldamise jõudlus on 800 m³/päevas.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude vaheriba ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.21. Ajalise kulu leidmiseks on hüpoteetiline töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagada arvestusliku paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.21 Vaheriba ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Vaheriba ehitamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	65
Põhimaantee nr 2	92
Põhimaantee nr 4	143

3.3.3 Ajakulu Rootsi kiirteede projekteerimismuutnormide ristprofiili järgi

1. Kasvupinnase eemaldamine

Selleks, et ehitada Rootsi kiirteede projekteerimismuutnormidele vastav tüüpristprofiil, tuleb arvestuslikult kasvupinnas eemaldada 27,72 m laiuselt ning 30 cm paksuse kihina. Sellest tulenevalt on kasvupinnase eemaldamise mahud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 teelõikudel järgmised:

- 1) põhimaantee nr 1 – 335 967 m³;
- 2) põhimaantee nr 2 – 478 170 m³;
- 3) põhimaantee nr 4 – 741 788 m³.

Kasvupinnase koorimisel kasutatakse 21-tonnist Volvo EC220E roomikekskavaatorit. Roomikekskavaatori tootlikkus on 972 m³ 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.1.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude kasvupinnase koorimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.22. Ajalise kulu leidmiseks on kasvupinnase mahud jagatud roomikekskavaatori ühe vahetuse tootlikkusega.

Tabel 3.22 Kasvupinnase eemaldamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Kasvupinnase eemaldamise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	346
Põhimaantee nr 2	492
Põhimaantee nr 4	764

2. Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest

Täitematerjali veoks kasutatakse poolhaakeid ning materjal tarnitakse karjääridest, mis asuvad arvestuslikult 30 km raadiuses. Täitematerjali poolhaake veo tootlikkus ühe vahetuse jooksul on 101 m^3 vastavalt valemile 3.2. 12 poolhaake veo tootlikkus 8 h vahetuse jooksul on $1\,212 \text{ m}^3$.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.23. Ajalise kulu leidmiseks on täitematerjali 90 ja 105 vajaminevad mahud (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud ühe vahetuse veomahuga.

Tabel 3.23 Täitematerjali 90 ja 105 veo hüpoteetiline ajaline kulu ühest karjäärist [autori koostatud]

Tee	Täitematerjali 90 veo ajaline kulu, päevades	Täitematerjali 105 veo ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	374	413
Põhimaantee nr 2	533	588
Põhimaantee nr 4	826	912

3. Settekivimist killustikaluse ehitus

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus settekivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on $8\,995,8 \text{ m}^2$ 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8).

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude settekivimikillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.24. Ajalise kulu leidmiseks on settekivimikillustikaluse pindala (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.24 Settekivimikillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Settekivimikillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	48
Põhimaantee nr 2	69
Põhimaantee nr 4	107

4. Tardkivimist killustikaluse ehitus

Greideri CAT 140M arvutuslik tootlikkus tardkivimist killustikaluse planeerimisel ja profileerimisel on $15\,571,3 \text{ m}^2$ 8 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile (3.8).

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude tardkivimikillustiku greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.25. Ajalise kulu leidmiseks on tardkivimikillustikaluse pindala

(tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud greideri maksimaalse tootlikkusega killustiku planeerimisel ja profileerimisel.

Tabel 3.25 Tardkivimikillustikaluse greideriga planeerimise ja profileerimise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Tardkivimikillustikaluse planeerimise ja profileerimise ajaline kulu, päevades
Põhimaantee nr 1	27
Põhimaantee nr 2	38
Põhimaantee nr 4	59

5. Asfalteerimine

Arvestades, et tehase tootlikkus on 200 t/h, siis AC 32 base asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudlus on 11 428,6 m², AC 20 base ja AC 16 surf asfaltsegu maksimaalsed päevased paigaldamise jõudlused on 16 000 m² ja SMA asfaltsegu maksimaalne päevane paigaldamise jõudlus on 20 000 m² 10 tunnise vahetuse jooksul vastavalt valemile 3.11.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.26. Ajalise kulu leidmiseks on asfalteerimise töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagatud maksimaalse päevase asfalteerimise paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.26 Asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kulu, päevades [autori koostatud]

Tee	AC 32 base	AC 20 base	AC 16 surf	SMA 16
Põhimaantee nr 1	36	25	25	20
Põhimaantee nr 2	51	35	35	28
Põhimaantee nr 4	79	55	54	43

6. Vaheriba ehitus

Vaheriba ehitamisel kasutatakse RW100 masinat, mille kogemuslik paigaldamise jõudlus on 800 m³/päevas.

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude vaheriba ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu on välja toodud tabelis 3.27. Ajalise kulu leidmiseks on hüpoteetiline töömaht (tabelid 3.6 kuni 3.8) jagada arvestusliku paigaldamise jõudlusega.

Tabel 3.27 Vaheriba ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu [autori koostatud]

Tee	Vaheriba ehitamise ajaline kestus, päevades
Põhimaantee nr 1	39
Põhimaantee nr 2	55
Põhimaantee nr 4	85

3.3.4 Hüpoteetilise ajakulu võrdlus

Tabelitesse 3.28 kuni 3.30 on koondatud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamisele kuluv hüpoteetiline ajaline kulu Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti, MKM-i I klassi maanteed projektierimismnormide ja Rootsi kiirteede projektierimismnormide ristprofiilide järgi ehitades.

Tabel 3.28 Põhimaantee nr 1 neljarajalisteks maanteedeks ehitamisele kuluv hüpoteetiline aeg, päevades [autori koostatud]

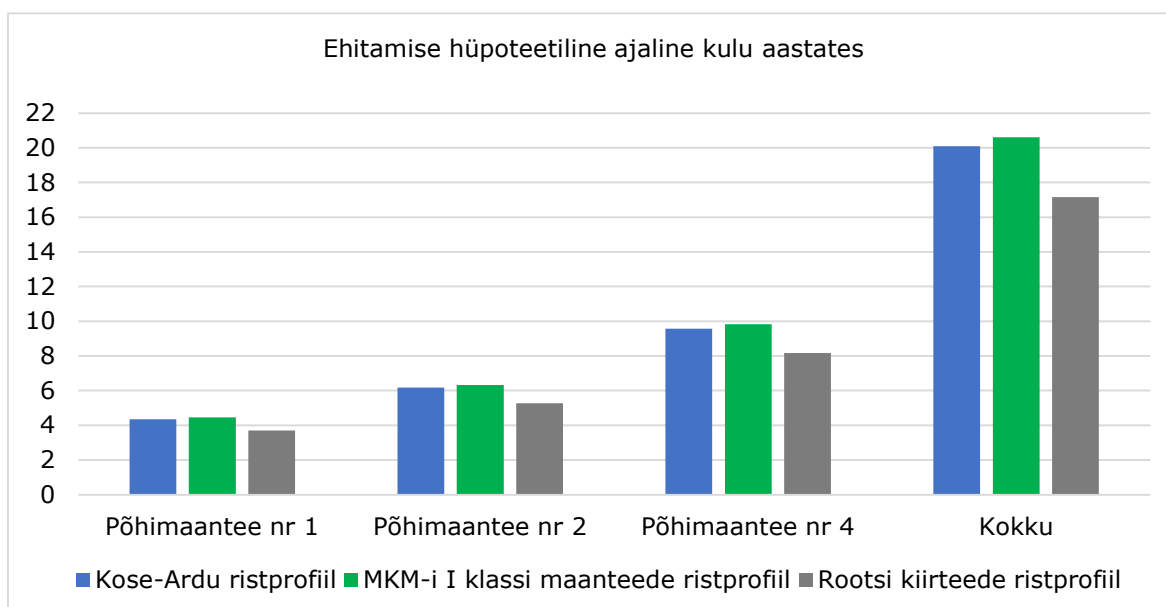
	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteed ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16	22	23	20
AC 16 surf	27	28	25
AC 20 base	27	29	25
AC 32 base	38	40	36
Kindlustamata teepeenar	9	17	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32	30	32	27
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12	55	57	48
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp	549	520	413
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp	397	419	374
Vaheriba täitematerjal	puudub	65	39
Kasvupinnase eemaldamine	432	395	346
Kokku	1 586	1 625	1 353

