

Teadus- ja arendustöö

**Optimaalse teekonstruktsiooni
koostamise metoodika väljatöötamine**

I etapp

2016



Optimaalse teekonstruktsiooni koostamise metoodika väljatöötamine I etapi aruanne

Tellijaja	Maanteeamet
Tellija esindaja ja kontaktandmed	Janek Hendrikson janek.hendrikson@mnt.ee Pärnu mnt 463a 10916 Tallinn Tel: 6119329
Lepingu nr	Töövõtuleping nr 16-00118/008
Aruande kuupäev	20. oktoober 2016
Aruande nr	ERC/14/2016
Märksõnad	Tee konstruktsioon, geotehnika, muldkeha ehitus, katendiarvutus, tasuvusarvutus, innovaatiline lahendus
Keywords	Road structure, geotechnical engineering, construction of subgrade and base layers, pavement calculation, cost-benefit analysis, innovation
Töös osalesid	Luule Kaal (<i>projektijuht</i>) <i>Konsultant, ERC Konsultatsiooni OÜ</i> Ain Kendra <i>Konsultant, T-Konsult OÜ</i> Peeter Talviste <i>Juhataja, IPT Projektijuhtimine OÜ</i> Jaanus Taro <i>Ehitusdirektor, TREF Nord AS</i> Tiit Kaal <i>Konsultant, ERC Konsultatsiooni OÜ</i>

ERC Konsultatsiooni OÜ

Väike-Ameerika 15-9

10129 Tallinn, Eesti

e-post: info@ercc.ee

tel: +372526984

www.ercc.ee

EESSÕNA

Käesoleva teadus- ja arendustöö peamine eesmärk on väljatöötada optimaalne kohalikel ehitusmaterjalidel baseeruv tee konstruktsiooni koostamise metoodika.

Metoodika väljatöötamine koosneb kolmest etapist:

- I etapp – teekonstruktsiooni koostamise metoodika kontseptsioon ning katendiarvutus ja tasuvusarvutus tõendamaks metoodika eeliseid võrreldes projekteerimismõõnetele tugineva lahendusega. I etapi tööd teostatakse 2016. aastal.
- II etapp – täismahus tee konstruktsiooni lahenduse katsetused stendil ning metoodika täpsustamine. II etapi tööd teostatakse eeldatavalt 2017. aastal.
- III etapp – uue katendiarvutuse programmi prototüübi loomine. III etapi tööde tegemise tähtaega ei ole täpsustatud.

Käesolev töö on metoodika koostamise I etapi aruanne. Töö tellija on Maanteeameti teede arenguosakond ning töö tehnilised tingimused on täies mahus toodud Lisas 1.

SISUKORD

Eessõna	1
SISUKORD	2
1. Üldist.....	4
2. Olemasoleva olukorra kirjeldus	5
2.1. Are ümbersõit.....	5
2.2. Liiklussagedus	5
2.3. Geoloogiline olukord	7
2.4. Maastik ja vee äravool.....	8
3. Metoodika koostamiseks vajalikud sisendandmed	9
3.1. Liiklussageduse prognoos.....	9
3.2. Tee trassi pikkus	11
3.3. Tee ristlõige	11
4. Geotehnika	12
4.1. Üldist.....	12
4.2. Pinnaste vajumine	12
4.3. Tee mulde stabiilsus	14
4.4. Tee konstruktsiooni niiskusrežiim	17
4.5. Filtratsioon.....	17
5. Katendi konstrueerimine.....	18
5.1. Probleemid	18
5.2. Koormussageduse prognoos	19
5.3. Võimalikud katendikonstruktsioonid	20
5.3.1. Normikohane lahendus	21
5.3.2. Innovatiivne lahendus	21
5.3.3. Hinnavõrdlus.....	23
5.4. Kasutusomaduste võrdlus	23
6. Rootsi katendiarvutuse programm – PMS Objekt.....	25
6.1. Päritolu ja võrdlus teistega	25
6.2. PMS Objekt – alused.....	26
6.3. Rootsi katendite projekteerimisest	26
6.3.1. Kliima	27

6.3.2.	Liiklus ja koormus	28
6.3.3.	Materjalid	29
6.3.4.	Katendi konstrueerimine Rootsi metoodika abil.....	30
7.	Tööde mahuarvestus ja tehnoloogia	33
8.	Tasuvus	35
8.1.	Tasuvusanalüüsi metoodika	35
8.2.	Tasuvusanalüüsi lähteandmed	36
8.2.1.	Analüüsitud teedevõrk	36
8.2.2.	Teedevõrgu seisukord	37
8.2.3.	Teekasutaja kulud	39
8.2.4.	Ajakulu	40
8.2.5.	Teede ehitus- ja hooldustööde rakendamine ja kulud.....	40
8.2.6.	Liiklusõnnetused analüüsiga hõlmatud teedevõrgul.....	41
8.3.	Tasuvusanalüüs	43
8.3.1.	Analüüsi tulemus	43
8.3.2.	Finantsanalüüs.....	45
8.3.3.	Are ümbersõidu ehituse piirmaksumus	47

Lisa 1. Töö tehniline kirjeldus

Lisa 2. KAP arvutuse tulemused – normikohane lahendus

Lisa 3. KAP arvutuse tulemused – innovatiivne lahendus

Lisa 4. PMS Objekt arvutuse esialgsed tulemused

Lisa 5. Teehaldaja ja teekasutaja kulud analüüsiperioodil (diskonteeritud)

Lisa 6. KAP võrdlus

1. ÜLDIST

Tee projekteerimine tugineb lähteandmetel, millest kõige olulisemateks on liiklus, geodeesia ja geoloogia. Liiklusproгноosist tulenevad tee vajalikud tehnilised parameetrid (sealhulgas nõutav kandevõime), geodeesia ehk maapinna digitaalne mudel võimaldab tee trassi planeerimise/projekteerimise ning geoloogia määrab alused katendi projekteerimiseks. Katendi projekteerimisel valitakse materjalid ja leitakse vajalikud kihipaksused. Geotehniliste arvutustega leitakse projekteeritud konstruktsiooni tõenäoline vajum ja kontrollitakse konstruktsiooni stabiilsust.

Käesoleva programmi raames on ette nähtud optimaalse konstruktsiooni projekteerimise meetodika kavandi koostamine ja seejärel katselõigu projekteerimine konkreetsel maanteelõigul. Tellija poolt on taustinformatsiooniks antud Pärnu maakonnaplaneeringut täpsustava teemaplaneeringu „Põhimaantee nr 4 (E67) Tallinn-Pärnu-Ikla (Via Baltica) trassi asukoha täpsustamine km 92,0-170,0“ materjalid.¹ Et praeguses faasis piirdutakse meetodikaga ja püütakse valida konstruktsioonid, on oluline teada ka geoloogiat – paraku tuleb veel piirduda üldistusega ning põllumajanduskasutuseks koostatud uuringute tulemustega.

¹ Pärnu maakonnaplaneering. Teemaplaneering „Põhimaantee nr 4 (E67) Tallinn-Pärnu-Ikla (Via Baltica) trassi asukoha täpsustamine km 92,0-170,0“. Pärnu, 2012.

2. OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS

2.1. Are ümbersõit



Teemaplaneeringu eesmärgiks oli võimaldada riigi põhimaantee nr 4 (E67) Tallinn-Pärnu-Ikla maantee olemasolev trass viia võimalikult suures osas vastavusse I klassi maanteele esitatavate nõuetega Pärnu maakonnas km 92-170.

Teemaplaneering koostati aastatel 2009-2012, mil maantee klassi määramise alused olid teistsugused võrreldes hetkel kehtivate maantee projekteerimisnormidega.

Töö tehnilises kirjelduses on toodud, et kavandatava näidislõigu maantee peab vastama II klassi nõuetele.

Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km	
		Olemasolev	Ümbersõit
109,0	116,0	7,0	6,4

Joonis 2.1. Are ümbersõidu trass

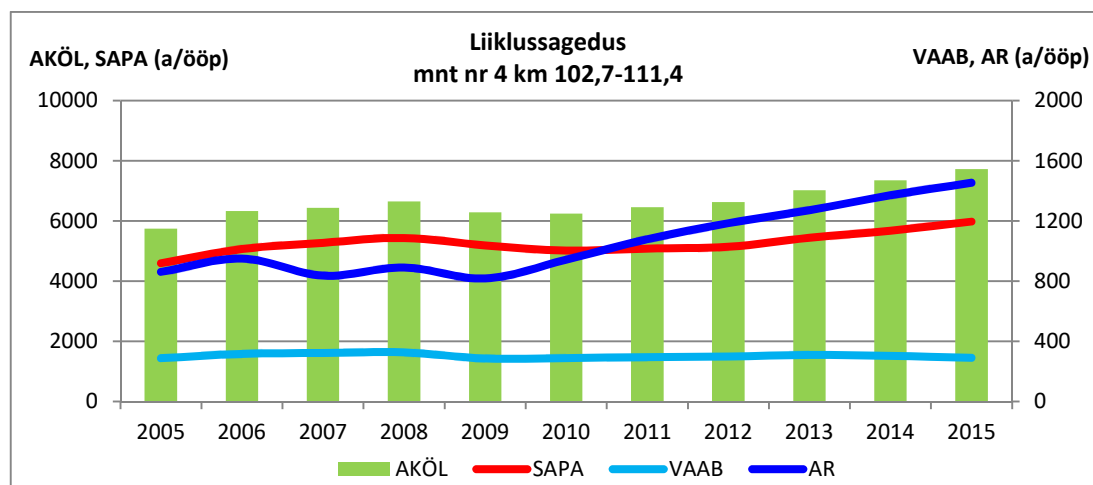
2.2. Liiklussagedus

Are ümbersõiduga seotud teelõikude 2015.a. liiklussageduse andmed on toodud tabelis 2.1.

Tabel 2.1. Liiklussagedus 2015. aastal

Algus, km	Lõpp, km	AKÖL	SAPA	VAAB	AR
102,710	111,431	7721	5977	290	1454
111,431	120,699	8152	6540	302	1310

Liiklussageduse ja –koosseisu andmed viimase 10 aasta lõikes on esitatud joonisel 2.2. Graafikud on koostatud Are püsiloenduspunkti (PLP 4-107,8 Are) andmete põhjal, kuna need on kõige täpsemad. Tuleb arvestada, et enne püsiloenduspunktide renoveerimist (aastatel 2007-2008) liigitasid vanad loenduspunktid sõidukeid mõnevõrra teisiti ning sõidukiklasside osas ei ole andmed aastate lõikes päris üks-üheselt võrreldavad. Seetõttu on andmete võrreldavuse huvides järgnevatel graafikutel tehtud mõningane mugandus, kus on muudetud 2005-2006 aasta VAAB ja SAPA klassidesse kuuluvate sõidukite liigituse jaotust, et see paremini vastaks praeguste püsiloenduspunktide liigitustele.

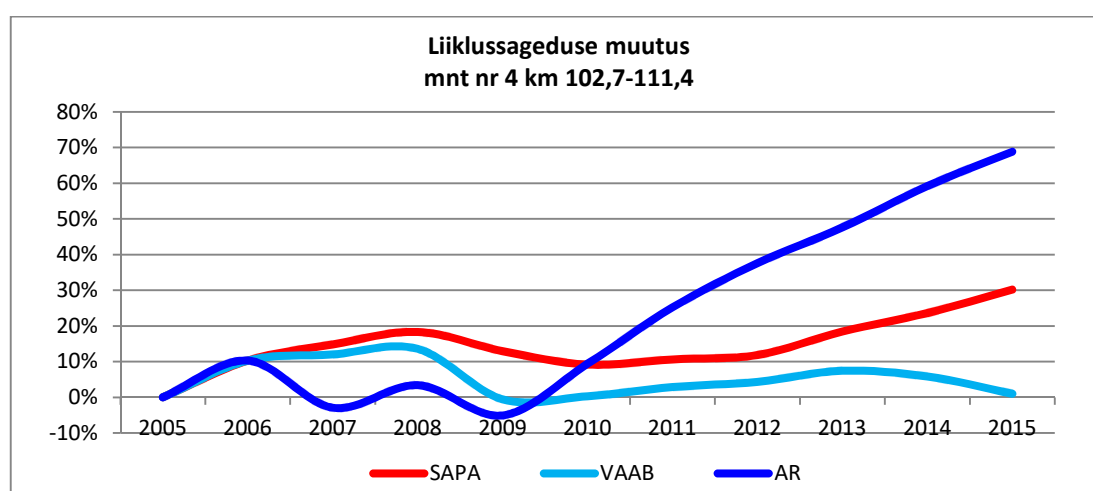


Joonis 2.2. Liiklussagedus ja –koosseis aastatel 2005-2015 Are PLP andmete põhjal

Majanduslanguse perioodi (2009-2010) järgselt on liiklussagedus Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel pidevalt kasvanud (keskmiselt 4% aastas) ning viimastel aastatel on liiklussageduse kasv ulatunud 5...6 %-ni aastas. Veoautode-autobusside (VAAB) klassis olevate sõidukite arv on aastate lõikes üsna samal tasemel. Sõidu- ja pakiautode (SAPA) arv on viimastel aastatel kasvanud keskmiselt 4% aastas, aga suurim muutus on toimunud autorongide (AR) osas – liiklussageduse kasv keskmiselt 9% aastas. Kui veel 2010. aastal liikus sel teelõigul keskmiselt alla 1000 autorongi ööpäevas, siis praeguseks (seisuga 30.09.2016) ületab autorongide arv 1500 sõidukit ööpäevas.

Sarnane tendents on täheldatav ka teiste Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel olevate püsiloenduspunktide andmetes.

Liiklussageduse muutused sõidukiklasside lõikes viimase kümne aasta jooksul on toodud joonisel 2.3. Sarnaselt eelmise graafikuga on ka see koostatud Are PLP andmete põhjal.

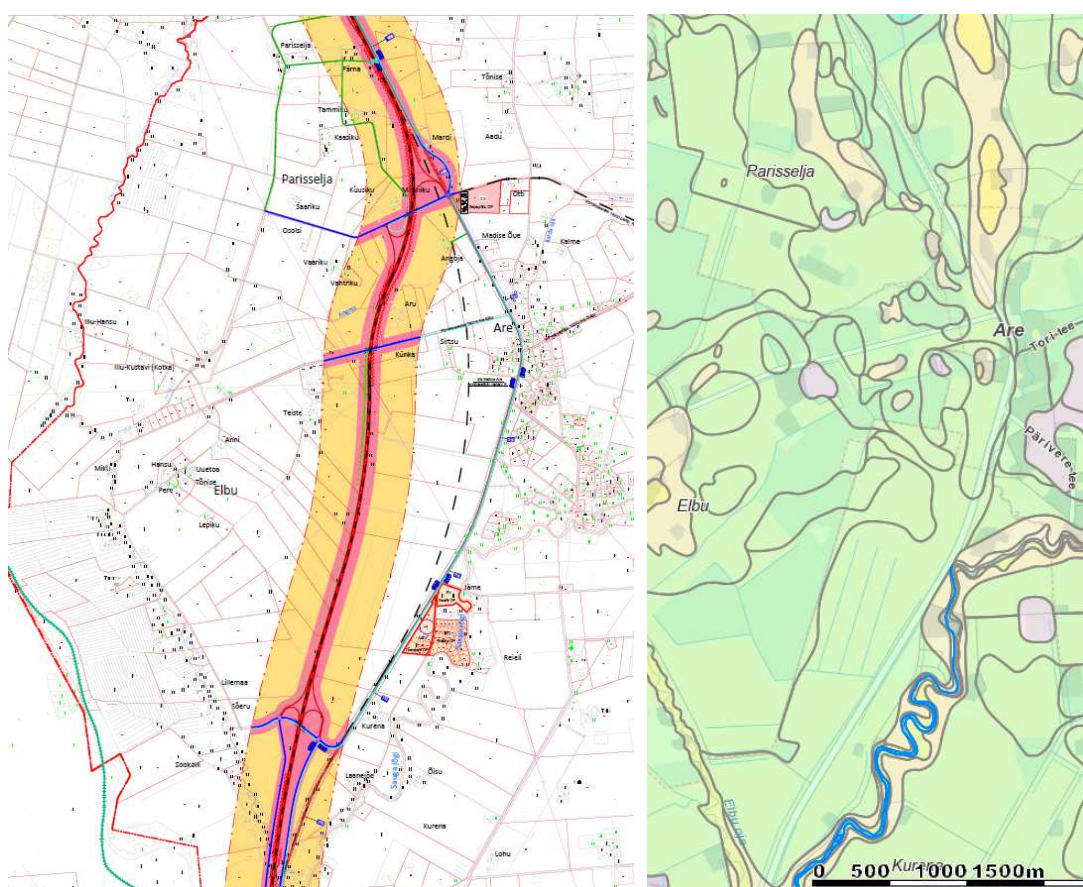


Joonis 2.3. Liiklussageduse muutus Are PLP andmete põhjal

2.3. Geoloogiline olukord

Maa-ameti mullakaardi andmetel on projekteeritava objekti piirkonnas kasvumulla all liivsavi või savi. Mullakaardil on kirjeldatud vaid ülemise meetri pinnased ja kaart ei anna ülevaadet vastava pinnasekihi paksusest osas, mis ületab meetrit.

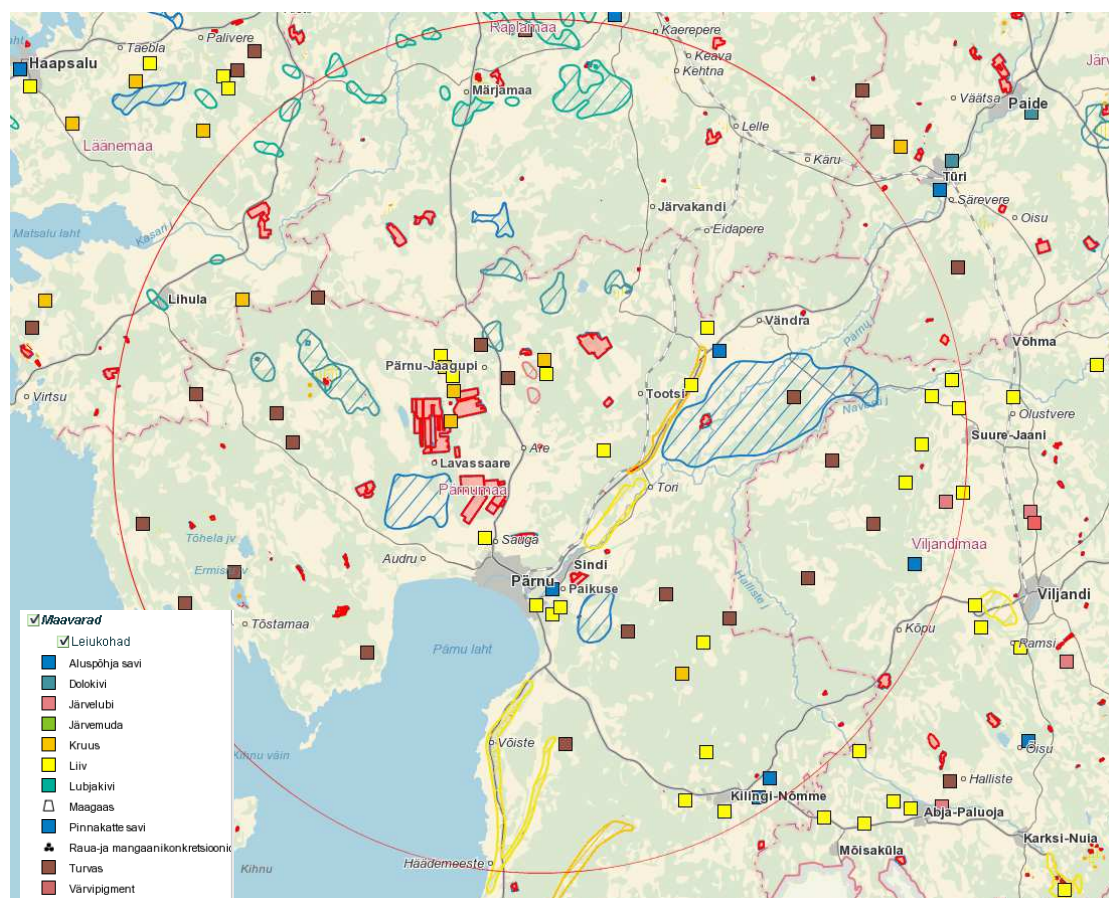
Lühemates lõikudes trassi keskosal võib esineda liivasemaid alasid, kuid põhiosas on siiski valdavaks savipinnased. Tõenäoliselt on valdavaks 3. niiskuspakkond (märg), kuna savipinnased ei filtreeru ja väga väikese maapinna kalde tõttu on ka vee äravool raskendatud. Oletades siiski, et pikaajalise seisuvee või pinnasevee tase ei ole maapinnal, on projekteerimismuutkade tabeli 3.9 alusel katte pinna vähim kõrgus 1,6 m lühiajalisest ja 2,2 m pikaajalisest seisuvee tasemest (kui pinnas peaks olema mõllsavi, siis veel 20 cm enam).