Tabel 3.29 Põhimaantee nr 2 neljarajalisteks maanteedeks ehitamisele kuluv hüpoteetiline aeg, päevades [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteed ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16	30	32	28
AC 16 surf	38	40	35
AC 20 base	38	41	35
AC 32 base	54	57	51
Kindlustamata teepeenar	12	24	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32	43	45	38
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12	77	80	69
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp	781	740	588
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp	565	596	533
Vaheriba täitematerjal	puudub	92	55
Kasvupinnase eemaldamine	614	563	492
Kokku	2 252	2 310	1 924

Tabel 3.30 Põhimaantee nr 4 neljarajaliseks maanteeks ehitamisele kulum hüpoteetiline aeg, päevades [autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16	47	50	43
AC 16 surf	59	62	54
AC 20 base	59	63	55
AC 32 base	83	89	79
Kindlustamata teepeenar	19	38	puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32	67	70	59
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12	120	125	107
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp	1 212	1 147	912
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp	876	925	826
Vaheriba täitematerjal	Puudub	143	85
Kasvupinnase eemaldamine	953	873	764
Kokku	3 495	3 585	2 984



Joonis 3.3 Põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamisele kulum hüpoteetiline aeg, aastates [autori koostatud]

Tabelitest 3.28 kuni 3.30 ja jooniselt 3.3 tuleneb, et teehoiukavas toodud teelõikude neljarajalisteks maanteedeks ehitamiseks kulub Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi ehitades ligikaudu pool aastat vähem kui MKM-i I klassi projekteerimismisnormide ristprofiili alusel ehitades. Samas ehitades põhimaanteed neljarajaliseks Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi, oleks ajaline kokkuhoid ligi kolm aastat.

Tabelites 3.28 kuni 3.30 ja joonisel 3.3 esitatud ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu aastates kokku on oletuslik ning arvutuste aluseks on teelõikude tööetapiline ehitamine järjestikulisel meetodil. Eestis on piisavalt peatöövõtu teedehituse ettevõtteid tänu

millele on võimalik teehoiukavas toodud teelõike ehitada paralleelselt. Paralleelmeetodiga ehitades on ehituskestus lühem kui joonisel 3.3.

Arvutatud ehitustööde ajaline kulu on indikatiivne, kuna tegelik ajakulu sõltub ka karjäärade paiknemisest ja kaugustest uuest ehitatavatest teelõikudest. Ehitamise hüpoteetilise ajalise kulu arvestusel on kasutatud ühte karjääri nii muldkeha täitematerjali saamiseks kui ka ühte settekivimikillustiku karjääri. Lisaks on indikatiivse ajakulu tabelites kirjeldatud tööd teostatud selliselt, et kasutatud on ühte vahetust.

Tuues siia võrdluseks Kose-Ardu teelõigu ehituse, siis kasutati muldkeha ehitamiseks kuuest erinevast karjäärist tarnitud täitematerjale ning muldkeha ehitamise kui ka kasvupinnamise koorimise töid tehti paralleelselt mitme erineva vahetusega. Settekivimikillustik tarniti Kose-Ardu teelõigu ehitusele kahest erinevast karjäärist. Sellest tulenevalt väheneb oluliselt tabelites 3.28 kuni 3.30 ning joonisel 3.3 toodud ajaline kestus, mis on indikatiivselt üles ehitatud ühe karjääri näitel.

Ehitamise hüpoteetilise ajalise kulu arvestusel ei ole võetud arvesse ilmastikust tulenevaid faktoreid ning tehnoloogilisi pause, mis võivad ehitusperioodi pikendada. Samuti mõjutab tegelikku ehitamise kestust pikiprofililised lahendused.

3.4 Hüpoteetilise maksumuse leidmine

Teehoiukavas toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamise hüpoteetilise maksumuse aluseks on võetud Maanteeameti teetööde ühikhindade prognoos aastani 2027 [11]. Maanteeameti teetööde ühikhinnad on esitatud tabelis 3.31.

Maanteeameti ühikhinnad ei sisalda vaheriba täitematerjaliga täitmise ühikhinna maksumust. Võrdlusena on tabelis 3.31 esitatud töö autori kasvupinnase eemaldamise, muldkeha ehitamise ja killustikaluste ehitamise ühikhinna kogemuslikud maksumused suuremahuliste tööde puhul.

Asfalteerimise ühikhind sõltub töövõtja asfaldisegu valmistamise kui ka tarnimise lahendusest. Selleks, et saada asfalteerimise ühikhinda suuremahuliste objektide puhul odavamaks, on mõistlik kasutada mobiilseid asfalditehaseid. Lisaks on asfaltsegu ühikhind sõltuvuses bituumeni maailmaturu baashinnast, mistõttu ei ole tabelis 3.31 esitatud autori kogemuslikku ühikhinda asfalteerimistöödele.

Tabel 3.31 Maanteeameti teetööde ühikhinnad [11], autori kogemuslik ühikhinna maksumus [autori koostatud]

	Maanteeameti ühikhinna maksumus	Autori kogemuslik ühikhinna maksumus
SMA 16, EUR/m ²	12,67	-
AC 16 surf, EUR/m ²	11,40	-
AC 20 base, EUR/m ²	8,95	-
AC 32 base, EUR/m ²	12,53	-
Kindlustamata teepeenar, EUR/m ²	10,69	5,00
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, EUR/m ²	74,43	12,00
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, EUR/m ²	45,61	9,50
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, EUR/m ³	22,13	14,50
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, EUR/m ³	22,13	12,50
Kasvupinnase eemaldamine, EUR/m ³	5,62	1,70

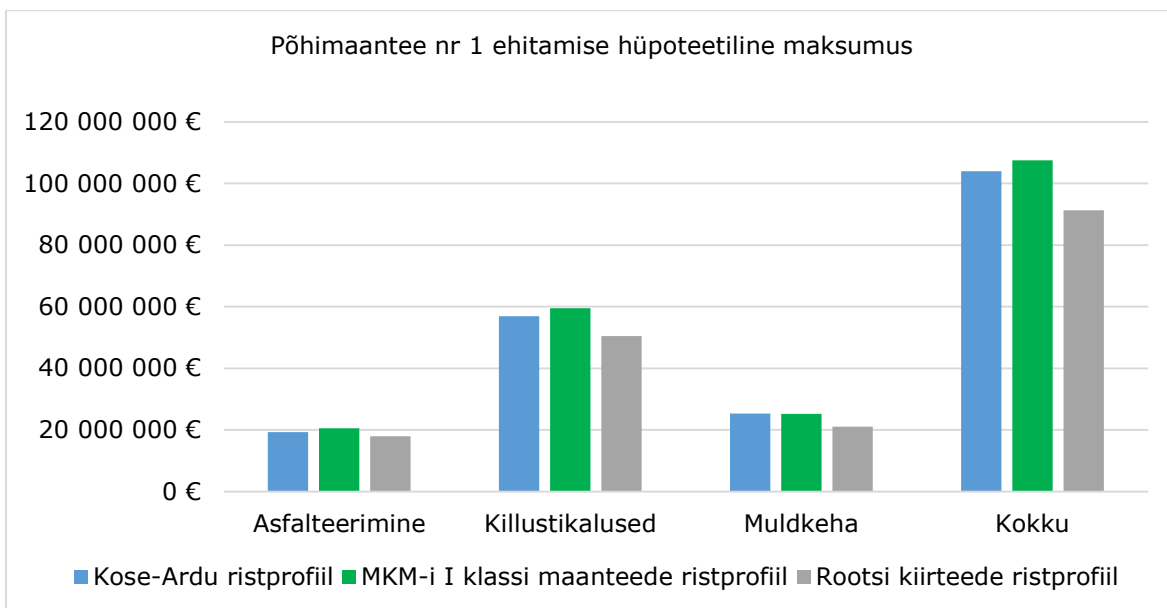
Tuginedes magistritöö autori kogemustele on Maanteeameti ühikhinnad kallimad 2020. a. valitsevatest turuhindadest. Kõige suurem erinevus on tardkivimikillustiku, settekivimikillustiku ja kasvupinnase eemaldamise ühikhindades.

Teehoiukavas toodud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitatavate teelõikude maksumuse arvutamise aluseks on tabelites 3.6 kuni 3.8 toodud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise indikatiivsed töömahud. Lisades 7 kuni 9 on toodud välja põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise maksumused detailselt vastavalt erinevatele ristprofiilidele.

Hüpoteetilise maksumuse joonistelt 3.4 kuni 3.7 ja lisades 7 kuni 9 toodud tabelitest on puudu vaheriba täitematerjaliga täitmisele kuluv maksumus, kuna Maanteeameti ühikhindade prognoos ei sisalda vaheriba täitematerjali ühikhinda. Joonistel 3.4 kuni 3.7 on kasvupinnase eemaldamise ja kindlustamata teepeenra ehitamise maksumused arvestatud kogumaksumuse hulgas.

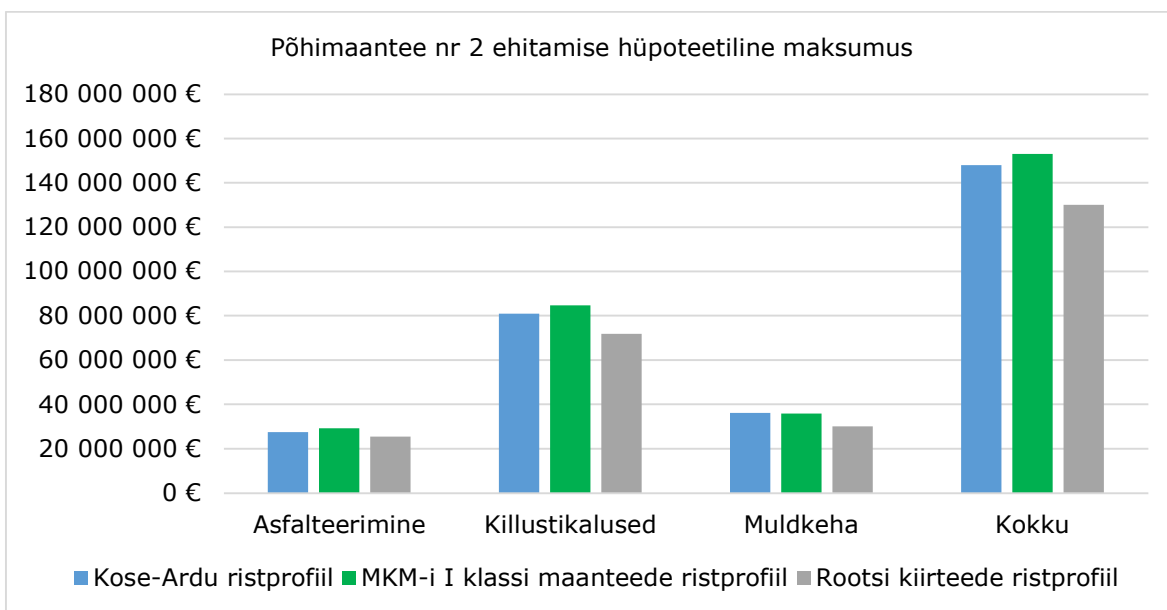
Hüpoteetilist maksumust mõjutavad uute rajatavate teelõikude pikiprofiililine lahendus, millest tulenevalt on raske hüpoteetiliselt leida ehituseks sobimatu materjali väljakaeve mahtu. Samuti ei ole teada, kui palju on plaanis kasutada olemasolevat maanteed neljarajaliseks ehitamiseks.

Hüpoteetilise maksumuse arvestamisel ei ole võetud arvesse fauna ohutuse tagamiseks ehitatavate rajatistega ega ka liiklusohutust parandavate mitmetasandiliste ristmikute ja sildade rajamisega.



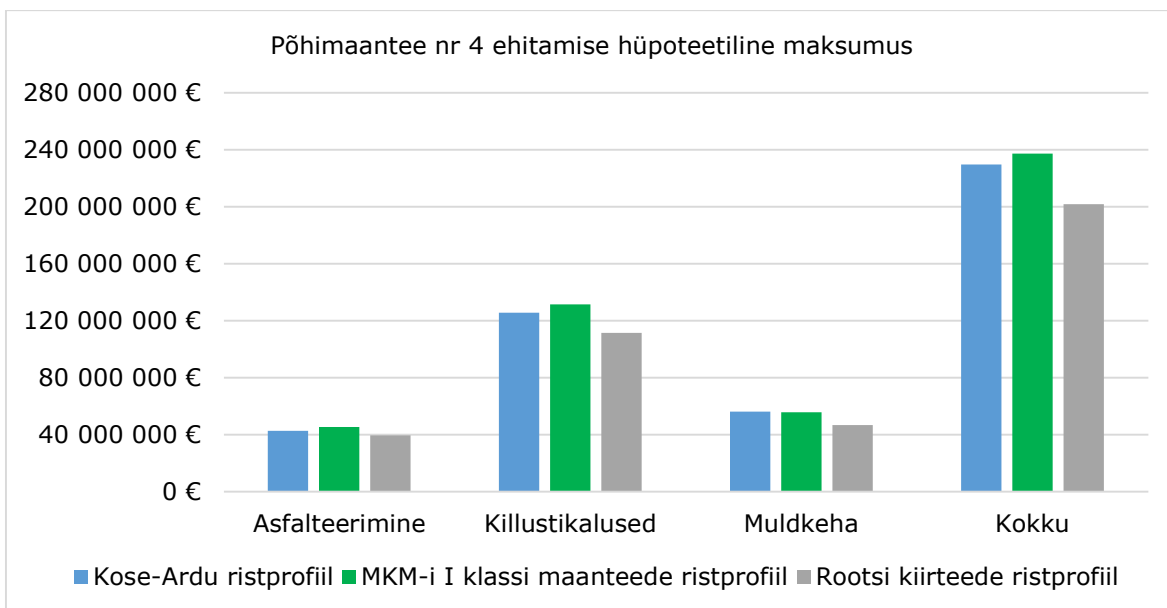
Joonis 3.4 Põhimaantee nr 1 neljarajaliseks maanteeks ehitamise hüpoteetiline maksumus [autori koostatud]

Põhimaantee nr 1 ehitamise hüpoteetiline kogumaksumus on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi ehitades ligikaudu 104 miljonit, MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 108 miljonit ja Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 91 miljonit.