Joonis 2.4. Are ümbersõidu trassi ja geoloogilise kaardi pilt

Lähim karjäär, kus on võimalik toota killustikku, mille purunemiskindlus vastab vaadeldava lõigu koormusest tulenevatele nõuetele (LA30) asub 50 km kaugusel. Samas asub Are ümbersõidust 20 km raadiuses lubjakivikillustiku karjääre, mille purunemiskindlus on LA35 (kehtivatele nõuetele vastavlt sobilik kasutamiseks stabiliseeritud kihis). Piirkonnas on olemas piisav hulk liiva ning kruusliivakarjääre, kuid seal leiduvate materjalide omadused on suhteliselt kõikumad (ka sama karjääri piires) ning mulde aktiivtsoonis ja drenikihis

kasutamiseks tuleb materjalide omadusi suure tõenäosusega parendada (pesta, lisada killustikku jne) või transportida sobilikku materjali suurte vahemaade tagant.



Joonis 2.5. Maavarade leiukohtade kaart

2.4. Maastik ja vee äravool

Trassi alguses on maapinna absoluutkõrgus ca 16 meetrit, trassi lõpus ca 11 meetrit. Seega on maapinna langus 5 meetrit 6,5 kilomeetrise lõigul ehk 0,077%. Maaparandussüsteemide projekteerimismäärade järgi (P10.1) on eesvoolu vähim lubatud põhja lang 0,3 % ehk kaks korda väiksem. Teede kuivendusjuhendi järgi on dreeni minimaalne lang 2,5 % ja küveti põhja pikikalle 0,5%, erandjuhul 0,2%. Seega, teede projekteerimise reeglite kohane teeäärne vee äravoolusüsteem eeldaks 6,5 km trassile kõrguste vahet 13 meetrit, mida konkreetses olukorras ei ole võimalik saavutada. Samas kulgeb trassiga paralleelselt Elbu oja, kuhu kõrgusliku info alusel oleks võimalik kraavid ühendada (oja on ka vääriselupaikade nimistus, mis tõenäoliselt piirab sinna vee juhtimise võimalusi). Trassi keskosas ristuvad trassiga Angoja ja Elbu-Angoja peakraav, lõunaosas ületab trass mitmeid Keskuse maaparandusobjekti peakraave – kõik veed suubuvad Sauga jõkke.

3. METOODIKA KOOSTAMISEKS VAJALIKUD SISENDANDMED

3.1. Liiklussageduse prognoos

Liiklussageduse prognoosimist on käsitletud kahes dokumendis – liikluse baasprognoosis (BP-2040)² ning maantee projekteerimismidetes (PN)³.

Maantee projekteerimismidetes p.1.3. lg (3) on toodud, et „eeldatava liiklussageduse prognoosimisel järgnevas 20 aastaks võetakse liiklussageduse muutuse protsendiks mitte suurem kui eelneva 10 aasta kasvu või vähenemise protsent“, paraku ei tööta selline lihtsustatud lähenemine liiklussageduse prognoosimisel sõidukiklasside kaupa.

Liikluse baasprognoosi ptk 5 on toodud perspektiivse liiklussageduse arvutamiseks valem ning ka tabelid, kus on antud liiklussagedust mõjutavate tegurite koefitsiendid kolme taseme (keskmine, kõrge, madal) kohta aastani 2040.

Liiklussagedust mõjutavad tegurid vastavalt eelpool mainitud metoodikale on:

- Elanike arvu muutumist arvestav tegur
- Autostumistaseme muutust arvestav tegur
- Autopargi läbisõidu muutust arvestav tegur
- Maantee liiki arvestav tegur

Elanikkonna prognoos aastani 2050 on koostatud Statistikaameti poolt ning käesoleval juhul on kasutatud just neid andmeid, mitte baasprognoosis toodud väärtuseid.

Autostumistaseme muutust on analüüsitud vastavalt Maanteeameti (ARK) andmetele ning iga sõidukiklassi jaoks on kasutatud erineva taseme muutuste koefitsiente.

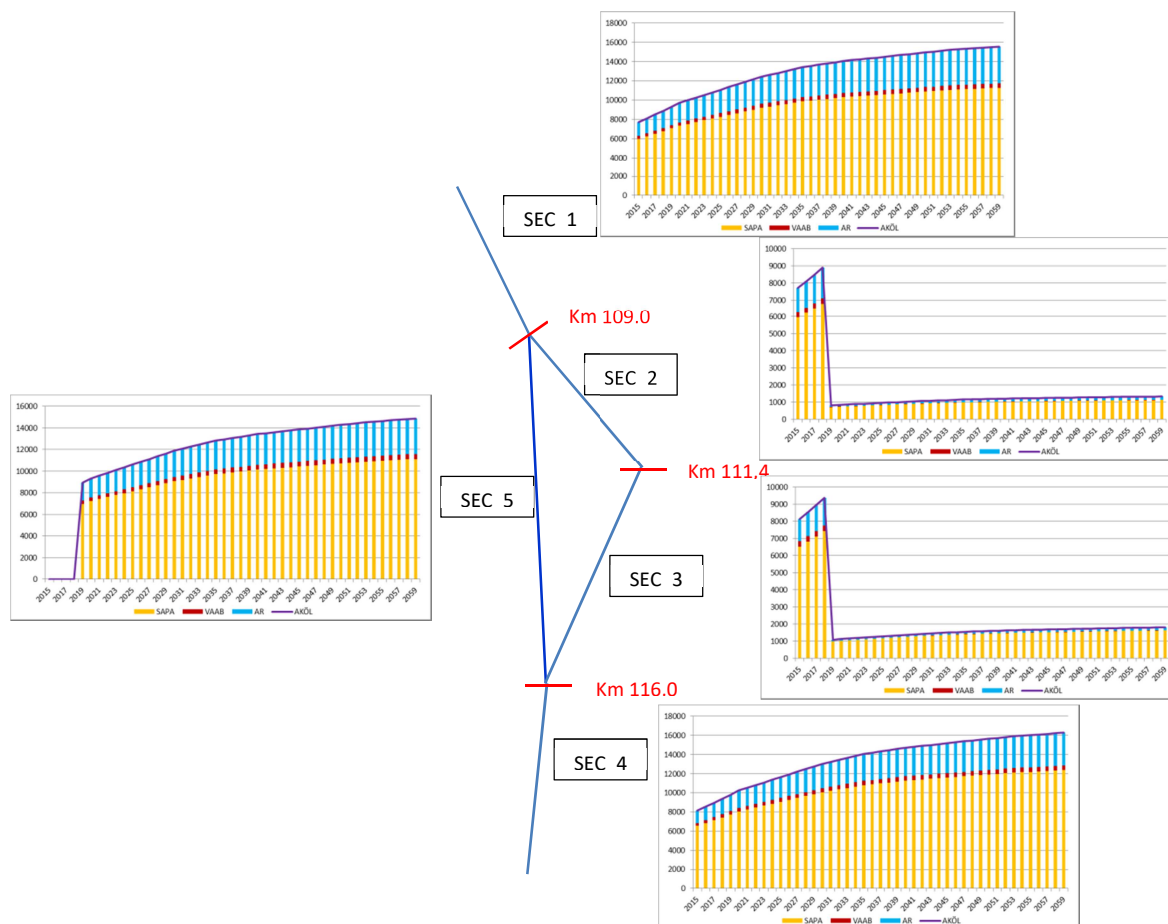
Autopargi läbisõidu koefitsientide jaoks on analüüsitud mnt nr 4 tegelikke läbisõite viimastel aastatel ning selle alusel on jällegi kasutatud iga sõidukiklassi jaoks erinevate tasemete muutuste koefitsiente.

Kuna liikluse baasprognoosis olevad koefitsiendid on esitatud aastani 2040, siis aastateks 2041-2059 on koefitsientide rida täiendatud kasutades logistilise kasvukõvera meetodit (nimetatakse ka Gompertzi kõveraks, millele on viidatud muuhulgas elastsete teekatendite projekteerimisjuhendis 2001-52).

Are ümbersõidu skemaatiline joonis ning liiklussageduse prognoos teelõikude kaupa on illustreerivalt esitatud joonisel 3.1.

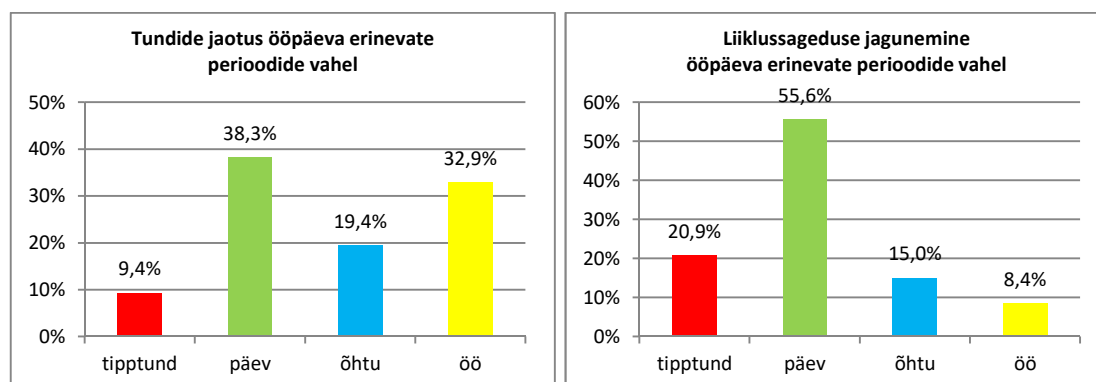
² Metsvahi, T. Liikluse baasprognoos Eesti riigimaanteedele aastaks 2040. Lõpparuanne. TTÜ, 2007.

³ MKM 05.08.2015 määrus nr 106. Tee projekteerimise normid.



Joonis 3.1. Are ümbersõidu teelõikude perspektiivne liiklussagedus aastani 2059

HDM-4 analüüsi teostamiseks on vaja teada ka liiklusvoo parameetreid (Traffic Flow Pattern). Liiklusvoo parameetrite arvutamiseks on analüüsitud Are püsiloenduspunkti andmeid ning graafiliselt on need esitatud joonisel 3.2.



Joonis 3.2. Aasta keskmine liiklusvoo jaotus ööpäeva lõikes

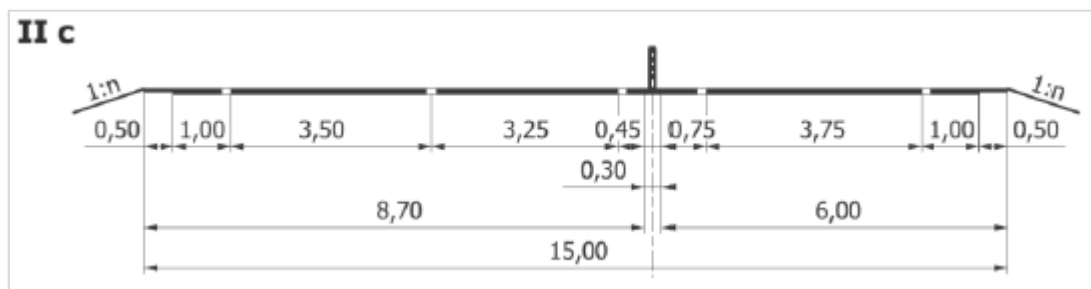
3.2. Tee trassi pikkus

Teemaplaneeringus „Põhimaantee nr 4 (E67) Tallinn-Pärnu-Ikla (Via Baltica) trassi asukoha täpsustamine km 92,0-170,0“ on info Are ümbersõidu pikkuse kohta ebamäärane. Seetõttu on aluseks võetud teelõigu algus ja lõpp ning vastavalt teemaplaneeringus toodud ümbersõidu trassi asukohale ja kulgemisele on Maa-ameti kaardilt mõõdetud tee pikkus.

Algus, km	Lõpp, km	Pikkus, km	
		Olemasolev	Ümbersõit
109,0	116,0	7,0	6,4

3.3. Tee ristlõige

Teelõigu projekteerimisel peab arvestama II klassi nõuetega ning tee ristlõikeks on ette nähtud 2+1 lahendus. Täpsemad ristlõike parameetrid on kirjeldatud PN tabelis 2.6 (maantee klass „II c“ ja mõõdud vastavalt joonisele 2.11).



Joonis 3.2. II klassi maantee ristprofiil (väljavõte projekteerimismidest, joonis 2.11)

4. GEOTEHNIKA

4.1. Üldist

Töö tehnilises kirjelduses oli toodud, et „*Aruandes tuleb esitada kõigi variantide kohta, minimaalselt 1 mulde **stabiilsuse ja vajumise arvutus** tee kilomeetri kohta (nõrgemate aluspinnastega (turba-alad) kohtadel min 200 m tagant, lisaks, viaduktide pealesõitude kohad).*” Kuna I etapi aruande koostamise ajaks puuduvad põhjalikud trassi geoloogilised andmed ning teemaplaneeringus toodud geoloogiliste uuringute aruanne pole piisav, siis on arvutused tehtud üldistatult. Maanteeamet avaldas 03.10.2016 hanketeate „Geoloogiliste uuringute teostamine riigitee nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla Are möödasõidu trassil“ (viitenumber 178804). Uuringu tulemused on eeldatavalt kättesaadavad 2017.aasta alguses ning täpsemad geotehnilised arvutused on võimalik teha metoodika koostamise II etapi tööde raames.

4.2. Pinnaste vajumine

Looduslike teetrassi alla jäävate pinnaste vajumise prognoosimiseks mulde koormuse mõjul on vajalikud järgmised lähteandmed:

1. Koormused ja konfiguratsioon
 - a. Tee laius
 - b. Tee mulde kõrgus
 - c. Mulde materjali mahukaal paigaldatult
 - d. Mulde alt eemaldatava pinnase või mulla paksus
 - e. Pinnasevee keskmine tase enne ja pärast teetrassi rajamist
2. Aluspinnas
 - a. Tee mulde alla aktiivtsooni jäävate kihtide paksus
 - b. Tee mulde alla aktiivtsooni jäävate pinnasekihtide kokkusurutavus, konsolidatsioonimoodul, mahukaal ja poorsustegur
 - c. Aktiivtsoon – mulde koormuse poolt mõjutatud tsooni, pinge hajumine tasemeni kuni 10% mulde koormusest.

Mulde vajumine loodusliku aluse moodustavate kihtide tihenemise arvelt tehakse, kui mulde kahekordse laiusega võrdsesse sügavusse jääb pinnasekiht, mille elastsusmoodul on $E < 4 \text{ MPa} \times N$ (kus N on mulde paksus m -tes, arvutusvalemis kasutusel ühikuta suurusena). Sellise kihi esinemisel on vajalik uuringutega määrata selle pinnasekihi paksus (ka juhul kui kihi alumine piir on aktiivtsoonist sügavamal).

Tee mulde seisukohalt on vajumise absoluutväärtusest olulisem vajumise ajaline kulgemine, ehk kui suur osa prognoositud vajumisest toimub ehitusperioodil ja kui suur osa ehitusperioodi järgselt. Reeglina toimub pinnaste, mille $E < 4 \text{ MPa}$ pikaajalise protsessina ning vajumise ajalise kulgemise prognoosimine on väga oluline. Arvestada tuleb, et vajuva kihi paksuse muutumisel kaks korda muutub lõppvajumise saavutamiseks kuluv aeg neljakordseks.

Vajumisprognoos tehakse EVS-EN 1997 kohaselt.

Allpool esitatud näiteülesande lahendamiseks on vajalik informatsioon:

1. Mulde kõrgus ja nõlvus – 2 m, 1:1
2. Asfaldi, killustiku, drenikihi ja mulde paksus, mahukaal
3. Veetase – mulde all
4. Loodusliku liivakihi paksus, mahukaal ja kokkusurutavus
5. Nõrga savikihi paksus, mahukaal ja kokkusurutavus
6. Moreeni mahukaal ja kokkusurutavus

Vajumisprognoosil kasutati järgmiseid pinnaseparameetreid (lahter tühi kui arvutuskeem seda parameetrit ei nõua):

Tabel 4.1. Pinnaste kokkusurutavust iseloomustavad normsuurused.

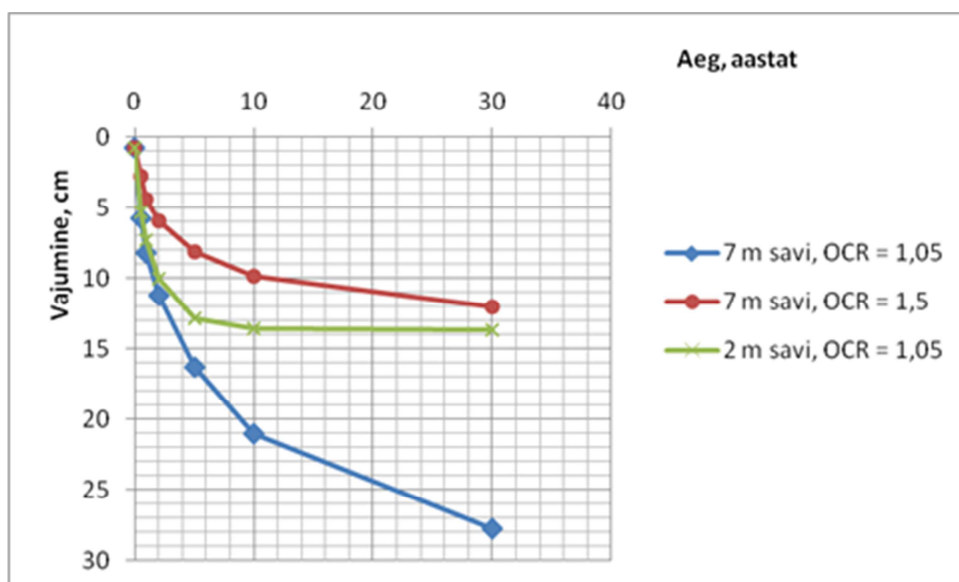
	Mahu- kaal, kN/m ³	Poorsu- s-tegur	Defor- matsiooni- moodul	Kompressiooni- indeks	Dekomp- resiooni- indeks	Ületihe- nemisaste	Kompressio- onimoodul, m ² /sek
Liiv	18		10				
Savi	16	1,9		0,65	0,12	1,05	2x10 ⁻⁸
Mo- reen	22		25				

Tehti 3 vajumisprognoosi, illustreerimaks enim vajuva kihi (näites savi) paksuse muutuse mõju arvutustulemusele. Samuti tehti arvutus kahele ületihenemisastmele (1,05 ja 1,5) näitamaks savi omaduste muutumise mõju arvutustulemusele. Arvutus tehti programmiga SETTLE3D (Rocscience Inc., Kanada), vajumise ajaline kulgemine modelleeriti projekti staadiumitena (0,5 aastat kuni 30 aastat). Arvutustulemused on esitatud alljärgnevas tabelis.

Tabel 4.2. Mulde aluse vajumine 2 m paksuse mulde koormuse all.

Aeg	Mulde all 7 m savi, Vajumine, cm	Mulde all 7 m savi, Vajumine, cm Ületihenemisaste 1,05 asemel 1,5	Mulde all 2 m savi Vajumine, cm
Hetkevajum	0,8	0,8	0,8
0,5 aastat	5,8	2,8	5,3
1 aasta	8,2	4,4	7,3
2 aastat	11,2	6,0	10,0
5 aastat	16,3	8,1	12,9
10 aastat	21,0	9,9	13,6
30 aastat	27,7	12	13,7
Maksimaalne prognoositud vajumine	27,7	12	13,7

Näitena toodud arvutus illustreerib, kuivõrd tundlik on arvutatud vajumine ja selle ajaline moodustumine nii vajuva kihi paksuse kui vajuva kihi omaduste suhtes. Tee all vajuva kihi paksus ei ole looduses püsiv, kuna geoloogiliste kihtide geomeetrised mõõtmed ruumis muutuvad, peegeldades kunagisi geoloogilisi protsesse. Seetõttu on ka mulde oodatavad vajumised tee eri lõikudel erinevad ning nende vajumiserinevuste lubatavuse osas tulebki arvutuste alusel otsused vastu võtta. Vajadusel tuleb vajuvad kihid kas asendada või stabiliseerida.



Joonis 4.1. Mulde aluse vajumine 2 m paksuse mulde koormuse all. Illustratsioon tabelile.

4.3. Tee mulde stabiilsus

Tee mulde stabiilsuse prognoosimiseks aluspinnase purunemise tõttu on vajalikud järgmised lähteandmed:

1. Koormused ja konfiguratsioon
 - a. Tee laius
 - b. Tee mulde kõrgus
 - c. Mulde materjali mahukaal paigaldatult
 - d. Mulde materjali nihketugevus
 - e. Mulde nõlvus ehk nõlvade kalle
 - f. Kraavide sügavus ja laius
 - g. Mulde alt eemaldatava pinnase või mulla paksus
 - h. Pinnasevee keskmine tase enne ja pärast teetrassi rajamist
2. Aluspinnas
 - a. Tee mulde alla aktiivsooni jäävate kihtide paksus
 - b. Tee mulde alla aktiivsooni jäävate pinnasekihtide mahukaal ja nihketugevus (nii lühi- kui pikaajaline tugevus)

- c. Aktiivtsoon – tsoon milles võib toimuda mulde stabiilsuse kadu aluspinnase purunemise tõttu (maalihe).

Mulde stabiilsuse kontrollimine arvutusega on vajalik, kui mulde alla, mulde (tee) laiuse sügavusse, jääb pinnasekiht, mille lühiajalist nihketugevust iseloomustab dreenimata nihketugevus $c_u < 50$ kPa (elastsusmoodul $E < 20$ MPa või eritakistus surupenetratsiooni katsel $q_c < 0,5$ MPa).

Stabiilsuse kontrollarvutus tehakse EVS-EN 1997 kohaselt.

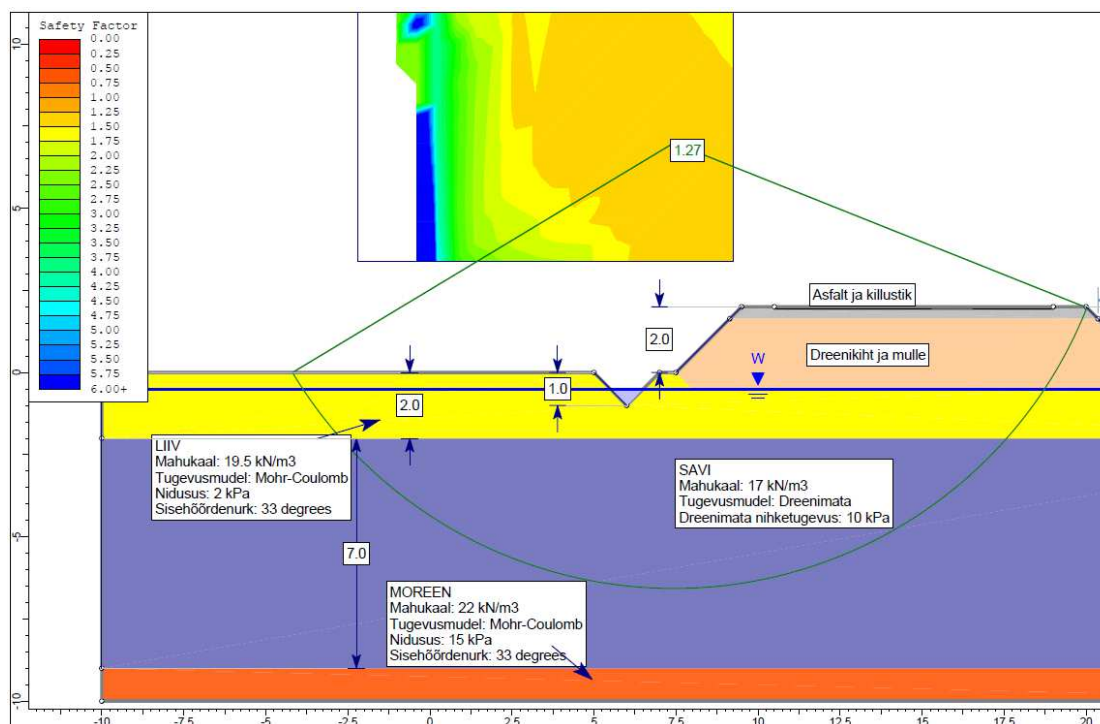
Allpool esitatud näiteülesande lahendamiseks on vajalik informatsioon:

1. Mulde kõrgus ja nõlvus – 2 m, 1:1
2. Asfaldi, killustiku, drenikihi ja mulde paksus, mahukaal ja tugevus (nidusus ja sisehõõrdenurk)
3. Kraavi sügavus ja nõlvus – 1 m, 1:1
4. Veetase – mulde all
5. Loodusliku liivakihi paksus, mahukaal ja tugevus (viimane esitatud joonisel nõ. tavapärase väärtusena)
6. Nõrga savikihi paksus, mahukaal ja tugevus (viimane esitatud joonisel nõ. tavapärase väärtusena)
7. Moreeni mahukaal ja tugevus (viimane esitatud joonisel nõ. tavapärase väärtusena)

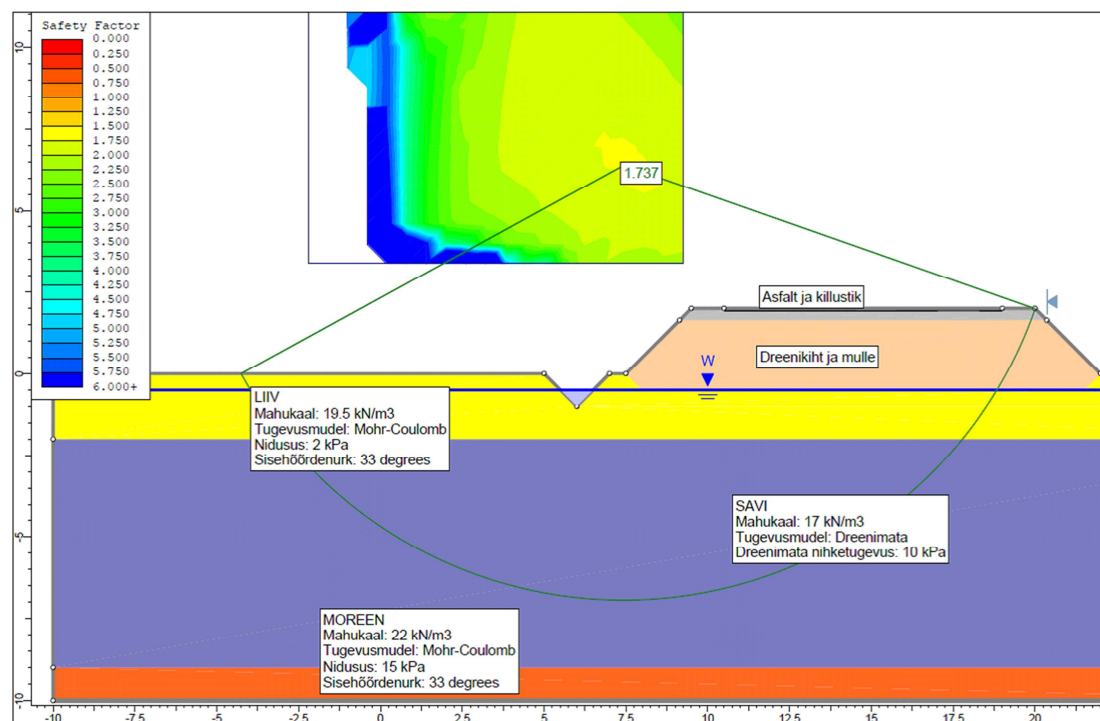
Vastavalt EVS-EN 1997-1:2006 soovitustele rakendati näitena esitatud stabiilsusarvutuses (STR) ja (GEO) arvutusvarianti 1 kombinatsiooniga 2 (Lisa NA „Eesti standardi rahvuslik lisa“ NA 2.4.7.3.4.1). Osavaruteguritena rakendati sama teatmelisa tabelites NA A.3 ja NA A.4 toodud osavarutegurite γ_E ja γ_M kombinatsiooni 2. Vastavalt EVS-EN 1997-1:2006 p.2.4.7.3.1 peab piiriseundi (STR ja GEO) käsitlemisel kontrollima, et $E_d \leq R_d$. Stabiilseks loetakse nõlva, millel see tingimus on täidetud.

Näites esitatud tingimustel on mulle stabiilne EVS-EN 1997-1:2006 rahvusliku Lisa NA 2.4.7.3.4.1 mõistes (nõutud stabiilsus on ületatud 1,27 kordselt). Are ümbersõidu mõistes Maanteeameti kehtestatud stabiilsustingimus rahuldatud ei ole ($1,737 < 1,8$).

Soovitame Maanteeameti kaaluda kehtestatud stabiilsusnõude põhjendatust, EVS-EN 1997-1:2006 rahvusliku Lisa NA 2.4.7.3.4.1. juhiste järgi on valmis ehitatud sadamakaid Muuga sadamas, projekteeritud sügavad kaevised Tallinna kesklinnas jne. Kõrgendatud stabiilsuse tagamine tähendab suuremat ressursi- ja rahakulu.



Joonis 4.2a. Tee stabiilsuse kontroll. Illustreeriv joonis. Eeldatav Are ümbersõidu geoloogiline ehitus, EVS-EN 1997 stabiilsusnõue on täidetud 1,27 kordselt (arvutus arvustussuurustega, vajalik $F > 1$).



Joonis 4.2b. Tee stabiilsuse kontroll. Illustreeriv joonis. Eeldatav Are ümbersõidu geoloogiline ehitus, Maanteeameti stabiilsusnõue on täitmata (arvutus normsuurustega, vajalik $F > 1,8$).

Kontrollarvutus tehti programmiga SLIDE (Rocscience Inc., Kanada). Arvutusmeetodid – *Bishop, Janbu corrected, Morgenstein-Price, Spencer ja Lowe-Karafiath.*

4.4. Tee konstruksiooni niiskusežiim

Tee konstruksiooni niiskusežiimi mõjutavad:

- Pinnasevee tase ja võimalik surveine põhjavesi – võimalik kontrollida kraavide ja drenidega. Kraavid ja drenid peavad tagama, et maksimaalne lubatud veetase ei oleks ka suurvee ajal ületatud (eriti sügisel).
- Pinnase- ja põhjavee tasemest kapillaarjõududega kõrgemale imatav vesi – võimalik kontrollida väga väikese kapillaartõusu omava pinnasekihiga (20-30 cm) maksimaalse lubatud pinnase- ja põhjavee tasemest kõrgemal.
- Tee peenardelt muldesse imbuv vesi – juhitakse muldest välja killustikukihis.
- Tee katendist läbi infiltreeruv vesi – hulk sõltub katendi seisukorrast, mida suurem on pragude hulk, seda suurem kogus vett satub muldesse. Kontrollitakse pragude sulgemisega taastusremondi käigus.
- Õhust imatav niiskus – ei ole probleem kuiva mulde korral.

4.5. Filtratsioon

Eesti Asfaldiliidu tellimusel on tehtud uuring „Muldkehades ja drenikihtides kasutatavate mineraalmaterjalide veejuhtivus- ja tugevusomadused seotuna terastikulise koostisega. I etapp. Mineraalmaterjali filtratsioonimooduli seos terastikulise koostisega. Tallinna Tehnikakõrgkooli vastava uuringuaruande täiendamine täiendavate katsetulemuste analüüsiga“ (IPT Projektijuhtimine, Tallinn 2016).

Kuna uuring on avalikult kätte saadav Asfaldiliidu kodulehel, siis käesoleva töö raames pole põhjust sellest eraldi kokkuvõtet teha.

5. KATENDI KONSTRUEERIMINE

5.1. Probleemid

Tänane reglement (normid ja juhendid) nõuab, et asfaltkattega katendi ülemises meetris ja tsementbetoonist kattega katendi 1,2 meetris tuleb kasutada **külmakindlaid materjale**. Lubatud külmakerke ulatusele esitatakse nõuded sõltuvalt tee liiklussagedusest ja funktsioonist, Eestis on fikseeritud ühetaoline nõue sõltuvalt katte tüübist (püsikate – 4 cm, kergkate – 6 cm, siirdekate – 10 cm). Külmakerge on ohtlik, kui korraga esinevad vähemalt kaks tingimust:

- Vesi külmumiseelsel perioodil külmumissügavusest kõrgemal paiknevas kihis. Külmumissügavusena loetakse normis 125 cm, kuid tegelik külmumissügavus sõltub objekti asukohast ja aluspinnase liigist, ulatudes ekstreemsemal juhul kuni kolme meetrini;
- Külmakerkeline pinnas veega küllastunud kihis ebaühtlaselt paiknevana (ühtlane külmakerge ei pruugi olla ohtlik).

Reglemendi järgi tuleb katendi töökihis (1,5 m katte pinnast) kasutada **dreenivaid materjale** (dreenivuse ehk filtratsiooni nõude väärtused on erinevad, sõltudes valitud konstruktsioonist). Filtratsiooninõude teiseks põhjuseks on asjaolu, et pinnaste tugevusnäitajad sõltuvad niiskusest. Parema filtratsiooniga materjal tagab konstruktsioonile paremad töötingimused. Paraku ei ole arvestatud asjaoluga, et:

- lisaks pinnastele, sõltuvad niiskusest ka materjalide omadused;
- liivade (ja liivpinnaste) filtratsioon sõltub lõimisetegurist (ühtlaseteralise liivad) ja liiva terakujust. Ühtlaseteraliste ja seejuures ümara terakujuga liivade filtratsioon on küll väga hea, kuid materjal on halvasti tihendatav ning kandevõime sõltub materjali lõimisetegurist;
- rõhutades dreenikihi olulisust, viidates seejuures ka lääne autoriteetsetele allikatele, unustatakse ära, et dreenkihina nähakse reeglina purustatud pindadega kivimaterjalidest rajatud kihte (seejuures esitatakse filtratsiooni väärtusi vahemikus 300...900 meetrit ööpäevas);
- liivpinnaseid kasutatakse üldjuhul külmakaitsekihis või filterkihis. Esimesel juhul valdavalt reglementeeritakse peenosiste sisaldus, teisel juhul sõelkõver sõltuvalt filterkihi peal ja all paiknevate materjalide/pinnaste sõelkõveratest. Filterkiht on tänapäeval valdavalt asendatud geotekstiiliga ja seega jääb liivakihi rolliks külmakindluse tagamine.

Filtratsiooni mõõtmise reglement on problemaatiline:

- Filtratsioon on erinev vertikaal- ja horisontaalsuunas, teekonstruktsioonis on oluliseks horisontaalsuunaline filtratsioon, kuid standardikohaselt mõõdetakse vertikaalset filtratsiooni;

- Horisontaalsuunalise filtratsiooni mõõtmise tehnoloogia eeldab võimalust peenosiste väljauhtumiseks konstruktsioonist (protseduur näebki ette teatud koguse vee läbilaskmise kontrollitavast materjalist ja mõõtmist sisuliselt alles pärast peenosiste väljauhtmist), standardikohase mõõteseadme puhul moodustavad peenosised vee liikumisele tõkkekihi;
- Igasuguste katsetulemuste kasutamise eelduseks on katse korratavus, standardikohase filtratsioonikatse kordamisel on tulemused sedavõrd hajuvad, et tekib küsimus mõõtmisvea ulatusest;
- Kui standardis on määratletud, et juba korra tihendatud materjali uuesti ei tihendata, siis täna võttes proove juba tihendatud proovikehast (konstruktsioonist), rikutakse proovivõtmise relementi. Lisaks, koormast (kuhjust) proovivõtmisel on täpselt määratletud proovi keskmistamise reeglid, siis tihendatud kihist proovivõtmisel neid eiratakse. Seega ei vasta tihendatud konstruktsioonist proovi võtmine ja selle filtratsiooni kontrollimine laboratoorsel teel standardites ettenähtud reeglitele.

Külmakindlus ja filtratsioon on omavahel seotud – nõutud filtratsiooniga materjalid on külmakindlad, kuid kõik külmakindlat materjalid ei oma nõutud filtratsiooni. Seega, säilitades filtratsiooni reglemendi on külmakindluse nõue liigne.

Nõuded pinnastele ja materjalidele ei tohiks erineda uusehitise ja remondi korral juhul, kui remondi (rekonstrueerimise) tulemusena rajatavalt konstruktsioonilt eeldatakse uusehitisega võrdselt tööiga. Täna soovitakse remondi korral nõudeid esitada ainult uutele materjalidele, mitte olemasolevas konstruktsioonis esinevatele materjalidele ja pinnastele.

Hetkel kehtivale filtratsiooninõudele vastavaid looduslikke materjale on Eestis vähe. Kehtivate nõuete järgimine eeldab looduslike materjalide töötlemist (sõelumist, pesemist) mis tõstab oluliselt tööde maksumust.

5.2. Koormussageduse prognoos

Eeldame, et teeprojekt koostatakse 2017.a. ning ehitus algab 2018.a. Esimene täispikk kasutusaasta on 2020, perspektiivne aasta 2039 ja 2049. Tänapäevase reglemendi järgi ehitades peab katend vastu pidama 20 aastat, innovaatilise lahenduse puhul eeldame, et katend peab vastu 30 aastat. Siit tulenevalt on normikohase lahenduse variandil ette nähtud rekonstrueerimine 20-ndal aastal ja innovaatilisel lahendusel 30-ndal aastal. Normikohaselahenduse variandil on 30-ndal aastal tegemist teise ringi katendi jääkväärtusega ja innovatiivse lahenduse variandi puhul katendi ressurss ammendub 30-ndal aastal. Liiklussageduse alusel on tegemist 2+1 ristlõikega (sõidusuundi eraldava barjääriga), seega rajategur on 0,5.

Kuigi olemasoleval trassil on loendusandmete järgi n.ö. murdepunkt Ares, kus liiklussagedused muutuvad, siis ristuvate teede liiklussageduste analüüs näitab, et mõistlik on projekteerida kavandatav teelõik ühtsena. Eeltoodud liiklusprognoosist tulenevalt eeldame liiklussageduse olulist kasvu – 2020 kavandatavast AKÖL 9332 tasemest (1749

autorongi, 346 veoautot-autobussi) prognoosime 30 aastaga 1,52-kordset kasvu AKÖL 14206 tasemele (3078 autorongi ja 460 veoautot-autobussi).

Koormussageduse arvutusel on olulised katendikonstruktsiooni kumulatiivne koormus, sellest tuletatud arvutuslik koormus ning koormus vahetult enne ülakihi paigaldamist (eeldusel, et SMA kulumiskiht paigaldatakse 7-ndal aastal).