Joonis 3.5 Põhimaantee nr 2 neljarajaliseks maanteeks ehitamise hüpoteetiline maksumus, eurodes [autori koostatud]

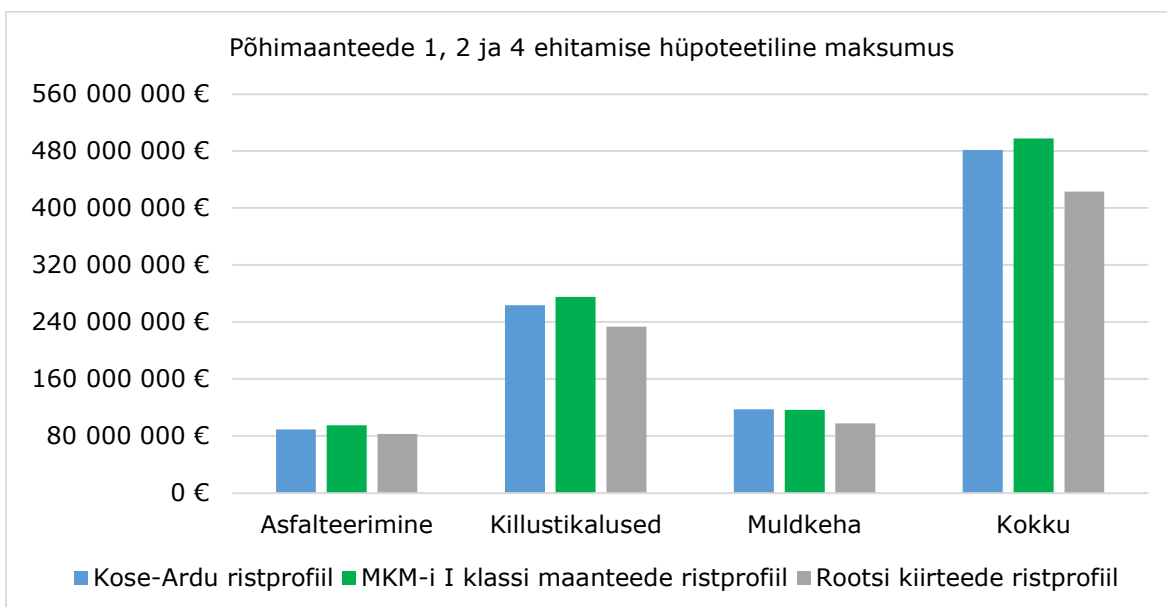
Põhimaantee nr 2 ehitamise hüpoteetiline kogumaksumus on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi ehitades ligikaudu 148 miljonit, MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 153 miljonit ja Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 130 miljonit.



Joonis 3.6 Põhimaantee nr 4 neljarajaliseks maanteeks ehitamise hüpoteetiline maksumus, eurodes [autori koostatud]

Põhimaantee nr 4 ehitamise hüpoteetiline kogumaksumus on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili järgi ehitades ligikaudu 230 miljonit, MKM-i I klassi maanteede projekteerimismäärade ristprofiili järgi 237 miljonit ja Rootsi kiirteede projekteerimismäärade ristprofiili järgi 202 miljonit.

Vastavalt 2020–2030 teehoiukavale nõuab põhimaantee nr 4 neljarajaliseks ehitamine kõige suuremat rahastust.



Joonis 3.7 Põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks ehitamise hüpoteetiline maksumus, eurodes [autori koostatud]

Teehoiukavas 2020–2030 toodud põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise hüpoteetiline kogumaksumus on Kose-Ardu teelõigu ristprofiili järgi ehitades ligikaudu

482 miljonit eurot, MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 498 miljonit eurot ja Rootsi kiirteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi ligikaudu 423 miljonit eurot. Muldkeha rajamiseks mõeldud investeeringusumma on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ja MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide ristprofiili järgi sarnases suurusjärgus, mille põhjuseks saab pidada Kose-Ardu ristprofiili 1:4 nõlvsust.

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili alusel on põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise hüpoteetiline maksumus 3,3% ehk ligikaudu 16 miljoni euro võrra odavam MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormide ristprofiili lahendusest. Kõige suurem erinevus on asfalteerimise ja killustikaluste ehitamise maksumustes – asfalteerimine on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili alusel 6,3% ehk 5,6 miljoni euro võrra soodsam ning killustikaluse ehitamine 4,5% ehk 11,8 miljoni euro võrra soodsam. Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti järgi on muldkeha ehitamine kallim 0,8% ehk 0,9 miljoni euro võrra.

Võrreldes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili Rootsi kiirteede projekteerimismisnormidega, siis oleks Rootsi kiirteede ristprofiili järgi ehitamine 12% ehk 59 miljoni euro võrra odavam. Muldkeha ehitamine on 17% ehk 19,7 miljoni euro võrra, killustikaluste ehitamine 11,3% ehk 30 miljoni euro võrra ning asfalteerimine 7,1% ehk 6,4 miljoni euro võrra soodsam.

KOKKUVÕTE

Eesti I klassi maanteede projekteerimise aluseks on MKM-i I klassi projekteerimismid ning lähtuda võib ka Eestile lähedastes kliimavöötmetes asuvate Euroopa riikide projekteerimismidest. Uue neljarajaliseks ehitatava Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilis on kasutatud hübriidlahendust MKM-i I klassi maanteede ja Rootsi kiirteede projekteerimismidest. MKM-i I klassi maanteede ja Rootsi kiirteede projekteerimismide ristprofiili lahendus erineb katendi laiuse poolest. Rootsi projekteerimismide ristprofiili katendi laius on sarnase projektkiiruse puhul kitsam MKM-i I klassi maanteede projekteerimismide ristprofiili lahendusest.

Sarnaselt Rootsi kiirteede projekteerimismidega on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilis sõidutee laius 2x7,00 m ja kindlustatud peenra laius 2 m. Võrreldes MKM-i I klassi projekteerimismide ristprofiiliga on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilis ära kaotatud vaheriba, v.a rajatiste tsoonides. Kose-Ardu teelõigu põhiprojektile valitud ristprofiili kohaselt väheneb katte kogulaius 1,2 m võrra ning maantee kogulaius 5,7 m võrra võrreldes MKM-i I klassi maanteede projekteerimismidega.

Teeregistri andmetel on seisuga 16.04.2020 põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 ehitatud 2+2 ja 2+1 kattega maanteedeks 173,26 km ulatuses. Eesti riigiteede teehoiukava 2020–2030 kohaselt plaanitakse täiendavalt ehitada põhimaanteed nr 1, 2 ja 4 neljarajalisteks maanteedeks 187,1 km ulatuses.