Tabel 5.1. Koormussagedus

	Normikohane lahendus			Innovatiivne lahendus		
	Summaarne Q	Q15	Evaj	Summaarne Q	Q15	Evaj
2026	(enne SMA)	4421	307,74	(enne SMA)	4421	307,74
2039	35,3 mil.	7055	321,46			
2046	(enne SMA)	6196	317,65			
2049				115,3 mil.	11527	335,87
2059	46,4 mil.	9289	329,53			

5.3. Võimalikud katendikonstruktsioonid

Eeldame aluspinnasena liivsavi (või savi). Täpsema liigituse saame geoloogilise uurimistöö tulemusena. Igal juhul eemaldatakse kasvupinnas, eeldame selle paksuseks 20-25 cm. Kasvupinnase eemaldamise käigus teostatakse ka aluspinnase väljakaevu/profileerimine tagamaks aluspinnase põikkaldeks 4% (täpsustuseks – aluspinnase stabiliseerimist planeerides ei riskiks mainitud materjalist täitekihiga. Parima tulemuse saamiseks tuleb liivsavist (või savist) pinnas profileerida kaevetöödega, säilitades sedasi materjali loodusliku tiheduse. Avatud aluspinnas tuleb stabiliseerida esimesel võimalusel (pikemaid lõike ilmastiku ja objekti liikluse meelevalda mitte jätta). Mainitud stabiliseerimistööde teostamiseks on soovitatav valida võimalikult kuiv aastaeg). Aluspinnaseks on liivsavi või savi.

Tabel 5.2. Katendikonstruktsioonid

Konstr. nimetus	NORM (A1)	NORM (A1)	NORM (B1)	NORM (B)	INNO (C1)	INNO (C)	INNO (alt1)	INNO (alt)
Kihi nim.	Kihi paksus, cm							
SMA		3+1		4+1		3+1		3+1
AC surf	4+1		4+1			4+1		
AC base	7		7,5			8		
KS32		14				14		
Killustik		20				21		
Kruusliiv	100 (kruusliiv (mulde materjal))				Stab. savipinnas		30 (kruusliiv geokomposiidil)	

Märkused:

- A1 ja B1 arvutus on tehtud vahetult enne SMA paigaldamist 7-nda aasta koormusele.
- Katend A on esimene 20.aastat ja 20-ndal aastal rekonstrueeritakse katend lahenduseks B.
- INNO lahenduses on katendiiga 30 a ja rekonstrueerimine toimub pärast seda.

Järgnevalt on kirjeldatud valikuid detailsemalt.

5.3.1. Normikohane lahendus

Eeldame aluspinnasena liivsavi.

1. Muldkeha rajamiseks kasutame kohalikku kruusliiva. Töökihi nõude täitmiseks (savipinnas ei taga ka 0,2 m/ööp nõuet) on minimaalne konstruktsiooni paksus tee teljel 150 cm. Kruusliiv tagab vähemalt 0,5 m/ööp filtratsiooni, seega ei ole vaja eraldi drenkihti. Muldkeha pinna põikkalle on 4%. Kruusliiva kihipaksus 100 cm teljel. (14,5 eur/m²)
2. Killustikalus kahekihiline (LA30), alakihis 15 cm 32/63, ülakihis 5 cm 16/32. Killustiku kihipaksus tee servas 34 cm (6,1 eur/m²)
3. Kompleksstabiliseeritud alus KS32 – 15 cm (5,0 eur/m²)
4. AC 32 base 70/100 – 7 cm (tulenevalt vaadeldava lõigu AKÖL-ist ja raskeliikluse osakaalust on vastavalt AKEJ-le nõutud tardkivikillustiku kasutamine segus) (8,2 eur/m²)
5. AC 16 surf SBS – 4 cm (paigaldatakse 5, koos kulumisvaruga (7,5 eur/m²))
6. SMA (paigaldatakse 7-ndal aastal, 4 cm koos kulumisvaruga (11,25 eur/m²)).

Katendiarvutus kasutades programmi KAP koormusele 7055 normtelge II klassi teele (2+1). Konstruktsiooni paksus 50 cm, järelkult vajalik kruusliiva kihi paksus kokku 100 cm, et tagada nõue 150 cm dreniva materjali suhtes.

Et ehitus on kavandatud etapiviisiliselt, analüüsime lisaks olukorda 7-ndal aastal – 4421 normtelge. Katendi tugevus on tagatud. Konstruktsioonid A ja A1 (KAP-i töölehed).

Kuna analüüs peab katma 30-aastase katendi tööea, siis on kavandatud 20-nda aasta järel katendi rekonstrueerimine. Nn teise ringi katend arvestatakse samuti 20 aastale, KAP koormussagedus (Q15) 9289 normtelge ning enne kulumiskihi paigaldust 6196 normtelge. Konstruktsioonid B ja B1 (KAP töölehed). Koormuse tõusu tõttu kujuneb teise ringi katend paksemaks, AC base suurendame 0,5 cm (7,5 cm) ja SMA 5 cm (arvutuslik 4).

KAP-i arvutuse tulemused on toodud **Lisas 2**.

5.3.2. Innovatiivne lahendus

1. Alternatiivsed aluskihtide lahendused
 - a. Mõlemal juhul on pinnas stabiliseeritav tsemendi või teiste sideainetega (alternatiivid: tsement Infracrete ehk Stabilroad lisandiga või savipinnase stabiliseerimine LBS lisandiga ja sellele järgnev tugevdamine M10+50 polümeersideainega), tulemuseks saame vett mitteläbilaskva stabiliseeritud kihi, mis on samas ka külmakindel. Stabiliseeritava kihi paksus 25 cm. Uut mineraalmaterjali ei lisata ja seega on stabiliseeritud kihi pind kooritud kasvupinnase alusel kõrguslikul tasemel. Stabiliseeritud kiht profileeritakse 4% põikkaldele. Stabiliseerimise orienteeruv maksumus 7 €/m² (uut

materjali juurde ei veeta, sisaldab tsemendi ja transpordi maksumused, tsemendisaldus tuleb laboratoorsel teel optimeerida, et stabiliseeritud kiht oleks piisavalt, kuid mitte liiga tugev, aga samal ajal veekindel, tagades konstruktsioonile vähemalt kruusliivast alusega võrdse kandevõime);

- b. Savipinnasele paigaldatakse geokomposiit (geotekstiil, koos geovõrguga; orienteeruv maksumus 3 €/m²) – eesmärgiks tagada vajalik kandevõime ehitusprotsessiks ja samas eristada aluspinnas välistades saviosakeste liikumist ülakehtidesse; kohalikust kruusast või kruusliivast muldkeha 30 cm, mis ei pruugi tagada tänastele nõuetele vastavat filtratsiooni, kuid on külmakindel; geotekstiil geokomposiidis takistab materjalide segunemist;
2. Killustik 32/63 (LA35) teljel paksuses 15 cm, killustiku ülapind põikkaldel 2,5%, vastavalt kujuneb kihipaksus konstruktsiooni nõlval suuremaks. Tihendamisel kasutada võimalikult palju staatilist koormust, et mitte killustikku purustada. Kiht täidab drenkihi ülesannet. Orienteeruv maksumus 4 €/m².
3. Killustik 16/32 (LA35) 15 cm paksuses, sellest 8 cm stabiliseeritakse ja 7 cm jääb killustikaluse ülakehtiks, orienteeruv maksumus 2,4 €/m².
4. Kompleksstabiliseerimine freespuru ja killustikuga, teel segamisega – 14 cm kihipaksus, orienteeruv maksumus 5,0 €/m².
5. Võimalik, et stabiliseeritud kihile asfaldi paigaldamisel tuleb kasutada stabiliseeritud kihi pindamist, kuid tegemist on tehnoloogilise protsessiga, mida katendarvutuses ei arvestata. Juhul kui liiklust ei suunata stabiliseeritud kihile, siis pindamise vajadus puudub, kuid kruntimine enne asfaldi paigaldust on tarvilik. Vajadus täpsustub metoodika lahtikirjutamise faasis, konkreetne valik sõltub ehitustööde aegsest liikluskorralduse vajadusest.
6. Asfaltkatte alakiht AC 32 base 160/220 (8 cm) bituumeni ja paekillustikuga (LA<30, soovituslik LA26) – tegemist on Eesti materjaliga, kuigi ilmselt on killustiku veokaugus suurem kui etteantud 50 km, kuna lähialal paiknevad killustikumaardlad pakuvad LA35 killustikku, mis sobib küll stabiliseerimiseks, aga mitte asfaldi alakihi kasutamiseks sellise koormussageduse juures. Võrreldes imporditava tarkivikillustikuga on tegemist siiski oluliselt säästlikuma versiooniga. Paekillustik tagab parema nakke bituumeniga. Bituumen 160/220 tagab kihi elastsuse ka külma ilmaga ja seega minimeeritakse risk väsimuspragude arenguks alt-üles. Samuti võimaldab B160/220 kasutus kasutada katendarvutusteks Rootsi süsteemi PMS Objekt ilma põhilise kontrollparameetri (tõmbepinged asfaldi alakihis) arvutusalgoritmi muutmata. Kihi orienteeruv maksumus 7,9 €/m².
7. Asfaltkatte ülakiht AC 16 surf 70/100 (SBS) 5 cm (arvutuslik 4), erireseptiga, et tagada ilmastikukindlus ja samas ka deformatsioonikindlus (oluline tasakaalupunkti otsimine kahe Eestis olulise näitaja suhtes. Segu projekteerimise käigus võib parimaks osutuda ka AC 20 surf 70/100, kuid tõenäoliselt eeldaks see väljumist normidega kehtestatud sõelkõvera väljadest). Alternatiivina on võimalik

kivimaterjalina rābukillustiku kasutamine (Rootsi või Soome terasetööstuse kõrvaltoode, mille hind on konkurentsivõimeline tardkivikillustikuga). Kihi orienteeruv maksumus 8,5 €/m² (asfaldi ülakihi kivimaterjali – tardkivi või rābukillustik – valik ei mõjuta oluliselt hinda).

8. Kulumiskiht SMA – paigaldatakse hiljem (7-ndal aastal). Kihi orienteeruv maksumus 11,25 €/m².

Konstruktsiooni tugevusarvutused on teostatud KAP arvutuslehtedel C (põhivariant hüdraulilise sideainega stabiliseeritud savipinnasel) ja D (alternatiiv savipinnase plastsuse kahandamisega LBS polümeerlisandiga).

KAP-i arvutuse tulemused on toodud **Lisas 3**.

Kuna katendikonstruktsioon on suhteliselt õhuke, ei ole täidetud tee tuisuohutuse nõuded. Seetõttu moodustatakse eemaldatud kasvupinnasest tee kõrvale vallid – kraavi välisserva ja valli vahele jäetakse teenindusriba 4 meetrit. Valli kõrguseks ca 1,5...2 meetrit. Vallile istutatakse lumetõrjeks hekk.

5.3.3. Hinnavõrdlus

- Normikohane katendikonstruktsioon (NORM) – jooksev meeter 684,2 €/jm, lisandub SMA 157,5 €/jm. Iga järgnev SMA asendus ca 6 €/m kallim (sisaldab freesimise). Rekonstrueerimise maksumus (aastal +20) 247,9 €/jm, millele lisandub SMA 196,9 €/jm (kiht on 1 cm võrra paksem kui eelnenud konstruktsioonis).
- Innovatiivne konstruktsioon (INNO) stabiliseeritud savipinnasega – jooksev meeter 530,0 €/jm, lisandub SMA 157,5 €/jm. Iga järgnev SMA asendus ca 6 €/m kallim (sisaldab freesimise).
- Alternatiiv lahendus (INNO(alt)) – kruusliivast alus 30 cm, geokomposiit, savipinnas töödeldakse LBS stabilisaatoriga, mis vähendab savipinnase plastsuse saviliivaga võrdsele tasemele – jooksev meeter 648,60 €, analoogselt eelnenud variantidega lisandub SMA 157,5 €/jm. Iga järgnev SMA asendus ca 6 €/m kallim (sisaldab freesimise).

Arvutused on teostatud 2+1 ristlõikele.

5.4. Kasutusomaduste võrdlus

Erisused normikohase lahenduse variandi ja innovatiivse lahenduse vahel on järgnevad:

- Asfaldi alakihis on INNO variandis B160/220, mis püsib elastsena ka külma ilmaga ning seetõttu ei teki külmast tulenevaid põikpragusid. Samuti pikendab see väsimuspragude arengut (alt-üles pragude teke), mis on aluseks võrkpragudele ja varasemas faasis peegelduvad IRI näitaja arengutes. Selle tulemusena on võimalik pikendada katendi kapitaalremontide vahelist perioodi – üks täiendav ülekate võrreldes normikohase variandiga.

- Normikohases variandis on katendikonstruktsiooni all sisuliselt meeter kohalikku kruusliiva, mis võib järeltihenemise käigus (kehtiv filtratsioonimooduli nõue soosib väikese lõimisteguriga materjalide kasutamist – olemasolevad karjäärimaterjalid, millel on olemas nõutav filtratsioonimoodul on paraku väikese lõimisteguriga) ebaühtlaselt vajuda ja seeläbi tekitada deformatsioone katte pinnal, mis väljenduvad IRI arvus, INNO variandil on katendikonstruktsiooni all stabiliseeritud aluspinnas, mis on moodustanud homogeenise ja veetiheda suhteliselt jäiga kihi, mistõttu hilisemat järeltihenemistest tulenevat vajumit ei moodustu. Samuti puudub ka külmarkerkeht, kuna stabiliseeritud savipinnase kiht tagab kapillaartõusu takistamise ja ülalt võimalikult konstruktsiooni sisenev vesi viiakse killustikukihis konstruktsioonist välja.

Roobaste teke konstruktsioonis seondub nii järeltihenemise kui raskeliikluse koormusega. Mõlemal juhul (nii INNO kui NORM) on asfaldikihtide järeltihenemine põhimõtteliselt võrdne. Raskeliikluse koormus mõjutab kõiki konstruktsioonikihte, tõenäoliselt on stabiliseeritud aluspinnase kandevõime parem kui kruusliivast alusel, seega on ka võimalikud deformatsioonid, mis ulatuksid killustikukihist allapoole, väiksemad. See parandab INNO variandis nii IRI näitajat kui ka kahandab roobaste tekkel nende sügavust.

Eeltoodu oli esmane arvutus. Asfaltbetooni hind on raskesti prognoositav (naftahind pole praegusel hetkel maailmapoliitilise olukorra tõttu ennustatav), samas võib eeldada karjäärimaterjalide varemprognoositust suuremaid hindu, mis suurendab erinevust INNO ja NORMi vahel INNO kasuks. Töö käigus täpsustuvad veokaugused ja siit tulenevalt ühikhinnad. Ehituseks vajalike materjalide hankimine võib sattuda Rail Baltic projekti arengute tõttu hinnasurve alla (eelkõige täitematerjalide ehk kruusa ja liiva osas, seega survestab täiendavalt NORM-versiooni maksumust).

6. ROOTSI KATENDIARVUTUSE PROGRAMM – PMS OBJEKT

Analüüsides meie kliimatsoonis kasutatavaid katendite dimensioneerimise rakendusi eelistavad antud töö koostajad Skandinaavia valikutest Rootsi rakendust PMS Objekt.

6.1. Päritolu ja võrdlus teistega

PMS Objekt tarkvara võrdles Taani MMOPP2013 toimiva rakendusega ja Saksa uue rakendusega ADtoPave (*Analysing and Dimensioning Tool for Pavements*) Ida-Elise Lindset Trangen oma Norra ülikooli (NTNU) magistritöös⁴ (juuni 2016). Töö eesmärgiks oli leida rakendus, mis võiks asendada senise Norras kasutatava süsteemi. Norra mudel on empiiriline, indeksmeetod, mis tugineb tabelitel ja valemitel “Handbook N200 Road Construction” (süsteem baseerub USA varasematel töödel – AASHTO 1993, seetõttu on ka põhikoormusena 8-tonnine telg ja sellest on üle mindud 10-tonnisele). Töös võrreldi M-E (*mechanistic-empirical*) projekteerimismeetodeid, mis võtavad arvesse rohkem kohalikke tegureid. Kõigil kolmel on oluliselt erinev funktsionaalsus ning neid on testitud konkreetsete näidete varal.

Esimeses katses analüüsiti horisontaalpingete arvutust asfaldi alakihis (MMOPP/PMS Objekt). Teises testis hinnati programmi käitumist etteantud konstruktsioonidele (Norra empiirilise mudeli tulem, aladimensioneeritud ja üledimensioneeritud konstruktsioonid), võrreldi optimaalseid katendeid koos külmakindlusarvutusega ja ilma selleta – et võrrelda tulemusi ka juhul, kui program külmakindlusarvutusi ei teostanud.

Viimane test käsitles kasutuskõlblikkust ja hindas nii positiivseid kui negatiivseid aspekte.

- MMOPP ja ADtoPave ei käsitlenud piisavalt külmakindlusarvutusi;
- MMOPP on liiga lihtne, kasutab palju asfalti (Taani ekspordib praktiliselt kogu teedehituseks vajaliku kivimaterjali);
- ADtoPave on saksakeelne ja liialt komplitseeritud;
- AASHTOWare Pavement ME Design tarkvara katsetati, kuid tehniliste raskuste tõttu ei ole seda võrreldud (litsents, lähteandmete kompleks).

Et teiste rakenduste külmakindlusarvutused ei osutunud piisavaks, soovitati Norra jaoks kasutusele võtta PMS Objekt. Samad järeldused pädevad ka Eesti suhtes, kuna kliima probleemid on Eestis lähedased Rootsi ja Norraga.

Ramboll Eesti AS võrdles Soome, Rootsi ja Taani katendiarvutuse süsteeme töös 2011-18 (52-tonniste veokite mõju katenditele) ning hindas Rootsi ja Taani süsteemid lähedasteks, tuues samuti välja Rootsi skeemi eelisena kliimamõjurite paremat arvestamist (Taani süsteem vajaks selles osas suuremat täiendamist).

4

https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2399071/15027_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6.2. PMS Objekt – alused

PMS on loodud BISAR (*Shell – Bitumen Stress Analysis in Roads*) eeskujul, kuid arvestades konkreetset Rootsi tingimusi ja kasutajate vajadusi. A.J.Bush ja G.Y.Baladi (1989) võrdlesid BISAR ja WESLEA tarkvarasid, mis on aluseks mitmele tänapäevasele süsteemile. MMOPP ideoloogiliseks allikaks võib lugeda WESDEF (WESLEA) tagasiarvutustarkvara (FWD mõõdetud deformatsioonidest elastsusmoodulite/kandevõime väärtusteni). BISAR ja WESLEA erinevus seisneb põhiliselt katendikihtide vahelise hõõrde modelleerimises, BISAR järgi on nakke muutus lineaarne täielikust nullini, WESLEA järgi määrab hõõrde Coulomb'i valem ning iga vertikaalse survega kaasneb ka nihkepinge, kuid nihkepinge võib areneda kuni teatud piirväärtuseni, selle järel nake kaob. PMS algversiooni koostas programmeerimisentusiast hobi korras, kuid et süsteem meeldis kasutajatele, võeti see aluseks ja täiendati nii funktsionaalsust kui kasutajaliidest.

PMS kuulub mehhanistlik-empiirilise klassi ning seda võib käsitleda alamudelitena:

- Koormusmudel (rattajalg ringikujuline; staatiline koormus ja summaarsed standardteljed);
- Kliimamudel (temperatuur, vesi);
- Materjalimudel (isotroopne, lineaarelastne);
- Struktuurimudel (lõpmatu elastne poolruum);
- Katendi kulumise mudel (naastrehvide mõju).

Eeltoodust vaid kulumise mudel on empiiriline, teised põhinevad teaduslikel (füüsikalistel) alustel.

PMS arvutusalgoritme on detailsemalt kirjeldatud juhendis TRVK Väg – TRV 2011:072.

6.3. Rootsi katendite projekteerimisest

Rootsis kasutatakse kolme katendite projekteerimise klassi:

- DK1 – tüüpkonstruktsioonid teedele, mille koormussagedus jääb alla 0,5 mln normtelje 20 aastaga (ligikaudse arvutuse alusel 7 normtelge ööpäevas);
- DK2 – katendid dimensioneeritakse PMS Objekt tarkvaraga;
- DK3 – tegemist on komplekslepinguga, mis katab nii projekteerimise, ehitamise ja hoolduse ja sellisel juhul ei kehti normid ja nõuded materjalidele ja töödele, ainult nõuded teekatte kvaliteedile (*performance-based contract*). Kasutatakse arenenud mehhanistlikke arvutusmeetodeid ja laboratoorseid katseid.