Magistritöös on kolme erineva ristprofiili hüpoteetiliste töömahtude alusel leitud, milline on teehoiukavas kavandatud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitatavate teelõikude ehitamise hüpoteetiline ajaline kulu. Magistritöös on arvatud kasvupinnase eemaldamise, muldkeha ehitamise juurdeveetavast pinnasest, sette- ja tardkivimist killustikaluse ehitamise, kindlustamata teepeenarde paigaldamise ning asfalteerimise hüpoteetiline ajaline kestus.

Hüpoteetiliste arvutuste järgi kulub teehoiukavas toodud põhimaanteede nr 1, 2 ja 4 teelõikude neljarajaliseks ehitamiseks Kose-Ardu põhiprojekti ristprofiili järgi kokku ligikaudu pool aastat vähem, kui ehitada MKM-i I klassi maanteede projekteerimismide ristprofiili järgi. Rootsi kiirteede projekteerimismide ristprofiili järgi ehitades oleks ajaline kokkuhoid ligi kolm aastat. Tegemist on indikatiivsete arvutustega, mille aluseks on teelõikude tööetapiline ehitamine järjestikulisel meetodil, ning tegelikku ehitamise ajakulu mõjutavad mitmed muud tegurid (nt tööseisakud, karjäärade paiknemine, pikiprofiililised lahendused).

Neljarajalisteks maanteedeks ehitamise maksumuse aluseks on võetud Maanteeameti teetööde ühikhindade prognoos aastani 2027. Põhimaantee nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamise hüpoteetiline maksumus on Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili alusel 3,3% ehk ligikaudu 16 miljoni euro võrra odavam MKM-i I klassi maantee projekterimisnormide ristprofiili lahendusest. Kõige suurem maksumuse erinevus tuleneb asfalteerimisest ja killustikaluste ehitamisest. Võrreldes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti Rootsi kiirteede projekterimisnormidega, siis oleks Rootsi normide järgi ehitamine 12% ehk 59 miljoni euro võrra odavam.

Kuigi Rootsi projekterimisnormide järgi on ehitamine eelduslikult kõige odavam, siis sellise kitsa ristprofiili lahenduse tõttu võib kiirenda katendi kulumine ning tekkida kiirem roopa areng võrreldes Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ja MKM-i projekterimisnormide ristprofiili katendi lahendusega. Lisaks kasvab suure tõenäosusega keskiirdesse sõitmiste arv ning potentsiaalselt liiklusohutuse seisukohast võimalus sattuda vastassuuna vööndisse.

Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili lahendus on mõistlikum MKM-i I klassi projekterimisnormide ristprofiilist, kuna Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiilil puudub vahekahe kahe sõidusuuna vahel. Samas nõlvusest ja mulde laiusel tulenevalt nõuab Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili lahendus enda alla suurt teemaa-ala võrreldes Rootsi kiirteede projekterimisnormide ristprofiiliga. Eesti uute põhimaantee nr 1, 2 ja 4 neljarajaliseks ehitamisel võiks lähtuda Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti ristprofiili lahendusest, kuna killustikaluste ja asfaltkatte rajamine on soodsam võrrelduna MKM-i I klassi maantee projekterimisnormide ristprofiiliga. Küsitav on, kas kõik teehoiukavas toodud põhimaantee nr 1, 2 ja 4 teelõigud on otstarbekas ehitada neljarajalisteks I klassi maanteedeks, kuna mõndade teelõikude AKÖL ei pruugi vastata I klassi maantee liiklussageduse nõuetele.

SUMMARY

The Government of the Republic of Estonia in its action programme 2019-2023 and the Ministry of Economic Affairs and Communications have set an objective to reconstruct the main roads No 1 Tallinn-Narva, No 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa and No 4 Tallinn-Pärnu-Ikla into four-lane highways in their road management plan for 2020-2030. The extensive reconstruction of Estonian main roads into four-lane highways is planned to commence in 2024. According to the road management programme, additional funding of 892.2 million Euros is required to meet the objective of the Government of the Republic. Therefore, it is a considerable investment into the infrastructure of Estonia.

In Estonia, the design standards of highways are provided by the Minister of Economic Affairs and Infrastructure in the regulation 05.08.2015 No 106 "Road design standards" and its annex "Highway design standards" (hereinafter MKM design standards). Design standards and other guidance material of European countries in climate zones close to the Estonian can be used in the design of roads if these create conditions for safe commuting.

In the basic project of the section 40.00-52.7 km of the main road No 2 (Kose-Ardu), MKM design standards and design standards of Swedish motorways have been taken as guidelines, based on which it is possible to optimise the costs in constructing new four-lane highways.

MKM design standards for I class highways' transverse profile differs from the one of Swedish motorways' in terms of pavement width. In case of similar design speeds, the Swedish design standards set requirements for narrower transverse profiles for the pavement than MKM design standards.

In Kose-Ardu road section's basic project, the width of the carriageway and hard shoulder have been reduced in the transverse profile. In comparison with the MKM design standards for I class highways, the road section does not have a median island, except for near facilities. The chosen transverse profile for Kose-Ardu section reduces the overall width of the pavement by 1.2 meters and the overall width of the highway by 5,7 meters compared to the MKM design standards for I class highways.

According to data in the national register of roads as at April 16th 2020, main roads No 1, 2 and 4 have been constructed as 2+2 and 2+1 paved roads in the length of 173.26km. Based on the Estonian road management plan 2020-2030, the main roads No 1, 2, and 4 are planned to be reconstructed into four-lane highways in the length of 187.1 km.

The current Master's thesis provides information of the construction work time for the reconstruction of the four-lane highways described in the road management plan based on hypothetical volume of work in the case of three different transverse profiles. The present thesis shows calculations for a hypothetical time spent on topsoil removal, embankment construction of imported soil, the construction of rubble backing out of sedimentary and igneous stone, and the laying of asphalt.

On the bases of the hypothetical calculations it will take approximately one year less when reconstructing the main roads' No 1, 2 and 4 sections brought out in the road management plan based on the Kose-Ardu basic project's transverse profile than when building based on the MKM design standards for I class highways. When building in accordance with the Swedish motorways' transverse profile, the time saved will be close to two years. These are indicative calculations because the real construction time is affected by several other factors such as work stoppages, location of quarries, longitudinal designs.

The Estonian Road Administration's unit price estimate for road construction works until the year 2027 has been taken as a basis for the cost of construction of four-lane highways. The hypothetical cost of the reconstruction of main roads 1, 2 and 4 is, based on the Kose-Ardu road section's basic project's transverse profile, 3,3% or approximately 16 million Euros cheaper than based on the transverse profile of I class highways in MKM design standards. The most substantial difference in the cost comes from asphalt works and the construction of rubble backing. When comparing the basic project of Kose-Ardu road section to the design standards of Swedish highways, then the construction would be 12% or 59 million Euros cheaper in case of the latter.

Despite the lowest construction costs based on the Swedish design standards, the narrow design of the pavement's transverse profile compared to the one of Kose-Ardu and MKM design standards might accelerate the wearing of the pavement and the formation of ruts. Furthermore, the probability of crashes into the median barrier increases and so does the likelihood of driving on the opposite direction lanes.