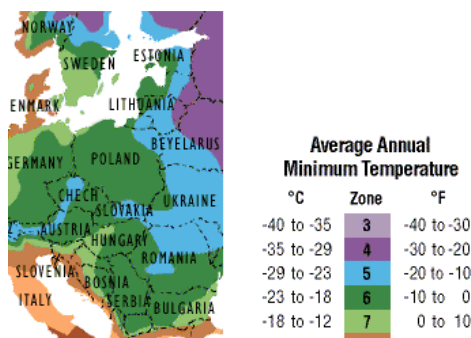
Siit tulenevalt on Eestis mõistlik ka edaspidi madala liiklus- ja koormussagedusega teedel kasutada tüüpkatendeid – Maanteeameti kodulehel on soovituslikud konstruktsioonid, mis vajaksid veidi kohendamist. DK3 vastava reglemendi rakendamine eeldab siiski stabiilsemat ettevõtluskeskkonda ja ka tellijapoolset kompetentsi protsessi reglementeerimisel, sest siin ei saa kasutada tüüplahendusi ega tavalahendile sobivat juhendmaterjali.

Järgnevalt on käsitletud ainult DK2 vastavat katendite projekteerimist.

6.3.1. Kliima



Rootsi on jagatud kliimatsoonideks. Eesti tingimused peaksid langema tsoonidesse 2...4 (seda tuleb täpsustada konkreetsete võrdlustega). Programmis valitakse esmalt kliimatsoon (1...5) ning hiljem täpsustatakse tee asukoht kaardil, mille tulemusena valitakse lähim ilmavaatluspunkt ja selle temperatuuride aegrida.



Joonis 6.1. Rootsi jaotus kliimatsoonideks ja keskmised miinimumtemperatuurid meie kliimatsoonis

Kaardil on toodud piirkonna miinimumtemperatuurid. Vastavalt kliimatsoonile valitakse materjalide arvutusparameetrid erinevatele aastaegadele. Asukoht kliimatsooni piires määrab arvutusparameetrid külmakindlusarvutuseks.

Materjalide omadused on fikseeritud igale aastaajale, antud kontekstis ei tegelda astronoomiliste aastaagedega. Tabelis on toodud aastaaja kestus päevades ja keskmine temperatuur asfaltkattes 5 cm sügavusel (välja on jäetud ekstreemsed tsoonid 1 lõunast ja 5 põhjast, mis kindlasti ei esine Eestis).

Tabel 6.1. Rootsi kliimatsoonid 2...4, mis katavad ka Eesti ala, aastaegade pikkus ja keskmine temperatuur.

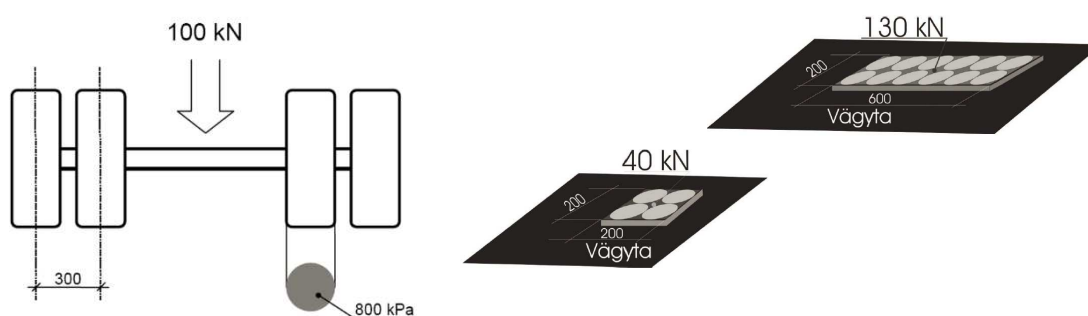
Aastaeg/tsoon	2		3		4	
Talv	80 p	-1,9 C	121 p	-3,6 C	151 p	-5,1 C
Sulaperiood talvel	10 p	1,0 C				
Teedelagunemisperiood kevadel	31 p	2,3 C	45 p	4,5 C	61 p	6,5 C
Kevad	15 p	3,0 C				
Suvi	153 p	18,1 C	123 p	17,2 C	77 p	18,1 C
Sügis	76 p	3,8 C	76 p	3,8 C	76 p	3,8 C

Eestis tuleks analüüsida seda jaotust ning vastavalt leida ajaperioodidele adekvaatsemad kestvused. Võimalik on seejuures ka perioodi keskmist temperatuuri korrigeerida, kuigi see toob kaasa kliimast sõltuvate arvestusparameetrite muudatused vastavatel perioodidel.

6.3.2. Liiklus ja koormus

Dünaamilise koormuse jaoks loetakse standardteljeks 10-t telge paarisratastega, mille rehvide tsentrite vahe on 300 mm (vastab rehvilaiusele 285 mm) ja rehvirõhk 800 kPa. Katendi tööiga on tellija poolt ette antav.

Staatilisele koormusele kontrollitakse katendeid sõiduteede puhul 130 kN koormusele, mis jaguneb plaadile 200*600 mm. Kergliiklusteede puhul on kontrollkoormuseks 40 kN 200*200 mm plaadile.



Joonis 6.2. Standardtelg ning staatilise koormuse kontrollskeem.

Koormus katendile arvutatakse valemiga:

$$N_{kv} = ADT_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot \sum (1 + k/100)^i = ADT_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot (1 + 100/k) \cdot ((1 + k/100)^n - 1); \text{ kus}$$

- ADT_k on liiklussagedus enamkoormatud sõidurajale (a/ööp/rada)
- A on raskesõidukite protsent liikluses
- $B_{just} = B \cdot f_a \cdot f_b \cdot f_c$, korrigeeritud siirdetegur, kus
 - o f_a – sõiduraja laiuse parandustegur, kitsamal teel koormus kontsentreeritud
 - o f_b – tee kategooria parandustegur, kõrgema kategooria teedel suurem varutegur
 - o f_c – referentskiiruse parandustegur, suurem kiirus langetab, väiksem tõstab ja
 - o B – raskesõiduki siirdetegur (kaalutud keskmine üle 3,5-tonniste sõidukite kohta)
 - siin tuleb arvestada Rootsi standardtelje rehvirõhku 0,8 MPa millest tulenevalt võib siirdetegur 1,5-1,6 korda väiksem olla meie 0,6 MPa järgi arvutatuga võrreldes. Rootsi siirdetegurite juhises ei arvestata rehvirõhu erisusi, rehvi mõõtu, vedrustuse tüüpi ega telgedevahelist kaugust. Samas ei välista Rootsi skeemi kasutamine nende tegurite arvestamist, mis täna Taani eeskujul meil rakendatud on, lihtsalt tuleb tegur taandada arvestuslikule 0,8 MPa rõhule.

- lisaks, kaasatakse arvutustesse KÕIK sõidukid, mille täismass on üle 3,5 tonni, mistõttu kaalutud keskmine liigub veelgi allapoole.
- n – dimensioneerimisperiood
- k – raskesõidukite liiklussageduse kasvuprotsent aastas
 - o kasvuprotsendid võetakse vaikumisi sõltuvaks tee klassist ning kuna koormuse mõju puhul on tegemist logaritmilise seosega, on lõpptulemus suhteliselt vähe tundlik koormuse muudatustele, siis ei pöörata sellele liigset tähelepanu ja kasutatakse üsna suuri üldistusi (analoogilistele järeldustele jõudsid ka lõunanaabrid, uurides VSN ja ODN puhul prognoosi variatsiooni mõju tulemustele)

Programmis arvestatakse eraldi autoliikluse (sõiduautod, kuni 3,5 tonni) ja raskeliikluse (üle 3,5 tonni) iga-aastast kasvutempot ning leitakse summaarne kumulatiivne koormus. Üldise autoliikluse arvestus ei kuulu katendi tugevusarvutuse alla, vaid on oluline modelleerimisel arvestamiseks tõenäolist asfaldi kulumiskiirust (lähteandmetes on ka naastrehvide kasutuse osakaal ning naastrehvide kasutuse lubatud aeg päevades). Andmed tuginevad liiklusloenduste tulemustel, WIM kasutatakse juhul, kui samal trassil valmistatakse ette mitme lõigu projekteerimist. Üldiselt on välja kujunenud arvestuslikud kasvuprotsendid sõltuvalt tee funktsionaalsest jaotusest. Raskeliikluse osakaal üldjuhul peateedel 14%, regionaalteedel 8% ja kohalikel teedel 5%. Loomulikult, kui loendusega selgitatakse välja täpsemad numbrid, siis kasutatakse neid.

6.3.3. Materjalid

Pinnased on määratud vastavuses SS EN 14 688-1 ja SS EN 14 688-1 standarditele, mis kehtivad ka Eestis. Pinnaseks loetakse materjalid jämeosise >630 mm sisaldusega kuni 1%.

Tabel 6.2. Aluspinnaste jaotus

Materjali tüüp	Kalju-pinnase tüüp	Kõvadus kuulveskis (Nordic)	Kaaluprotsent x/y			Nimetused	Külma-kindlus klass
			Peenosis 0,063/63	Savi 0,002/0,063	Orgaanika %/63		
1	1 2	≤18 19-30	<10		≤2		1
2			≤15		≤2	Bo, Co, Gr, Sa, saGr, grSa, GrMn, SaMn	1
3A	3	>30	≤30		≤2		2
3B			16-30		≤2	siSa, siGr, siSaMn, siGrMn	2
4A			30-40		≤2	clMn	3
4B			>40	>40	≤2	Cl, ClMn	3
5A			>40	≤40	≤2	Si, clSi, siCl, SiMn	4
5B					3-6	gyCl, gySi	4
6A					7-20	clGy	3
6B					>20	Pt, Gy	1
7	Muud materjalid						

Rootsis on kivimaterjalide purunemiskindluse hindamiseks valitud Nordic katse (EN 1097-9; VVMB 612) seetõttu, et sama tardkivikillustikku võidakse kasutada nii asfaldis selle kulumiskihis kui ka aluses. Katse spetsiifika ei kajasta kivimaterjali töötingimusi aluses ja seetõttu põhimõtete adapteerimisel tuleb valida teised väärtused näiteks LA katsest (EN 1097-2). Konkreetsete väärtuste täpsustamiseks tuleb võrrelda laboritulemusi Nordic ja LA katsetel samadele materjalidele.

Programmis võrreldakse kokku nelja näitajat:

- horisontaalsed pinged asfaldi alakihis, kuid arvestades, et asfaldikihtide kogupaksus on üle 7,5 cm ja asfaldi alakiht on tehtud bituumeni 160/220 baasil – soovides seda kriteeriumit kasutada ka 70/100 bituumenil, tuleb valem kalibreerida. 160/220 tagab bituumenile ka külmal aastaajal piisava elastsuse ja pragudekindluse (tõenäoliselt tasub ka meil see juurutada, kuid selleks tuleb katsetada asfaldi retseptidega, et saada garanteeritult sobivad poorsus- ja tihendusnäitajad ning nihkekindlus) – arvutuslikku koormust võrreldakse horisontaalpingetest tuletatud ressursiga;
- survepinged aluspinnasel – arvutuslikku ressursi võrreldakse kahekordse katendi töökoormusega;
- staatilise koormuse survepinged aluspinnasel;
- arvutuslik külmakerke ulatus, arvestades detailse ilmavaatluspunkti andmetega 20-aastases perioodis (valitakse kriitiline sellest vahemikust). Võimalik on korrigeerida lubatud külmakerke moodustumise kiirust aluspinnase tasemel ja kogu konstruktsiooni peal, samuti juhul, kui ei õnnestu tagada nõutavat veetaseme kõrgust, korrigeerida veerežiimist tulenevat tegurit.

6.3.4. Katendi konstrueerimine Rootsi metoodika abil

Rootsi katendite konstrueerimisel on üldjuhul tegemist tüüpse alusega, lisakihid aluse all (külmakaitsekiht) on määratud külmakindlusarvutusega. Asfaldikihtide dimensioneerimine tugineb prognoositaval koormusel.

Rootsi aluseks on 50 cm tardkivikillustiku kiht – 42 cm 0/125 ja 8 cm 0/32 tasandamiseks. Selle all vajaliku kihi määrab külmakindlusarvutus. Et tardkivikillustik Eesti tingimustes on samuti importmaterjal, tuleb püüda seda asendada kohalike materjalidega. Seetõttu konstrueerime Eesti oludesse sobiva katendi aluse kompleksstabiliseeritud ülakihi ja paekillustikust alakihiga (see omakorda kahekihilisena, alakiht jämedateralisest killustikusegust 32/63 ja ülakiht 16/32, mis paigaldatakse koos KS 32 vajaliku killustikuga). Paekillustikust alakihil on seega ka vee väljaviimise funktsioon. Arvestades, et soovime killustikaluse viia välja mulde nõlvani ja seda ei kaeta ka kasvupinnasega, siis peaks vee väljavoolu kanal põhimõtteliselt olema avatud ning paekillustik ei tohiks jääda pikaks ajaks niiskesse režiimi. Kui ehitusprotsessis piirata vibreerimise kasutamist killustikaluse tihendamisel, võiks loota materjali paremat vastupidavust, seda enam, et otsene koormus jagatakse laiali ka kompleksstabiliseeritud kihis.

Et paekillustikuga ei ole Eestis varem püütud drenikihti ehitada, siis tuleb teostada stendikatseid ja tõenäoliselt ka katselõike, mille käigus tuleb veenduda paekillustiku

terastikulise koostise piisavas säilimises koormuse all kasutades tegelikele oludele lähedast niiskus- ja temperatuurirežiimi.

Paekillustik ja selle alla paigaldatav külmakaitsekiht tuleb eristada omavahel geosüntetidega, mis peavad olema piisavalt tugevad et taluda paekillustiku paigaldust ja tihendamist (tugevam geokangas).

Eesti alternatiiviks on tõenäoliselt ca 15 cm KS32 mille all on vähemalt 20 cm paekillustikku. Et killustiku alapind on profileeritud 4% põikkaldele, ülapind aga järgib asfaltkatte kallet 2,5%, on 22 cm killustikaluse paksus katte servas II klassi tee puhul 34 cm.

Odemarki valemi kasutamine näitab, et 50 cm tardkivikillustikku on võimalik asendada pakutava konstruktsiooniga alljärgnevas näites:

Tabel 6.3. Aluse kandevõime võrdlus Odemarki valemiga

Materjal	E-moodul	Paksus	Kandevõime
Tardkivikillustik	E=400 MPa	50 cm	224 MPa
Aluspinnas	E=65 MPa		
KS-32	E=760 MPa	15 cm	224 MPa
Paekillustik	E=280 MPa	22 cm	126 MPa
Aluspinnas	E=65 MPa		

Tabelis on valitud paekillustikule meil täna kehtiv väärtus, mis on realistlik, võrreldes tardkivikillustiku arvutusliku elastsusmooduliga. Stabiliseeritud kihi elastsusmooduli väärtus on tagasiarvutatud, et saada võrdset tulemust, tuginedes asjaolule, et Soome süsteemis arvestatakse kompleksstabiliseeritud kihi elastsusmooduliks vähemalt 1050 MPa. Seega näiteks 800 MPa puhul, mis on selgelt madalam Soome stabiliseeritud kihi moodulist, saame Rootsi tüüpkatendiga võrdse kandevõime. Aluspinnase 65 MPa osas on arvestatud tänast nõuet drennkihi kandevõimele.

Lugedes ka eeltoodu võrreldava tüüpkatendi konstruktsiooni osaks, jääb veel lahendada nõrgemate aluspinnaste ühtlustamine ja tugevdamine.

Nii Saksa, Leedu, Poola kui ka mitmete muude riikide puhul püütakse jagada katendi konstrueerimine kahte etappi – esmalt aluspinnase tugevdamine, Saksa puhul 45 MPa kandevõimele, mis võimaldab selle pinnal teostada ehitustegevust (see kannab nii ehitusmasinaid kui ka ehitustrasporti), seejärel ehitatakse standardne alus ja sellele koormussagedusest tulenev kattekonstruktsioon.

Ka Poolas kasutatakse laialdaselt aluspinnase stabiliseerimist hüdraulilise sideainega (tsement ja lisandid), mis võimaldavad anda stabiliseeritud kihile suurema elastsuse. Üldjuhul püütakse stabiliseerimisel saavutada segu optimaalset terastikulist struktuuri, mis võimaldab saada veekindla stabiliseeritud kihi. Sel juhul takistab kiht ka kapillaartõusu ja kihi veerežiim on väga oluline vaid ehitusprotsessis, kihi kivilinemiseni. Aluspinnase

stabiliseerimise kogemused ei ole Eestis just eriti laialdased. Stabiliseeritud on küll killustiku- ja freespuru segusid, kuid mitte savipinnaseid (OSAMAT raames teostati ka pinnaste nn kihtstabiliseerimist). Savipinnaste plastsust on võimalik vähendada kasutades selleks spetsiaalset lisandit LBS⁵ (*Enviroseal liquid base stabilizer*, kantakse pinnasesse vesilahusena). LBS tõstab savipinnase arvutusliku elastsusmooduli tasemele 180 MPa (*SojuzdornII* 2008). Täpsemalt on väga raske ennustada stabiliseerimise maksumust, sest see sõltub sideaine kogusest. Kogus omakorda sõltub pinnase terastikulisest koostisest. M10+50 (*Enviroseal*) kasutamisel on materjali elastsusmoodul vahemikus 280...450 MPa sõltuvalt stabiliseeritava pinnase/materjali terastikulisest koostisest (samuti, *Sojuzdornii* 2008). Kindlasti tuleb hüdraulilise sideaine kogust pigem piirata, et mitte saada kivinemisel liialt suuri monoliite ja kihi pragunemist. Pinnase stabiliseerimisel saadavat materjali tuleb võrrelda USAs levinud madala tugevusega betoonidega. Ilmselt kujuneb küsimuseks materjali külmakindluse ja tugevuse vahelise tasakaalu leidmine, mida enne katsetamist on raske prognoosida. Seetõttu on ka tasuvusarvutuse lähteinfos tegemist hinnanguliste väärtustega.

StabilRoad tooteseeria sisaldab seni Infracrete kaubamärgi all tuntud tsemendilisandit, mis võimaldab stabiliseerida nii pinnaseid kui ka tsemendi-freespuru segusid.

Tugevama stabiliseeritud kihi, ka kompleksstabiliseerimise puhul on vaja uurida kihtide vahelise nakke teemat – kui stabiliseeritud kiht ei ole liiga kõrge survetugevusega, millega käivad kaasas kuivamise ja ka temperatuurist tuleneva mahumuutusega seonduvad praod, tasub kaaluda kihi pindamist, mis tagab parema nakke stabiliseeritu ja asfaldi vahel. On võimalik, et teatud olukordades pole vajalik killustikaluse ja kompleksstabiliseerimise kasutamine, vaid saab asfaldikihid laotada vahetult stabiliseeritud pinnasele – kirjanduse alusel soovitatakse sellist viisi küll madalama liiklussagedusega teedele. Materjali elastsusmoodulid annavad selleks eelduse, kuna stabiliseeritud kihi elastsusmoodulid on vahemikus 400-600 MPa. Samuti on ka Venemaal tehtud katselõigud ilma killustiku või drenkihita, kus vahetult stabiliseeritud kihile on paigaldatud asfaltkate (reeglina kahekihiline).

PMS Objekt arvutuse esialgsed tulemused (mõned materjalid ja nõuded vajavad täpsustamist järgmises etapis) on toodud **Lisas 4**.