The design of Kose-Ardu section's transverse profile is more reasonable than the MKM design standards for I class highways for the corresponding transverse profile because the former does not have a median island between the directions. At the same time, the design of the transverse profile of Kose-Ardu basic project demands a larger road area due to the slope and width of the embankment compared to the design of transverse profile of Swedish motorways. In the case of Estonia, the construction of the main roads No 1, 2 and 4 into four-lane highways, the transverse profile of Kose-Ardu road section

could be used as a guide, however, it remains doubtful whether this design is efficient for the construction of all road sections due to the volume of traffic.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Vabariigi Valitsuse tegevusprogramm 2019-2023. [Online]: https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/valitsus/RataseIivalitsus/vabariigi_valitsuse_tegevusprogramm_2019-2023.pdf (18.04.2020)
2. Riigiteede teehoiukava 2020–2030. Majandus- ja Kommunikatsiooni-ministeerium, Tallinn 2019. [Online]: https://www.mkm.ee/sites/default/files/riigiteede_teehoiukava_2020-2030.pdf (18.04.2020)
3. Tee projekteerimise normid. Majandus- ja taristuministri 5. augusti 2015. a määrus nr 106.
4. Maantee projekteeerimisnormid. Majandus- ja taristuministri 5. augusti 2015. a määruse nr 106 „Tee projekteerimise normid“ lisa.
5. Krav för vägars och gators utformning. Trafikverkets publikation 2012:179, 2012.
6. E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee Kose-Ardu teelõigu km 40,0–52,7 tehnilise projekti seletuskiri. Skepast&Puhkium OÜ, 2016.
7. E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee Kose-Ardu teelõigu km 40,0–52,7 seletuskirja lisa. Ristprofiilid. Skepast&Puhkium OÜ, 2016.
8. 17 km motorväg invigd i Ulricehamn. Mynewsdesk, 2015. [Online]: http://www.mynewsdesk.com/se/veidekke_ab/pressreleases/17-km-motorvaeg-invigd-i-ulricehamn-1237143 (11.04.2020)
9. Teeregister. [Online]: <https://teeregister.mnt.ee/reet/home> (26.04.2020)
10. Andrus Aavik. Tee-ehitus I loengumaterjal.
11. Maanteeameti teehoiutööde ühikhindade prognoos aastani 2027. [Online]: <https://www.mnt.ee/et/ametist/uuringud?fbclid=IwAR1sYGS6scmguTPfjPpoRq-7IF3Cf3IMkemtdj7JvTY6RKu1zoAWsPwGuGA> (03.05.2020)

LISAD

Lisa 1 Maanteede ristprofili parameetrid

Lisa 2 Neljarajalise I klassi maantee ristprofiil

Lisa 3 Sõiduteega külgneva ala projekteerimine

Lisa 4 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti kitsa eraldusribaga tüüpristprofiil

Lisa 5 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt MKM-i I klassi maanteede projekteerimismisnormidele

Lisa 6 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt Rootsi kiirteede projekteerimismisnormidele

Lisa 7 Põhimaantee nr 1 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus

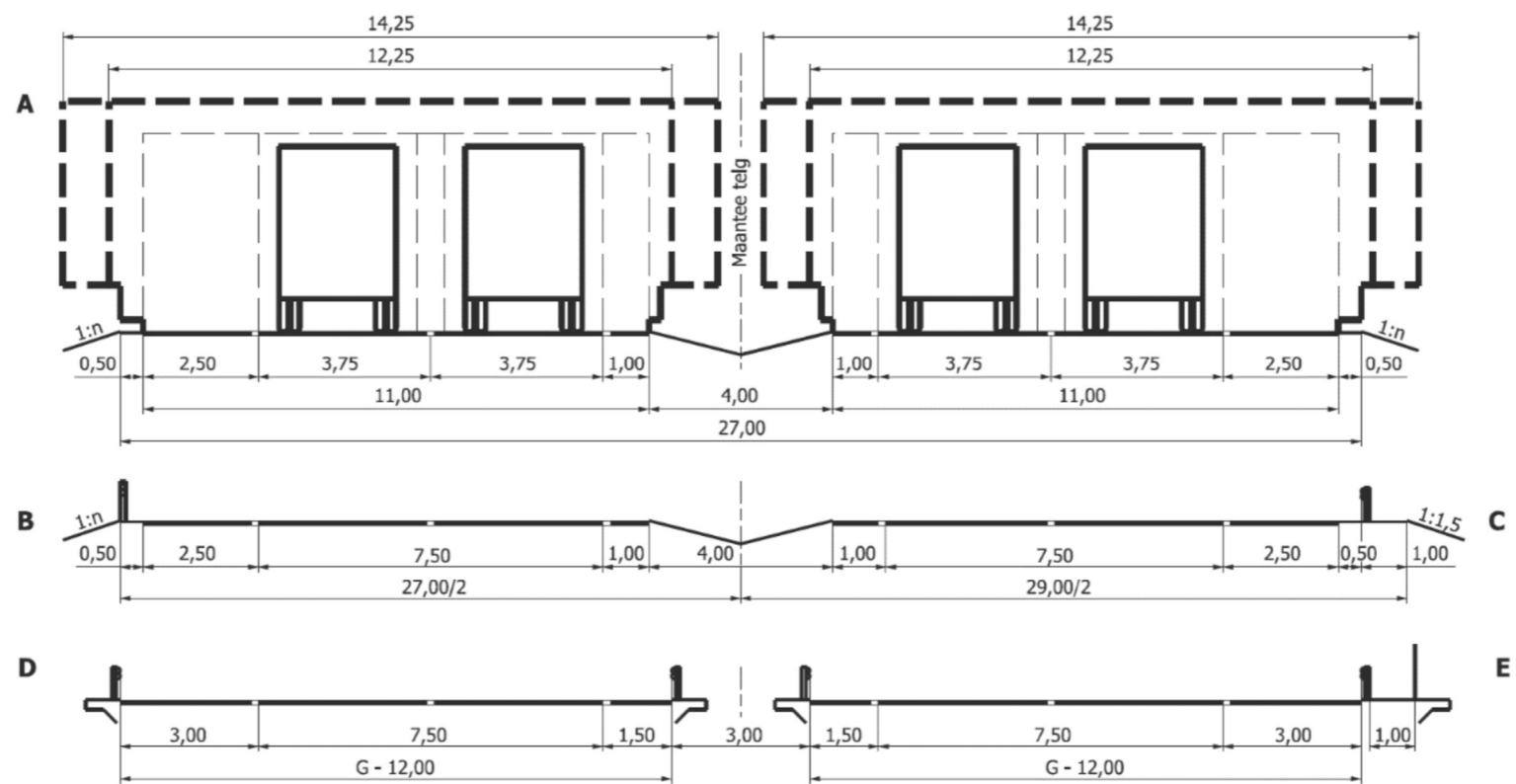
Lisa 8 Põhimaantee nr 2 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus

Lisa 9 Põhimaantee nr 4 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus

Lisa 1 Maanteede ristprofili parameetrid[4, lk 24]

Maanteeklass	Projektkiirus, km/h	Sõiduraja laius, m; arv	Sõidutee laius, m	Peenra laius, sellest			Eraldusriba vähim laius sellest			Katte laius, m	Maantee laius, m
				Kogu, m	Kindlustatud peenar, m	Tugipeenar, m	Kogu, m	Ääreriba, m	Vaheriba, m		
Kiirtee	140	3,75; 4 või 6	2x7,50	3,50	3,00	0,50	13,50	2x1,00	11,50	2x11,5	35,50
I	120	3,75; ≥ 4	2x7,50	3,00	2,50	0,50	6,00	2x1,00	4,00	2x11,0	27,00
II a	120	3,75; 2	7,50	2,25	1,75	0,50	-	-	-	11,00	12,00
II b	120	3,50; 2	7,00	1,00	0,50	0,50	1,00	-	-	9,00	10,00
II c	120	3,25-3,7; 5 või 3	10,50	1,50	1,00	0,50	1,50	-	-	14,00	15,00
III	100	3,50; 2	7,00	1,50	1,00	0,50	-	-	-	9,00	10,00
IV	80	3,00; 2	6,00	1,50	1,00	0,50	-	-	-	8,00	9,00
V	60	3,00; 2	6,00	1,00	0,50	0,50	-	-	-	7,00	8,00
VI	40	3,00; 1 või 2	3,00-6,00	0,50	-	0,50	-	-	-	3,00-6,00	4,00-7,00

Lisa 2 Neljarajalise I klassi maantee ristprofiil [4, lk 26]

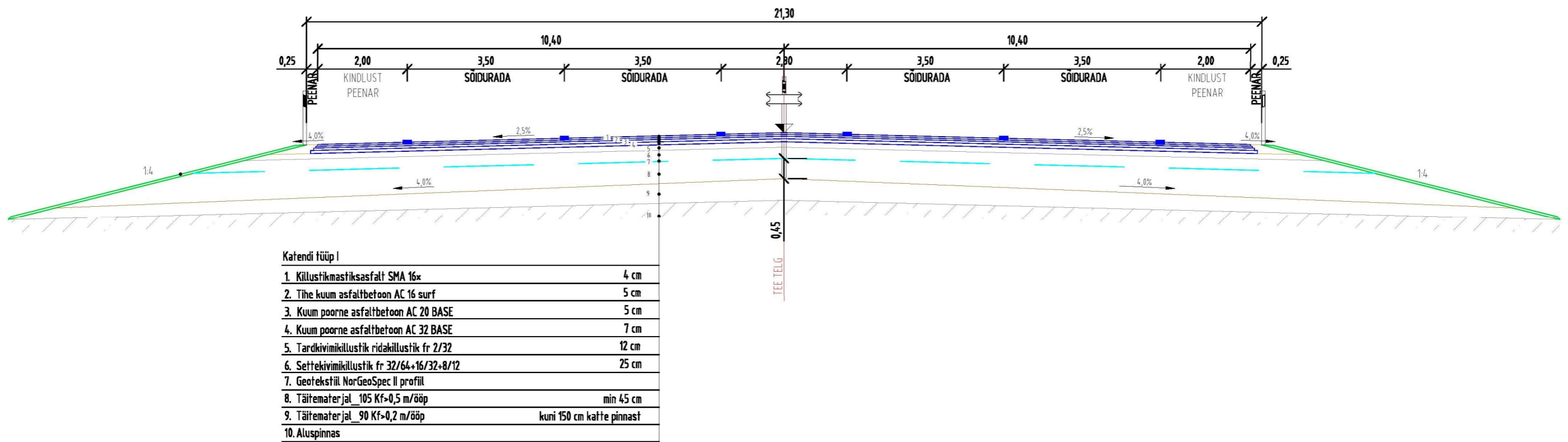


I KLASS (4-rajaline)
V=120 km/h
üle 14 500 auto/ööp
kiirusmuuteraja laius 3,5 m

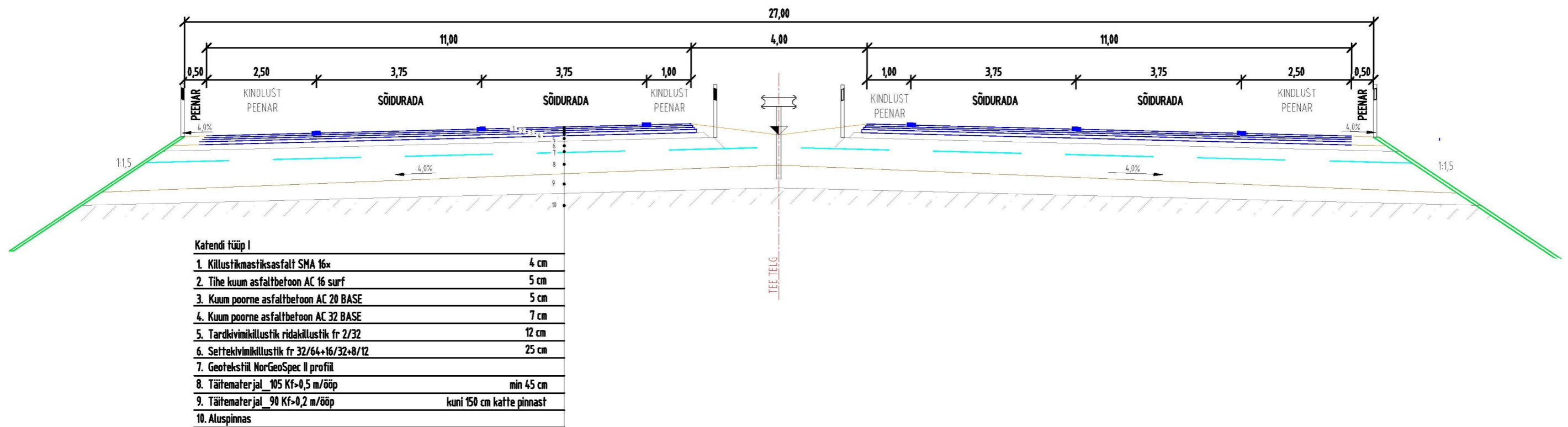
Lisa 3 Sõiduteega külgneva ala projekteerimine [4, lk 43]

Projektkiirus, km/h	Liiklussagedus, a/ööp	Mulde nõlvus						Süvendi nõlvus								
		1:4-1:5			1:6 ja lamedam			1:03			1:4-1:5			1:6 ja lamedam		
		Projekteerimise lähtetase														
		H	R	E	H	R	E	H	R	E	H	R	E	H	R	E
≤60	alla 750	3,1	2,5	2,1	3,1	2,5	2,1	3,1	2,5	2,1	3,1	2,5	2,1	3,1	2,5	2,1
	750-1500	4,3	4,0	3,7	3,7	3,5	3,1	3,7	3,5	3,1	3,7	3,5	3,1	3,7	3,5	3,1
	1500-6000	4,9	4,5	4,3	4,3	4,0	3,7	4,3	4,0	3,7	4,3	4,0	3,7	4,3	4,0	3,7
	üle 6000	5,5	5,2	4,9	4,9	4,5	4,3	4,9	4,5	4,3	4,9	4,5	4,3	4,9	4,5	4,3
80	alla 750	4,3	4,0	3,7	3,7	3,5	3,1	3,1	2,8	2,4	3,1	2,8	2,4	3,7	3,5	3,1
	750-1500	6,1	5,5	4,9	4,3	4,0	3,7	3,7	3,5	3,1	4,3	4,0	3,7	4,9	4,5	4,3
	1500-6000	7,9	7,0	6,1	5,5	5,2	4,9	4,3	4,0	3,7	4,9	4,5	4,3	5,5	5,2	4,9
	üle 6000	8,5	8,0	7,3	6,1	5,8	5,5	4,9	4,5	4,3	6,1	5,8	5,5	6,7	6,5	6,1
100	alla 750	7,3	6,7	6,1	5,5	5,2	4,9	3,7	3,5	3,1	4,3	4,0	3,7	4,9	4,5	4,3
	750-1500	9,8	9,0	7,9	7,3	6,7	6,1	4,3	4,0	3,7	5,5	5,2	4,9	6,7	6,5	6,1
	1500-6000	12,2	11,0	9,8	9,1	8,5	7,9	5,5	5,0	4,3	6,7	6,0	5,5	7,9	7,5	7,3
	üle 6000	13,4	12,0	11,0	9,8	9,5	9,1	6,7	6,5	6,1	7,9	7,5	7,3	8,5	8,2	7,9
≥120	alla 750	7,9	7,0	6,1	6,1	5,8	5,5	3,7	3,5	3,1	4,9	4,5	4,3	4,9	4,5	4,3
	750-1500	11,0	9,5	8,5	7,9	7,5	7,3	4,9	4,3	3,7	6,1	5,8	5,5	6,7	6,5	6,1
	1500-6000	12,8	11,5	10,4	9,8	9,0	8,5	6,1	5,5	4,9	7,3	7,0	6,7	8,5	8,2	7,9
	üle 6000	14,0	12,5	11,5	10,4	9,7	9,1	7,3	7,0	6,7	9,1	8,5	7,9	9,1	8,8	8,5