⁵ <http://www.enviroseal.com/lbs.htm>

7. TÖÖDE MAHUARVESTUS JA TEHNOLOOGIA

Eeldusel, et valitud on 2+1 ristlõige, on tee muldkeha laius 15 meetrit ning katte laius 14 meetrit, moodustuvad hinnangulised mahud (m^3/jm) on järgmised (täpsustuvad detailse geoloogilise uuringu tulemuste baasil põhiprojekti koosseisus):

Maht m^3/m	INNO	NORM
SMA	0,56	0,70
AC surf/bin	0,71	0,71
AC base	1,14	1,07
KS32	2,33	2,17
Killustik (LA35)	5,27	5,09
Stabiliseeritud liivsavi/savi	4,12	
Kruusliiv karjäärist		17,93

Tee kõrvale kavandame (mõlemas variandis) küveti, mille sügavus on orienteeruvalt 1 meeter (sellest ca 20 cm kasvupinnas). Küveti nõlvad kaldega 1:1,5 – kraavi laius pealt 2,4 ja alt 0,4 – savipinnase maht ristlõikest $1,4 \cdot 0,8 = 2,2 \text{ m}^3$, pinnas kasutatakse lume- ja müratõkkevalli rajamiseks. Pinnase maht $18,5 + 4,8 = 23,3$ meetri laiuselt alalt 0,2 m = $4,7 \text{ m}^3$ mis kasutatakse nõlvade ja tõkkevalli katteks. Seega teealalt kaevatav materjal kasutatakse ära samas ristlõikes ja seda ei ole vaja ära vedada ega utiliseerida.

Tehnoloogiline järjestus (ca 225 päeva innovatiivse, 300 päeva normikohase variandi katendi ehitamiseks – tööde kestvus selgub põhiprojekti valmimisel arvestades täpsustatud mahte ja lisatööde vajadusi):

1. Kasvupinnase koorimine tavapärase tehnoloogiaga (buldooser, ekskavaator) – ladustamine tee maa-ala servas tõkkevalli moodustamiseks, eristades kasvupinnase ja savipinnase (ca 50 päeva);
2. Savipinnase profiili kaevamise käigus tekitatakse pinnase stabiliseerimiseks õige kõrguse ja kaldega pind ning rajatakse veeäravoolu süsteem (külakraavid ja eesvoolud). Võimalusel tuleb vältida olukorda, kus savipinnas tuleks stabiliseerimistööde tarbeks profiili tagasi paigaldada. Võimalusel vältida kooritud pinnal objekti ehitustranspordi liikumist. Tehnoloogia täpsustub geoloogiliste uuringute järel (võimalik, et on vaja savipinnase plastuse kahandamist – näiteks LBS stabilisaatoriga) (ca 30 päeva);
3. Alternatiivid:
 - a. INNO: Savipinnase stabiliseerimine stabilisaatoriga kasutades tsementi ja lisandeid (Stabilroad vms). Stabiliseerimine tuleb läbi viia vahetult kasvupinnase eemaldamise ja profileerimise järel, et vältida olukorda, kus avatud savipinnas võib üleniiskuda (ca 25 päeva);
 - b. NORM: kruusliivast muldkeha ehitamine (100 cm) – eristatud aluspinnasest geokomposiidiga (ca 100 päeva);

4. Killustikaluse ehitamine kahekihilisena. Alakiht võimalikult jämedast fraktsioonist (32/63), ülakiht ja kompleksstabiliseerimiseks ettenähtud killustik fr 16/32 paigaldatakse korraga (ca 55 päeva);
5. Kompleksstabiliseerimine – paigaldatud killustikule lisatakse freespuru ja tsement, stabiliseerimise protsessis vesi ja bituumenemulsioon (ca 15 päeva);
6. Pind krunditakse ning paigaldatakse asfaldikihid tavapärase tehnoloogiaga (ca 50 päeva).

8. TASUVUS

Are ümbersõidu ehitamise tasuvusanalüüsiga on antud töös käsitletud järgmiseid stsenaariumeid:

- Are ümbersõidu kahe alternatiivse lahenduse võrdlust olemasoleva olukorraga (*base alternative*);
 - o Variant 1 (NORM) – normikohane lahendus (var_1);
 - o Variant 2 (INNO) – koostatud innovatiivne lahendus (var_2);
- Are ümbersõidu ehitamise piirmaksumuse suurusjärk.

Tasuvusanalüüsi tulemuste tõlgendamisel peab arvestama analüüsi teostamise hetkel kasutada olevate lähteandmete tasemega ja olemasolevate uuringute vähesusega.

8.1. Tasuvusanalüüsi metoodika

Tasuvusanalüüsi koostamisel on kasutatud HDM-4 (Highway Development and Management Tool) tarkvaral põhinevaid mudeleid. Antud tarkvara on kasutusel üle maailma teede halduse ja investeerimisalternatiivide hindamisel. HDM-4 analüütilise raamistiku kontseptsioon põhineb teekatete elutsükli analüüsimisel ja seda rakendatakse teekatte ja teekonstruktsiooni lagunemise, remonditööde mõjude, teekasutaja kulude ja ühiskonna ning keskkonna mõjude ennustamisel teekatete elutsükli jooksul, mille kestvuseks on tavaliselt 15-40 aastat.

Pärast teekatte või teekonstruktsiooni ehitamist hakkavad need erinevate faktorite mõjutusel lagunema. Eelkõige mõjutavad lagunemisprotsessi ja selle kiirust liikluskoormus, ilmastik ning puudused veeviimarites. Teekatte lagunemise kiirust mõjutab otseselt tekkinud pragude, aukude, jne parandamiseks ning teekatte struktuurse ühtsuse säilitamiseks läbi viidud remondi- ja rekonstrueerimistööde tase.

Teekatete üldine seisukord sõltub pikas plaanis otseselt rakendatud hooldus- ja remondimeetoditest. Ennustatavat teekatte seisukorra muutumist on võimalik kirjeldada sõidukvaliteedina, mida reeglina väljendatakse rahvusvahelise tasasuse indeksina (IRI). Hooldustaseme kindlaks määramisega seatakse ka teekatte lagunemise lubatud piir. Selle tulemusena sõltuvad teehaldaja kogukulud lisaks tee-ehituse investeerimiskuludele ka teelõigul ette nähtud hooldus- ja remonditööde tasemest. Teekatete seisukorra ja teede projekteerimistaseme mõju teekasutajatele mõõdetakse teekasutaja kuludega ning muude mõjudega ühiskonnale ja keskkonnale. Teekasutaja kulud sisaldavad sõiduki ülalpidamise kulusid (kütus, rehvid, määrdeained, varuosad, amortisatsioon jne), sõiduaja kulusid nii reisijatele kui kaubale ning liiklusõnnetuste kulusid ühiskonnale (s.o. inimelu kaotus, inimvigastused, sõidukite ja teeäärsete objektide vigastused jne). Mõjusid ühiskonnale ja keskkonnale on võimalik väljendada sõiduki heitgaaside, energiakulu, liiklusrumora ja hüvede kaudu, mida tee kasutamine ühiskonnale toob. Kuigi mõjusid ühiskonnale ja keskkonnale on kohati raske rahaliselt väljendada, võimaldab HDM-4 neid kasutada nn väliste teguritena.

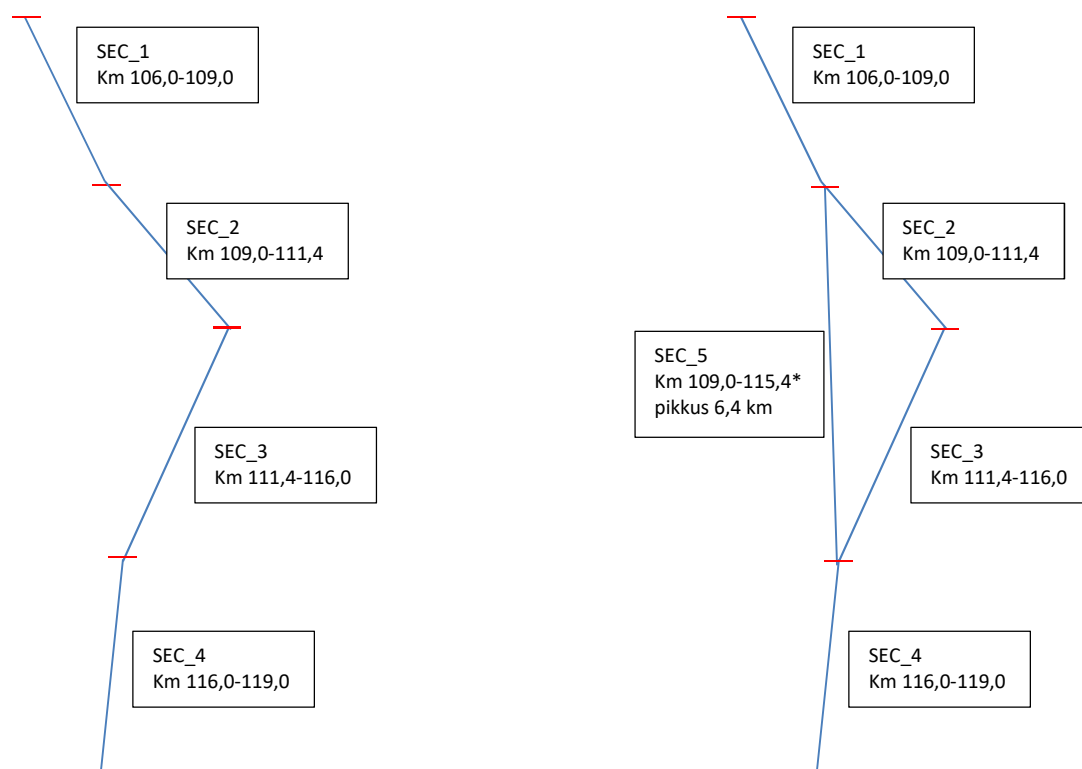
Teedehitusse tehtud investeeringutelt saadav majanduslik tulu leitakse erinevate variantide teostamiseks tehtavate kulude ja nendest saadavate tulude omavahelisel võrdlemisel. Tarkvara HDM-4 on välja töötatud erinevate investeerimisvõimaluste võrdlemiseks ning majandusanalüüsi teostamiseks. Selle abil saab hinnata erinevate alternatiivide kulusid aastate lõikes programmi kasutaja poolt kindlaks määratud perioodi jooksul. Kõik arvestusperioodil tehtavad kulutused diskonteeritakse määratletud lähteaastale. Alternatiivide võrdlemiseks on vaja investeerimisprogrammide, projekteerimismuutuste ja erinevate hooldusvõimaluste üksikasjalisi kirjeldusi ning teada ühikhindasid, eeldatavat liiklusmahtu ja keskkonnatingimusi.

8.2. Tasuvusanalüüsi lähteandmed

Tasuvusanalüüsi koostamise seisukohalt olulisemad lähteandmed on koondatud järgmistesse peatükkidesse.

8.2.1. Analüüsitud teedevõrk

Tasuvusanalüüsiga hõlmatud teedevõrgu skeem on toodud joonisel 8.1. Võimalikult reaalsete tulemuste saamiseks on tasuvusanalüüsis nii variantide 1 (NORM) ja 2 (INNO) võrdluses kui ka Are ümbersõidu piirmaksumuse analüüsis arvesse võetud kõik skeemil toodud teelõigud.



* - vastavalt uue trassi kilometraažile

Joonis 8.1. Tasuvusanalüüsiga hõlmatud teedevõrgu skeem

Tabel 8.1. Analüüsitud teelõikude aadressandmed

Teelõik	Maantee number ja nimetus	Teelõigu aadress		Teelõigu kilomeetrid		Pikkus, km
		algus	lõpp	algkm	lõppkm	
SEC_1	Mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla	4_1_21_5400	4_1_21_8300	106,084	108,984	2,900
SEC_2	Mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla	4_1_21_8300	4_1_22_0	108,984	111,431	2,447
SEC_3	Mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla	4_1_22_0	4_1_22_4600	111,431	116,031	4,600
SEC_4	Mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla	4_1_22_4600	4_1_22_7600	116,031	119,031	3,000
SEC_5	Mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla Are uus ümbersõit			109,0	115,4	6,400

Are ümbersõidu algus- ja lõppkilomeeter olemasoleva trassi suhtes ning ümbersõidu pikkus on orienteeruvad ja need täpsustuvad töö järgmiste etappide käigus.

Teelõigud SEC_1 ja SEC_4 on kaasatud tasuvusanalüüsi, kuna rahvusvaheliste uuringutulemuste põhjal mõjutab keskpäärdega 2+1 lahenduse kasutamine liiklusõnnetuste olukorda nii sellele teelõigule eelneval kui ka järgneval teelõigul. Kuna Eestis ei ole 2+1 keskpäärdega lahendust varasemalt kasutatud, siis ei ole võimalik ka saada otsest infot tegeliku mõjuala ulatusest. Seetõttu on mõjuala pikkuse määramisel lähtutud konsultantide hinnangust, milleks on eeldatud orienteeruvalt 3,0 km mõlemas suunas.

8.2.2. Teedevõrgu seisukord

Tasuvusanalüüsiga hõlmatud teedevõrgu seisukorra andmed põhinevad teeregistri seisule 01.01.2016 ja kokkuvõtte kasutada olevatest andmetest on toodud tabelis 8.2.

Tabel 8.2. Teedevõrgu seisukorra põhiparameetrid

Nimetus	SEC_1	SEC_2	SEC_3	SEC_4
Teelõigu pikkus, km	2,90	2,45	4,60	3,00
Teekatte laius, m	9,0	9,0	9,0	9,0
Sõidutee laius, m	7,50	7,50	7,50	7,50
Teepeenra laius (keskmise), m	1,50	1,50	1,50	1,50
Teekatte ehitusaasta	2013	2013/2014	2013/2014	2013
Teekatte tasasuse ja makrotekstuuri mõõtmise aasta	2015	2015	2015	2015
Teekatte tasasus, IRI mm/m	0,65	0,77	0,75	0,71
Teekatte makrotekstuur, MPD mm	0,64	0,76	1,23	0,77
Roopa sügavuse mõõtmise aasta	2015	2015	2015	2015
Roopa sügavus, mm	6,1	7,5	11,5	7,0
Teekonstruktsiooni kandevõime mõõtmise aasta	2014	2014/2015	2015	2014/2015

Nimetus	SEC_1	SEC_2	SEC_3	SEC_4
Teekonstruktsiooni kandevõimet iseloomustav parameeter D0, μm	178	167	157	165
Teekonstruktsiooni elastsusmoodul, EMod, MPa (ol.ol./vajalik)	450/320	487/320	507/320	488/320
Defektide inventeerimise aasta	2015	2015	2015	2015
Struktuuripraad*, %	0,0	0,0	0,0	0,0
Laiad struktuuripraad*, %	0,0	0,0	0,0	0,0
Põikpraad*, tk/km	0,0	0,0	0,0	0,0
Murenemine*, %	0,0	0,0	0,0	0,0
Löökaugud*, tk/km	0,0	0,0	0,0	0,0
Serva defektid*, m^2/km	0,0	0,0	0,0	0,0

* teekatte defektid vastavalt HDM-4 mudeli kirjeldustele

Olemasoleva teedevõrgu seisukord on väga hea enamusel analüüsitud teelõikudel ja enamuse teekatte seisukorra parameetrite osas. Erandiks on teelõik SEC_3, kus roopa sügavus, arvestades teekatte ehitusaastat, on väga kiiresti lühikese aja jooksul arenenud (joonis 8.2). Samas on sellel teelõigul (SEC_3) teekatte makrotekstuur väga hea (joonis 8.3). Makrotekstuuri MPD väärtused on praktiliselt 2 korda kõrgemad kui eelnevatel ja järgnevatel teelõikudel.



Joonis 7.2. Roopa sügavus (S_{RBS}) ja teekatte vanus mõõtmise ajal analüüsitud teedevõrgul

Lähtudes teeregistris sisalduvast informatsioonist on kõigil teelõikudel kasutatud (aastatel 2013 või 2014) sama ehitamise meetodit – uus pealmine kiht olemasolevale kattele. Ka on kasutatud segu sama – killustikmastiksasfalt SMA12 / KMA12 (tehnoloogia Novaflex), kihipaksusega 30 mm. Kuna roopa kohta on teeregistris toodud ainult roopa sügavuse andmed ja puuduvad andmed nii roopa laiuse kui ka roobaste vahekauguse kohta, siis ei ole võimalik määratleda roopa tekkimise põhjuseid, kas on tegemist vajumisroopaga või kulumisroopaga ja mis vahekorras. Küll aga võib eeldada, et kulumisroobas nii ruttu tekkida

ei tohiks ja ilmselt on uuel teekattel tekkinud algroobas olnud väga sügav, võimalik, et kohati isegi kuni 10 mm.

Sarnaseid teelõike, kus roopa sügavus on lühikese ajaga väga kiiresti arenenud, leidub Eesti teedevõrgul mitmeid, kuid kahuks ei ole selle põhjuseid seni täpsemalt uuritud. Ka on üsna vähe tähelepanu seni pööratud nii uute teekatete kui ka eksploatatsioonis pikemat aega olnud teekatete tekstuuri väärtustele. Arvestades liiklusohutuse olulisust ja teekatte tekstuuri seost selle haardeliste omadustega tuleks teekatte tekstuuri andmeid tunduvalt rohkem jälgida ning nende põhjal vastavaid otsuseid teha.



Joonis 8.3. Makrotekstuuri (MPD) väärtused (keskmine, miinimum ja maksimum) analüüsitud teedevõrgul

8.2.3. Teekasutaja kulud

Teekasutaja kulude määratlemisel ning HDM-4 vastavate mudelite kalibreerimisel on lähtutud Eesti tee- ja liiklusekspertide poolt viimaste aastate jooksul tehtud uuringute tulemustest. Tabelis 8.2 on toodud teekasutaja kulude arvutamise põhilised sisendparameetrid sõidukiliikide lõikes.

Tabel 8.3. Teekasutaja kulude põhilised sisendparameetrid sõidukitüübi (economic cost)

Sõiduki tüüp	Sõiduki maksumus, €	Rehvi maksumus, €	Kütuse maksumus, €/l	Määrdeainete maksumus, €/l
SAPA	13 538	124.6	0.766	5.41
VAAB	78 064	297.1	0.836	3.44
AR	94 695	292.9	0.836	3.20

8.2.4. Ajakulu

Teekasutajate ajakulude arvutuse aluseks on keskmine brutopalk Eestis. 2015 aastal oli Statistikaameti⁶ andmetel keskmine brutopalk Eestis 1065 eurot/kuus.

Ajakulu arvutamise metoodika põhjal (kasutusel Euroopas)⁷ arvestatakse töösõidu puhul aja väärtuseks 1,3 kordse palgamäära ja tööandja kulude (33.5%) summat. Sõitudele tööle ja tagasi (arvestuslikult kolmandik sõitudest) arvestatakse aja väärtuseks 35% keskmisest brutopalgast ning vabaajasõitudel 20% keskmisest brutopalgast. Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt 2003. aastal valminud uurimistö⁸ põhjal on maanteedel (kõik sõidukitüübid kokku) töödega seotud sõite 45.8% ja vabaajasõite 54.2%. Lähtudes kirjeldatud arvutusmetoodikast on käesolevas analüüsis kasutatud ajakulude põhiparameetrid järgmised:

- keskmine tööajakulu (koos töölesõidu ajakuluga) 4.66 euro/tund;
- keskmine mittetööajakulu 1.33 euro/tund.

8.2.5. Teede ehitus- ja hooldustööde rakendamine ja kulud

Teede ehitus- ja hooldustööde maksumused põhinevad eelmistel aastatel riigimaanteedel teostatud remondi- ja hooldustööde hindadel. Nimetatud hindu korrigeeritakse regulaarselt Statistikaameti⁹ poolt avaldatud maanteede hooldustöö hinnaindeksi muutusega, mis 2015 aastal võrreldes 2014 aastaga oli 2.2%. Kokkuvõtte tasuvusanalüüsis kasutatud teede ehitus-, rekonstrueerimis- ja hooldustöödest, nende teostamise tingimustest ning maksumustest on toodud tabelis 8.4.