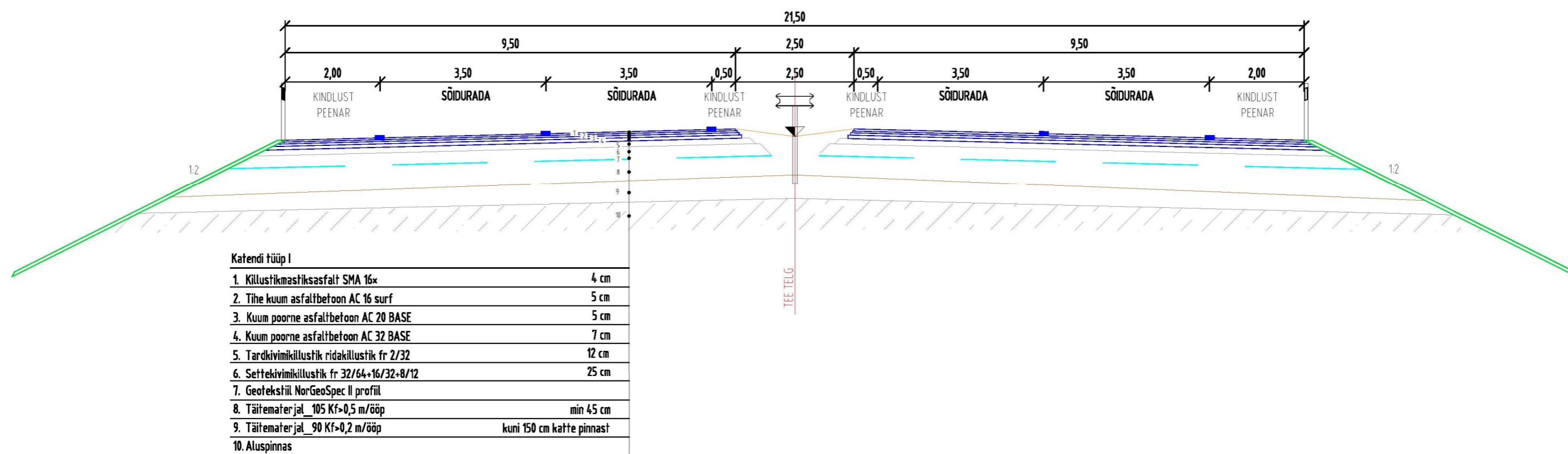
Lisa 4 Kose-Ardu teelõigu põhiprojekti kitsa eraldusribaga tüüpristprofiil [7, lk 6]



Lisa 5 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt MKM-i I klassi maanteedele projekteerimismäärustele [autori koostatud]



Lisa 6 Kose-Ardu teelõigu ristprofiil vastavalt Rootsi kiirteede projekteerimismuudostele [autori koostatud]



Lisa 7 Põhimaantee nr 1 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus, eurodes
[autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, EUR/m ²	5 323 427	5 630 548	4 862 746
AC 16 surf, EUR/m ²	4 808 246	5 103 005	4 439 798
AC 20 base, EUR/m ²	3 796 590	4 042 464	3 525 405
AC 32 base, EUR/m ²	5 355 723	5 720 196	5 087 431
Kindlustamata teepeenar, EUR/m ²	107 969	215 938	Puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, EUR/m ²	34 700 457	36 384 361	30 731 254
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, EUR/m ²	22 203 860	23 069 903	19 716 291
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, EUR/m ³	14 716 096	13 929 330	11 068 364
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, EUR/m ³	10 639 219	11 229 293	10 031 263
Kasvupinnase eemaldamine, EUR/m ³	2 356 758	2 157 864	1 888 131
Kokku	104 008 346	107 482 902	91 350 683

Lisa 8 Põhimaantee nr 2 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus, eurodes
[autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, EUR/m ²	7 576 660	8 013 775	6 920 988
AC 16 surf, EUR/m ²	6 843 420	7 262 940	6 319 020
AC 20 base, EUR/m ²	5 403 563	5 753 508	5 017 594
AC 32 base, EUR/m ²	7 622 626	8 141 368	7 240 774
Kindlustamata teepeenar, EUR/m ²	153 669	307 338	Puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, EUR/m ²	49 388 027	51 784 673	43 738 790
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, EUR/m ²	31 602 029	32 834 639	28 061 553
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, EUR/m ³	20 944 939	19 825 161	15 753 241
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, EUR/m ³	15 142 453	15 982 286	14 277 170
Kasvupinnase eemaldamine, EUR/m ³	3 354 297	3 071 218	2 687 315
Kokku	148 031 680	152 976 903	130 016 442

Lisa 9 Põhimaantee nr 4 neljarajaliseks maanteeks ehitamise maksumus, eurodes
[autori koostatud]

	Kose-Ardu teelõigu ristprofiil	MKM-i I klassi maanteede ristprofiil	Rootsi kiirteede ristprofiil
SMA 16, EUR/m ²	11 753 706	12 431 804	10 736 558
AC 16 surf, EUR/m ²	10 616 227	11 267 030	9 802 723
AC 20 base, EUR/m ²	8 382 570	8 925 441	7 783 815
AC 32 base, EUR/m ²	11 825 012	12 629 739	11 232 644
Kindlustamata teepeenar, EUR/m ²	238 387	476 774	Puudub
Tardkivimikillustik ridakillustik fr 2/32, EUR/m ²	76 615 860	80 333 788	67 852 174
Settekivimikillustik fr 32/64+16/32+8/12, EUR/m ²	49 024 365	50 936 518	43 532 008
Täitematerjal 105 Kf>0,5 m/ööp, EUR/m ³	32 491 974	30 754 858	24 438 070
Täitematerjal 90 Kf>0,2 m/ööp, EUR/m ³	23 490 552	24 793 390	22 148 235
Kasvupinnase eemaldamine, EUR/m ³	5 203 536	4 764 393	4 168 844
Kokku	229 642 189	237 313 735	201 695 072