Tabel 8.4. Teehooldustööd ja nende teostamise tingimused analüüsitaval teedevõrgul

Töö nimetus	Variant	Töö teostamise tingimus	Ühik	Töö maksumus, km-ta / km-ga	Lisatööd
Ümbersõidu ehitamine (sisaldab ainult teekonstruktsiooni ehitamisega seotud töid)	Var_1	Teostatakse analüüsi 1 aastal	euro/km	681 860 / 818 232	-
	Var_2		euro/km	513 660 / 616 392	
Teekonstruktsiooni rekonstrueerimine	Var_1	Teostatakse analüüsi 20-ndal aastal	euro/m ²	28,3 / 34,0	-
	Var_2	Teostatakse analüüsi 24-ndal aastal	euro/m ²		

⁶ www.stat.ee

⁷ „Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010“, Liikennevirasto, Helsinki 2010

⁸ „HDM-4 evitamiseks vajalike liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamine. Lõpparuanne“, Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut, Tallinn 2003

⁹ www.stat.ee

Töö nimetus	Variant	Töö teostamise tingimus	Ühik	Töö maksumus, km-ta / km-ga	Lisatööd
Olemasoleva katte freesimine ja uue õhukese SMA kihi laotamine	Var_1	Teostatakse iga 7-s aasta	euro/m ²	11,3 / 13,5	Eelnev teekatte freesimine ning aukude lappimine ja pragude täitmine
	Var_2	Teostatakse iga 8-s aasta	euro/m ²	12,8 / 15,3	
Aukude lappimine		Perioodiline iga-aastane töö	euro/m ²	23.12 / 27.74	-
Pragude täitmine		Perioodiline iga-aastane töö	euro/m ²	7.51 / 9.02	-
Muud iga-aastased hooldustööd ¹⁰		Perioodiline iga-aastane töö	euro/km	3265 / 3918	-

8.2.6. Liiklusõnnetused analüüsiga hõlmatud teedevõrgul

Tasuvusanalüüsiga hõlmatud teedevõrgu liiklusõnnetuste andmed põhinevad Teeregistri (seisuga 15.09.2016) andmetel. Tabelis 8.4 on toodud analüüsitud teedevõrgul liiklusõnnetuste, nendes hukkunute ja vigastada saanute suhtarvude võrdlus Eesti keskmisega (vaadeldud on ainult maakondades toimunud liiklusõnnetusi). Toimunud liiklusõnnetuste arv ületab Eesti keskmist üle 5 korra, aga hukkunute ja vigastatute suhtarvud on üsna Eesti keskmise lähedal.

Tabel 8.4. Analüüsiga hõlmatud teedevõrgu liiklusõnnetuste võrdlus Eesti keskmisega

Liiklusõnnetuse tunnusarvu kirjeldus	Eesti maakondade viimase 10 aasta keskmine	Analüüsitud teelõigu keskmised väärtused	Erinevus, %
Liiklusõnnetusi aastas 100 teekilomeetri kohta	6,7	35,2	420,0%
Liiklusõnnetustes hukkunuid aastas 100 õnnetuse kohta	10,0	12,3	23,3%
Liiklusõnnetustes vigastatuid aastas 100 õnnetuse kohta	139,0	120,5	-13,3%

Are ümbersõidu ehitamine ja keskpiirdega 2+1 lahenduse kasutamine vähendab analüüsitud olemasolevatel teelõikudel liiklusõnnetuste arvu võrreldes olemasoleva olukorraga ca 10%. Analüüsitud teelõigu mõjutsoonis oleval eelneval ja järgneval teelõigul 3 km ulatuses (SEC_1 ja SEC_4) nähakse ette liiklusõnnetuste vähenemist ca 5% võrra. Projekteeritud 2+1 lahenduse kasutamisel on oluline mõju liiklusõnnetuste raskusastmele, seda vähendades. Tasuvusanalüüsis on eeldatud, et raskete liiklusõnnetuste osa väheneb hukkunutega liiklusõnnetuste osas 80% ja inimvigastustega liiklusõnnetuste osas 40%. Analüüsitud teelõigule eelneval ja järgneval teelõigul (SEC_1 ja SEC_4) on vastavad väärtused 40% ja 20%.

¹⁰ Maanteeameti aastaraamat 2012

Tabelis 8.6 on toodud rahvusvahelisel kogemusel ja eksperthinnangul põhineva liiklusõnnetuste vähenemise arvestamisel leitud analüüsitud teelõigu liiklusõnnetuste tunnusarvud.

Tabel 8.6. Teelõikude liiklusõnnetuste tunnusarvud enne ja pärast Are ümbersõidu ehitamist

Teelõik	Liiklusõnnetustes 100 miljoni autokm kohta					
	hukkunuid		vigastatuid		varakahju	
	Enne ÜS ehitamist	Pärast ÜS ehitamist	Enne ÜS ehitamist	Pärast ÜS ehitamist	Enne ÜS ehitamist	Pärast ÜS ehitamist
SEC_1	0,765	0,459	16,062	10,402	13,767	13,079
SEC_2	1,813	0,363	28,099	16,860	14,503	13,053
SEC_3	0,913	0,183	6,393	3,836	9,589	8,630
SEC_4	2,801	1,680	15,404	11,483	12,603	11,973
SEC_5	-	0,076	-	2,283	-	4,566

Analüüsis kasutatud liiklusõnnetuste ühikhinnad põhinevad Tallinna Tehnikaülikooli Logistikainstituudi poolt koostatud uurimistö¹¹ järeldustel. Lähtuvalt nimetatud uurimistöö koostaja soovitudest on tasuvusarvutuste järjepidevuse säilitamiseks kasutatud käesolevas analüüsis liiklusõnnetuste riskiväärtusega andmeid. Tasuvusanalüüsis kasutatud liiklusõnnetuste maksumused nende tüüpide kaupa on esitatud tabelis 8.7.

Tabel 8.7. Liiklusõnnetuste ühikhinnad tasuvusanalüüsis

Näitaja	Liiklusõnnetuste ühikhinnad (2015 prognoos)	Liiklusõnnetuste ühikhinnad HDM-4 mudelis
Liiklusõnnetuses hukkunu	1 995 458 euro/hukkunu	1 995 458 euro/hukkunu
Liiklusõnnetuses invaliidistunu	674 248 euro/ invaliid	58 487 euro/vigastatu
Liiklusõnnetuses vigastatu	26 078 euro/vigastatu	
Liiklusõnnetuse varakahju	9 623 euro/õnnetus	9 623 euro/õnnetus

¹¹ „Liiklusõnnetustest ühiskonnale põhjustatud kahjude määramise meetodika täiustamine, kahjude suuruse hindamine ja prognoosimine“ Tallinna Tehnikaülikooli Logistikainstituut, Tallinn 2012

8.3. Tasuvusanalüüs

8.3.1. Analüüsi tulemus

Tasuvusanalüüsi teostamise eesmärgiks on välja selgitada analüüsitud variantide majanduslik mõju ühiskonnale teatud perioodi jooksul, leidmaks kõige tulusam variant. Vastavalt antud töö lähteülesandele on analüüsiperioodiks 30 aastat. Analüüsi algaastaks on 2016 ning Are ümbersõidu ehitusajaks on arvestatud 1 aasta ja see toimub 2018 aastal. Analüüsis kasutatud diskontomäär¹² on 4.0 %.

Are ümbersõidu ehitustööde jääkväärtuseks analüüsiperioodi lõpus on normikohase lahenduse (var_1) puhul arvestatud 40% ja innovatiivse lahenduse (var_2) puhul 25%. Erinevus jääkväärtuste osas on tingitud sellest, et normikohase lahenduse korral on eeldatud katendi kapitaalremonti 20-ndal aastal, innovatiivse lahenduse puhul 30-ndal aastal. Aluse tööga on kahekordne katte tööeaga võrreldes ning seetõttu moodustab tee konstruktsiooni jääkväärtus normikohases lahenduses 1/4 aluse maksumusest ja 1/2 katte maksumusest, innovatiivse lahenduse puhul kate amortiseerub 30 aastaga ja jääkväärtus on 1/2 aluse maksumusest.

Tasuvuskriteeriumina võrreldakse tehtud rekonstrueerimistööde realiseerumise tulemusena ühiskonnale laekuva säästu suurust selle realiseerimiseks tehtavate kulutustega. Seega tuleb tasuvusanalüüsi kriteeriumiteks lugeda järgmiseid tingimused:

- ajaldatud nüüdisväärtus, NPV>0;
- piirdiskontomäär, EIRR>4.0%.

Tasuvusanalüüsi tulemused on toodud tabelis 8.8 ning väljavõtte HDM-4 majandusanalüüsi kokkuvõttest on toodud joonisel 8.4.

Tabel 8.8. Tasuvusanalüüsi tulemused

Variant	Kulude nüüdisväärtus, milj euro		Tulude nüüdisväärtus, milj euro		
	Kapitali kulud*	Perioodilised (hooldus) kulud	Teekasutaja	Sõiduaeg	Liiklus-õnnetused
Normikohane lahendus (var_1)	4,55	3,27	22.62	8.28	13.31
Innovatiivne lahendus (var_2)	2,78	3,26	22,64	8,28	13,31
Variant	Kulude ajaldatud nüüdisväärtus (NPV of costs), milj. euro	Tulude ajaldatud nüüdisväärtus (NPV of benefits), milj. euro	Ajaldatud nüüdisväärtus (NPV), milj. euro	Piirdiskonto määr (EIRR), %	Tulu / kulu suhe
Normikohane lahendus (var_1)	7,82	44,21	36,39	52.1%	5.65
Innovatiivne lahendus (var_2)	6,04	44,23	38,19	68,9%	7,32

* - kapitalikulud sisaldavad ainult teekonstruktsiooni ja katendi ehitamisega seotud kulusid

¹² Komisjoni delegeeritud määrus (EL) nr 480/2014, Artikkel 19 Rahavoogude diskonteerimine

Tasuvusanalüüsi tulemustes toodud suur tulu/kulu suhe on tingitud sellest, et Are ümbersõidu ehitusmaksumuses on antud hetkel arvestatud ainult teekonstruktsiooni ja katendi ehitamise kuludega. Võimalike viaduktide, sildade ja muude oluliste rajatiste ehituskulud ei ole teada ja need täpsustuvad alles projekteerimise faasis. Seetõttu ei ole neid analüüsis praeguses staadiumis arvesse võetud.

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Analysis Summary

Study Name: Mnt 4 Are YS 2+1_2016_v1

Run Date: 16-10-2016

Currency: Euro (millions)

Discount: 4.00%

Analysis Mode: Analysis-by-Project

Alternative: Construction of Are bypass_var1 vs Alternative: Base alternative

No Sensitivity Analysis Conducted

	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Social / Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	5.16	6.11	0.00	42.27	15.52	0.00	24.70	0.00	71.22
Discounted	4.55	3.27	0.00	22.62	8.28	0.00	13.31	0.00	36.39

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 52.1% (No. of solutions = 1)

Alternative: Construction of Are bypass_var2 vs Alternative: Base alternative

No Sensitivity Analysis Conducted

	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Social / Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	2.47	6.11	0.00	42.27	15.52	0.00	24.70	0.00	73.91
Discounted	2.78	3.26	0.00	22.64	8.28	0.00	13.31	0.00	38.20

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 68.9% (No. of solutions = 1)

HDM-4 Version 2.1

Page 1 of 1

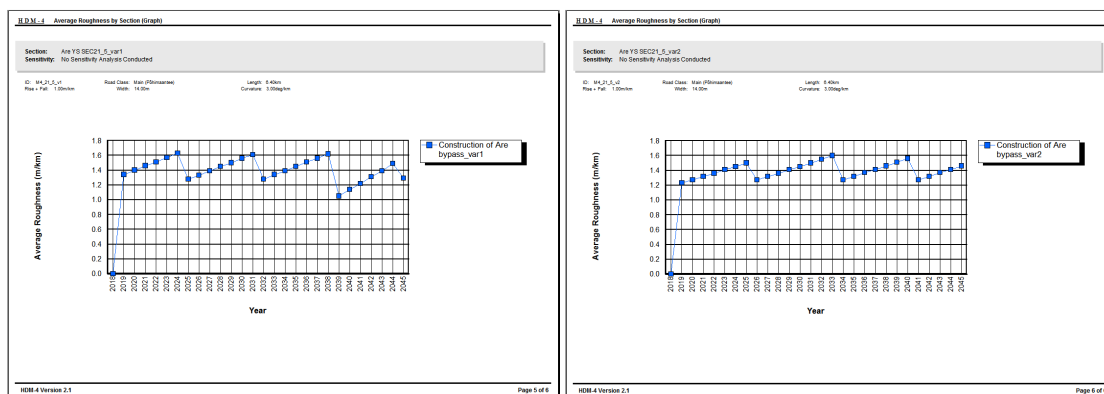
Joonis 8.4. Väljavõte HDM-4 majandusanalüüsi kokkuvõttest

Kuna aga erinevad rajatised ja nendega seotud kulud on samad nii normikohase kui ka innovatiivse lahenduse puhul, siis võib neid kulusid käsitleda konstantsete väärtustena, mis on sarnased mõlema variandi puhul ja seetõttu ei takista need ka tasuvusanalüüsi variantide 1 ja 2 võrdlemist.

Tasuvusanalüüsi tulemused näitavad, et Innovatiivne lahendus on majanduslikult tasuvam, andes 30aastase analüüsiperioodi jooksul võrreldes normikohase lahendusega 1,8 miljonit eurot suurema ajaldatud nüüdisväärtuse (NPV). Tulu/kulu suhe on innovatiivse lahenduse puhul selgelt suurem – 7,3 võrreldes 5,7-ga.

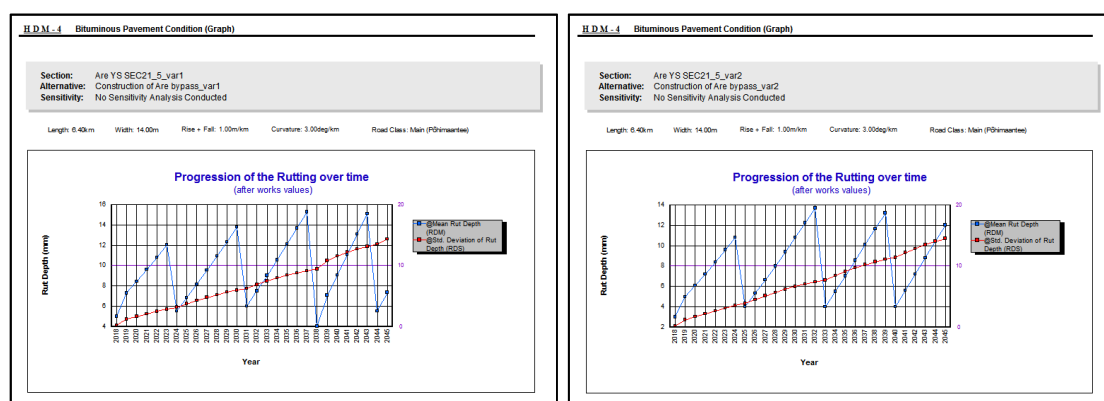
Põhiline sääst võrreldes normikohase lahendusega saadakse kapitalikuludest, kuna innovatiivse lahenduse ehituskulud on ca 25% väiksemad ja puudub vajadus 20 aastat pärast ümbersõidu ehitamist selle rekonstrueerimiseks.

Mõlema lahenduse puhul ei ületa analüüsiperioodil teekatte taset IRI väärtus 2,0 mm/m (joonis 7.5), kuna teekatet uuendatakse regulaarselt ja teekatte taset ei jõua uuenduste vahelise aja jooksul kuidagi selle väärtuseni areneda.



Joonis 8.5. Teekatte tasasuse muutumine Are ümbersõidul analüüsiperioodil

Roopa sügavus on teekatte seisukorra see parameeter, millest on tingitud Are ümbersõidul regulaarsed teekatte uuendustööd. Roopa sügavuse eeldatav muutumine Are ümbersõidu teelõigul analüüsitud perioodil normikohase lahenduse ja innovatiivse lahenduse puhul on toodud joonisel 8.6.



Joonis 8.6. Roopa sügavuse muutumine Are ümbersõidul analüüsiperioodil

Tasuvusanalüüsiga hõlmatud teedevõrgu (eraldi iga teelõigu kohta) teehaldaja ja teeakasutajate kulude (diskonteeritud) muutumine analüüsiperioodil iga analüüsitud variandi puhul on toodud detailselt aruande **Lisas 5**.

8.3.2. Finantsanalüüs

Are ümbersõidu ehitamisega kaasnevate kulude finantsanalüüs näitab tellija (Maanteeamet) diskonteeritud rahavoogusid kulude ja tuludena vaadeldava perioodi vältel. Projekti finantstulud tekiks juhul, kui Tellija otsustaks projekti rahastamisel kaaluda otsetolli mudelit. Käesoleva projekti puhul ei ole otsetolli mudel eeldatavalt kohaldatav ja seega projektile finantstulude rahavoog puudub.

Finantsanalüüsi koostamisel on arvestatud Euroopa Komisjoni poolt 2014. aastal välja antud aruandes¹³ toodud suunistega. Projekti finantskuludeks on ehitus- ja eksploatatsiooniga seotud kulud. Kulud on arvestatud käibemaksuta. Finantsanalüüsis kasutatud jääkväärtus vaadeldava perioodi lõpus on arvestuslik ega ole tellijale otseseks tuluks. Finantsanalüüsis on kasutatud 4% rahalist diskontomäära ning referentsperioodiks on 30 aastat.

Are ümbersõidu ehitamise ja eksploatatsiooni finantsanalüüsi rahavood on esitatud tabelites 8.9 (normikohane lahendus) ja 8.10 (innovatiivne lahendus).

Tabel 8.9. Finantsanalüüsi rahavood Are ümbersõidu normikohase lahenduse (var_1) puhul

Aasta	Diskonteerimata, miljonit eurot			Diskonteeritud, miljonit eurot		
	Investeering	Hoolde-kulud	Kulud kokku	Investeering	Hoolde-kulud	Kulud kokku
2018	-4,364	0.000	-4.364	-4,035	0.000	-4.035
2019	-	-0.021	-0.021	-	-0.019	-0.019
2020	-	-0.021	-0.021	-	-0.018	-0.018
2021	-	-0.021	-0.021	-	-0.017	-0.017
2022	-	-0.021	-0.021	-	-0.017	-0.017
2023	-	-0.021	-0.021	-	-0.016	-0.016
2024	-	-1.029	-1.029	-	-0.752	-0.752
2025	-	-0.021	-0.021	-	-0.015	-0.015
2026	-	-0.021	-0.021	-	-0.014	-0.014
2027	-	-0.021	-0.021	-	-0.014	-0.014
2028	-	-0.021	-0.021	-	-0.013	-0.013
2029	-	-0.021	-0.021	-	-0.013	-0.013
2030	-	-0.021	-0.021	-	-0.012	-0.012
2031	-	-1.029	-1.029	-	-0.571	-0.571
2032	-	-0.021	-0.021	-	-0.011	-0.011
2033	-	-0.021	-0.021	-	-0.011	-0.011
2034	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2035	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2036	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2037	-	-0.021	-0.021	-	-0.009	-0.009
2038	-2,538	-0.021	-2.559	-1,071	-0.009	-1.080
2039	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2040	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2041	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2042	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2043	-	-0.021	-0.021	-	-0.007	-0.007
2044	-	-1.029	-1.029	-	-0.343	-0.343
2045	1,746	-0.021	1.725	0,560	-0.007	0.553
Kokku:	-5,157	-3,588	-8,745	-4,546	-1,948	-6,494

¹³ „Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects“ Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, European Commission, Director General for Regional and Urban policy, December 2014

Tabel 8.10. Finantsanalüüsi rahavood Are ümbersõidu innovatiivse lahenduse (var_2) puhul

Aasta	Diskonteerimata, miljonit eurot			Diskonteeritud, miljonit eurot		
	Investeering	Hoolde-kulud	Kulud kokku	Investeering	Hoolde-kulud	Kulud kokku
2018	-3,287	0.000	-3.287	-3,039	0.000	-3.039
2019	-	-0.021	-0.021	-	-0.019	-0.019
2020	-	-0.021	-0.021	-	-0.018	-0.018
2021	-	-0.021	-0.021	-	-0.017	-0.017
2022	-	-0.021	-0.021	-	-0.017	-0.017
2023	-	-0.021	-0.021	-	-0.016	-0.016
2024	-	-0.021	-0.021	-	-0.015	-0.015
2025	-	-1.029	-1.029	-	-0.723	-0.723
2026	-	-0.021	-0.021	-	-0.014	-0.014
2027	-	-0.021	-0.021	-	-0.014	-0.014
2028	-	-0.021	-0.021	-	-0.013	-0.013
2029	-	-0.021	-0.021	-	-0.013	-0.013
2030	-	-0.021	-0.021	-	-0.012	-0.012
2031	-	-0.021	-0.021	-	-0.012	-0.012
2032	-	-0.021	-0.021	-	-0.011	-0.011
2033	-	-1.029	-1.029	-	-0.528	-0.528
2034	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2035	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2036	-	-0.021	-0.021	-	-0.010	-0.010
2037	-	-0.021	-0.021	-	-0.009	-0.009
2038	-	-0.021	-0.021	-	-0.009	-0.009
2039	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2040	-	-1.029	-1.029	-	-0.401	-0.401
2041	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2042	-	-0.021	-0.021	-	-0.008	-0.008
2043	-	-0.021	-0.021	-	-0.007	-0.007
2044	-	-0.021	-0.021	-	-0.007	-0.007
2045	0,822	-0.021	0.801	0,263	-0.007	0.257
Kokku:	-2,465	-3,588	-6,053	-2,776	-1.934	-4,710

8.3.3. Are ümbersõidu ehituse piirmaksumus

Kuna käesoleval hetkel ei ole kasutada Are ümbersõidu projektlahendust ja seetõttu ei ole ka teada eeldatava ehitusmaksumuse suurusjärku, siis on tasuvusanalüüsi eraldi osana uuritud Are ümbersõidu ehitamise võimalikku piirmaksumuse määra (arvestades kasutada olevaid lähteandmeid, uuringuid, eeldusi jne).

Tasuvuskriteeriumina võrreldakse tehtud ehitustööde realiseerumise tulemusena ühiskonnale laekuva säästu suurst selle realiseerimiseks tehtavate kulutustega. Seega tuleb piirmaksumuse määramisel tasuvusanalüüsi kriteeriumiteks lugeda järgmiseid tingimused:

- ajaldatud nüüdisväärtus, NPV=0;
- piirdiskontomäär, EIRR=4,0%.

Piirmaksumuse määra analüüsi tulemusena saab välja tuua, et lahenduse 2+1 rakendamisel on Are ümbersõidu ehitamise piirmaksumus kasutada olevate lähteandmete ja uuringute alusel nii normikohase kui ka innovatiivse lahenduse kasutamisel suurusjärgus 7,6...7,8 miljonit eurot kilomeetri kohta. Arvestades objekti pikkuseks 6,4 km kujuneb Are ümbersõidu ehitamise kogumaksumuse piiriks ca 50 miljonit eurot.

Piirmaksumus peab katma lisaks ehitustöödele ka kulud maa hankimiseks, kulud omaniku järelevalvele ning ehitusajal tekkivad võimalikud ettenägematud kulud.

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Economic Analysis Summary

Study Name: Mnt 4 Are YS 2+1_2016_v1

Run Date: 16-10-2016

Currency: Euro (millions)

Discount: 4.00%

Analysis Mode: Analysis-by-Project

Alternative: Construction of Are bypass_var1 vs Alternative: Base alternative

No Sensitivity Analysis Conducted

	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Social / Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	32.59	6.11	0.00	42.27	15.52	0.00	24.70	0.00	43.79
Discounted	40.95	3.27	0.00	22.62	8.28	0.00	13.31	0.00	-0.01

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 4.0% (No. of solutions = 1)

Alternative: Construction of Are bypass_var2 vs Alternative: Base alternative

No Sensitivity Analysis Conducted

	Increase in Road Agency Costs			Savings in MT VOC	Savings in MT Travel Time Costs	Savings in NMT Travel & Operating Costs	Reduction in Accident Costs	Net Social / Exogenous Benefits	Net Economic Benefits (NPV)
	Capital	Recurrent	Special						
Undiscounted	36.40	6.11	0.00	42.27	15.52	0.00	24.70	0.00	39.98
Discounted	40.98	3.26	0.00	22.64	8.28	0.00	13.31	0.00	0.00

Economic Internal Rate of Return (EIRR) = 4.0% (No. of solutions = 1)

HDM-4 Version 2.1

Page 1 of 1

Joonis 8.7. Väljavõte HDM-4 majandusanalüüsi kokkuvõttest piirmaksumuse leidmisel

LISA 1. Tehniline kirjeldus

Tehniline kirjeldus

Teadus- ja arendustöö

**Optimaalse tee konstruktsiooni
koostamise metoodika väljatöötamise
I etapi tööülesanne**

Tallinn 2016

Tehniline kirjeldus

Optimaalseima tee konstruktsiooni koostamise metoodika väljatöötamise kogueesmärk

Metoodika väljatöötamise lõppülesandeks on saada optimaalne kohalikel ehitusmaterjalidel (veokaugus objektist kuni 50 km) baseeruv *tee konstruktsiooni* (st aluspinnase parendamine, vahetamine; muldkeha; katend ja kõik teekonstruktsioonis vajalikud kihid nagu kapillaartõusu katkestav kiht, drenkiht jms, mis tagavad tee optimaalse veerežiimi, mille korral vesi kas ei sattu konstruktsiooni või viiakse sealt välja etteantud aja jooksul) koostamise metoodika (edaspidi *metoodika*).

Metoodika väljatöötamine koosneb kolmest etapist:

1. etapp - metoodika kontseptsioon + katendiarvutus (võrdlev) tasuvusarvutusega tõendamaks metoodika eeliseid võrreldes projekteerimismõnede tugineva lahendusega. Pärast 1.etapi Töö teostamist kohustub Töövõtja Tellija vastava soovi korral sõlmima lepingu 2. etapi teostamiseks. Tellija valib 1.etapis koostatud lahenduste hulgast kaks optimaalseimat (eraldi tööühmade) lahendust.

2. etapp - kahe esimese etapi parema lahenduse katsetused stendil ning metoodika täpsustamine. Kahe esimese etapi parima lahenduse metoodika täpsustamine ja täismahus tee konstruktiivse lahenduse koostamine. Tellija võib tellida täiendava geotehnilise uuringu (kolmandalt isikult), mida Töövõtjal on õigus arvestada ja selle alusel oma *toetavat lahendust* täpsustada ja korrigeerida. Töövõtja toetava lahenduse katendi konstruktsioonid katsetatakse TTK katseseadmes, millest parim väljub võitjana. Pärast käesolevas punktis nimetatud 2.etapi Töö teostamist kohustub Töövõtja Tellija vastava soovi korral sõlmima lepingu kolmanda etapi teostamiseks.

3. etapp - programmi prototüüp. Töövõtja kohustub tegema töötava katendiarvutuse programmi prototüübi kaasates pädeva IT personali.

Arendustöö üheks eesmärgiks on innustada insenere ja projekteerijaid kaasa mõtlema alternatiivsete lahenduste otsimisele.

Käesolev tehniline kirjeldus käsitleb optimaalse tee konstruktsiooni metoodika väljatöötamise 1.etappi.

1. Optimaalse tee konstruktsiooni koostamise metoodika väljatöötamise 1.etapi tööülesanne

1. etapi aruanne (edaspidi Töö) peab sisaldama:

- metoodika kontseptsiooni (vähemalt 10-40 A4 lk), mis koosneb kahest osast: üks lahendus, mille koostamisel on lähtutud projekteerimismõnede, ja teine Töövõtja poolt välja pakutud innovaatiline lahendus, mille korral on kasutatud kohalikke materjale tee konstruktsiooni koostamisel minemata vastuollu riigihangete seaduse,

- ehitusseadustiku ja toote nõuetele vastavuse seadusega. Lähtuda tuleb käesolevas tehnilises kirjelduses toodud juhistest;
- metoodika kontseptsiooni põhjal välja töötatud *arvutustega tõestatud tehniline lahendus* „Are ümbersõidu katendi projekt“ ning tasuvusarvutus;
 - metoodika kontseptsiooni alusel koostatud katendiarvutuse metoodika koos selgitustega, katendiarvutused (pakutud ja võrdlus kehtiva metoodikaga) ja 30 aasta tasuvusarvutus;
 - metoodika kontseptsiooni ja arvutustega tuleb näidata, kuidas tee konstruktsioonist viiakse ülalt ja külgedelt tulev vesi tee konstruktsioonist välja (50% vabast veest 2 tunni jooksul);
 - mulde ehituse tehniliste alternatiivide aruande koosseisus esitada alternatiivide kirjeldus, mis käsitleb ehitustööde tehnoloogia kirjeldust, materjalidega seonduvat (eemaldatava pinnase mahud, juurdeveetava materjalide mahud) ja vajaliku ajaressursi kirjeldust (sh mulde ehitusele kuluv aeg, edasiste etappide teostamise eripärad sõltuvad mulde rajamise tehnoloogiast);
 - ettepanekud projekteerimismääruste muudatuste tegemiseks.

Pärast käesolevas tehnilises kirjelduses kirjeldatud Töö teostamist kohustub Töövõtja Tellija vastava soovi korral sõlmima lepingu teise etapi teostamiseks.

- 1.1. Töövõtja koostab metoodika kontseptsiooni. Koostatud metoodika kontseptsiooni alusel koostab Töövõtja *arvutustega tõestatud lahenduse* „Are ümbersõidu katendi projekt“ ning võrreldava majandus- ja taristuministri 05.08.2015.a määruse nr 106 „Tee projekteerimise normide“ (edaspidi projekteerimismäärused) ja Maanteeameti peadirektori 04.03.2002.a käskkirjaga nr 31 kinnitatud „Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi“ (muudetud Maanteeameti peadirektori 06.01.2016.a käskkirjaga nr 5) kohase lahenduse ning 30 aasta tasuvusarvutused. Metoodika kontseptsiooni innovaatiline osa peab sisaldama trassile ja selle lõikudele soovitatud teekonstruktsiooni lahendusi koos põhjendustega (vajaliku elastsusmooduli (E_{vaj}) tagamine kattekihil, arvutused, sh elutsükli kulude hindamise võrdlus erinevatel variantidel, tööde mahud, orienteeruvad hinnad ja selgitus, kuidas seda metoodikat kasutada analoogsetel objektidel). Kontrollitakse arvnäitajaid, mis peavad olema saavutatud 10% täpsusega, kuid ei tohi olla väiksemad kui punktis 3 nimetatud õigusaktides ja lähteülesandes lubatud ning tõestuse, et konstruktsioon säilitab elutsükli jooksul nõutavad omadused.

Töö loetakse teostatuks ja tasustatakse, kui Töövõtja on esitanud metoodika kontseptsiooni alusel koostatud katendiarvutuste metoodikad koos selgitustega nii innovaatilise kui projekteerimismäärustele vastava lahenduse osas, katendiarvutused (innovaatiline lahendus ja võrdlus kehtiva metoodikaga) ja 30 aasta tasuvusarvutused. Töö ei ole lepingukohane ja ei kuulu Tellija poolt vastuvõtmisele, kui ei ole esitatud metoodika kontseptsiooni või seda

piisavalt selgitatud, kui ei ole esitatud kumbagi katendiarvutust või tasuvusarvutusi piisavas mahus Tellija hinnangul.

Töö ei ole lepingukohane, st Tellija loeb oluliseks rikkumiseks olukorda, kus Töövõtja ei ole esitatud metoodika kontseptsiooni või seda piisavalt selgitanud, kui Töövõtja ei ole esitanud kumbagi konstruktsiooniarvutust, tasuvusarvutust või katendiarvutust või on esitanud need ebapiisavas mahus Tellija hinnangul. Nimetatud rikkumiste korral on Tellijal õigus lepingust taganeda.

2. Metoodika kontseptsiooni koostamise juhised

- 2.1. Töövõtjal tuleb metoodika kontseptsioon kahe osa võrdluse tulemusena arvutustega tõestada enda pakutud innovaatilise lahenduse paremust võrreldes projekteerimismisnormidele vastava lahendusega.
- 2.2. Pakutav innovaativne lahendus peab tagama võrreldes projekteerimismisnormide rakendamisega majanduslikult ja toimivuselt vähemalt ekvivalentse lõpptulemuse ajas ning olema tehniliselt põhjendatud (lahenduse aluseks olevad arvutused, konkreetsed näited muu maailma praktikast vms), st pakutava lahenduse ehituskulud ei tohi olla suuremad kui katendi projekteerimismisnormide järgne lahendus. Tellija aktsepteerib ehitusaegset kavandatavat kallimat lahendust kuni 30 % juhul, kui arvutustega on tõestatud, et sellega kaasnevad väiksemad hoolde- ja remondikulud nii, et esimese kolmekümne aasta summaarne kulu on arvutuslikult vähemalt 10 % väiksem.
- 2.3. Metoodika kontseptsioonis peab olema võimalus erinevate konstruktsioonilahenduste projekteerimisel arvestada võimalike variatsioonidega teekonstruktsiooni niiskussrežiimis (pinnasevee kõrgem tase, võimalik surveine pinnasevesi jne) ja geotehnilistes eripärades (nt madala kandevõimega ja külma suhtes tundlikud pinnased), kuid nii, et p.3 sätestatud tingimused teest vee ärajuhtimise aja, pinnavee tõusu ja eelvooludega seoses oleksid täidetud. Taustinformatsiooniks annab Maanteeamet töövõtjale Pärnu maakonnaplaneeringut täpsustava teemaplaneeringu „E67 Tallinn-Pärnu-Ikla maantee asukoha täpsustamine km 92,0-170,0“ raames tehtud „Geoloogiliste ja hüdrogeoloogiliste uuringute aruande“. Oluline on kohalike materjalide kasutamine (eesmärk - mahust üle 50% toodete (materjalide) transpordi teekond peab jääma alla 50 km).
- 2.4. Metoodika kontseptsiooni aluseks võivad olla analoogse kliimavöötmeh juhised ja normid, mis peavad EN määrusega 305/2011 kooskõlas olevate toodetega olema arvutuslikult tõestatud ja mis tagavad nõutava (projekteerimismisnormide suhtes vähemalt ekvivalentse) tulemuse.
- 2.5. Metoodika koostamisel arvestada, et oleks võimalik tõestada järgmisi suuruseid: vajum punase joone suhtes, pikikalde muutuse %, põikkalde muutuse % 30 aasta jooksul.

Töö sisu ja nõuded Tööle võivad täpsustuda toimuvatel töökoosolekutel või kontaktisikute vaheliste e-kirjade teel.

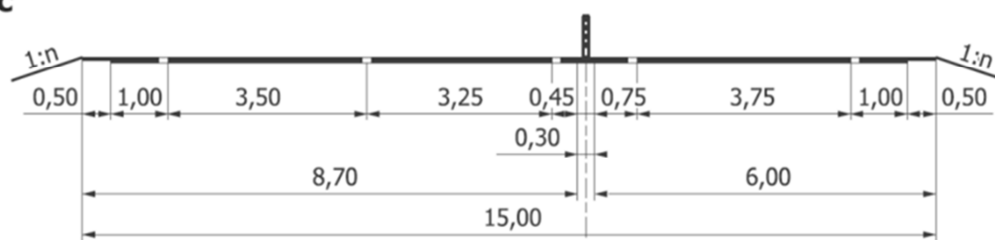
3. Lähteandmed näidislõigule

Töövõtjale esitatakse järgnevad lähteandmed:

- 3.1. Taustainfo: Pärnu maavalitsuse teemaplaneeringuga kinnitatud trassi koridor, mis on saadaval siit:
http://parnu.maavalitsus.ee/documents/181369/4247846/ARE_kaart.pdf/f94acaf5-dec0-4d19-a9cf-f1525f44fe8a
- 3.2. Kavandatava näidislõigu tee ristlõikeks on ette nähtud nn 2+1 lahendus, ristlõikes on ettenähtud ühtlased omadused kattel (st kõik sõidurajad samade omadustega):

Teekonstruktsioonile pakutavate lahenduste valikul tuleb arvestada, et rajataval objektil lähtutakse valdavalt 2+1 ristlõike lahendusest. Projekteerimismõistetes tuleb lähtuda maantee klassist II ning täpsemad ristlõike parameetrid on kirjeldatud projekteerimismõistete tabelis 2.6 (maantee klass „II c” ning mõõdud vastavalt joonisele 2.11):

II c



Joonis 2.11. II klassi maantee ristprofiil

Joonis 1. Väljavõte projekteerimismõistetest - 2+1 tee ristlõike parameetrid.

- 3.3 Valmis tee toimivusnäitajad, mis metoodikas tuleb näidata, ei ole asfaldikesksed, vaid *stiilis*, et 9 kuu pärast roogas ei tohi olla suurem kui 4 mm, peab kannatama nihkepingeid; peab kannatama dünaamilist koormust, IRI jääb alla 2,0 jms.
- 3.4 Tellija annab ette tee trassi ja projektseid kõrgusarvud.
- 3.5 Projektne kandevõime $E_{vaj}=309\text{MPa}$ (KAP arvutuse järgne) antakse ette.
- 3.6 Metoodika kontseptsiooni ja arvutustega tuleb näidata, kuidas tee konstruktsioonist viiakse ült ja külgedelt tulev vesi tee konstruktsioonist välja (50% vabast veest 2 tunni jooksul). Arvestada tuleb 50 aasta jooksul esinenud suurima veehulgaga kahetunnise sajuga. Alt tuleva pinnavee kapillaartõus ja kondensaadi tõus peab olema katkestatud.
- 3.7 Pinnavesi ei tohi tõusta 100 aasta suurima tasemest kõrgemale kui on drenaaži kraavi põhjast 300 mm katte pinnast 140 cm. Eraldi lahendused tuleb metoodikas ette näha juhtumitele, kui drenaaži eelvool puudub või ei ole seda võimalik erinevatel põhjustel teostada.

- 3.8 Mulle projekteeritakse lähtuvalt standardist EVS-EN 1997. Muldkeha ja drenkihi elueaks tuleb arvestada vähemalt 50 aastat ja aluspinnase tugevdamise tehniliseks elueaks 100 aastat. Muldkeha ja drenkihi eluea all mõeldakse aega standardi EVS-EN 1990 mõistes, mille jooksul see täidab talle algselt ettenähtud funktsiooni ning selle perioodi jooksul peab teda korras hoidma asjatundlikult projektis ettenähtud või omaniku sätestatud kasutus- ja hooldusjuhendi järgselt.
- 3.9 Mulde ehituse tehniliste alternatiivide aruande koosseisus esitada alternatiivide kirjeldus, mis käsitleb ehitustööde tehnoloogia kirjeldust, materjalidega seonduvat (eemaldatava pinnase mahud, juurdeveetava materjalide mahud) ja vajaliku ajaressursi kirjeldust (sh mulde ehitusele kuluv aeg, edasiste etappide teostamise eripärad sõltuvad mulde rajamise tehnoloogiast).
- 3.10 Aruandes tuleb esitada kõigi variantide kohta, minimaalselt 1 mulde **stabiilsuse ja vajumise arvutus** tee kilomeetri kohta (nõrgemate aluspinnastega (turba-alad) kohtadel min 200 m tagant, lisaks, viaduktide pealesõitude kohad). Aruande kokkuvõttes tuleb esitada Töövõtjal omapoolne selgelt põhjendatud (tehniliselt, majanduslikult, keskkonna osas, jms) ettepanek Tellijale parima lahenduse osas, reastades eelistuse järjekorras ka ülejäänud variandid.
- 3.11 Geotehniliste arvutuste lähteandmed tuleb esitada tabelite näol. Arvutused peavad olema tehtud spetsiaalse tarkvaraga, mis võimaldab teha geotehnilisi arvutusi, tuues välja kõik kontrollväärtused. Arvutustes tuleb võtta mulde stabiilsuse min varuteguriks $F=1,8$. Arvutustes tuleb arvestada kraavide olemasoluga projektis (ebastabiilsem mulle, kui kraavid lähedal).

LISA 2. KAP arvutuse tulemused – normikohane lahendus

NORM katendiarvutus KAP tarkvaraga

Aluspinnaseks on valitud kruusliiv, kuna projekteeritud kihipaksus ületab 75 cm (on määratud 150 cm filtratsiooninõudega). Baasvariandis on arvestatud katendi elueaks 20 aastat ning koormussagedus on taandatud 15-ndale aastale.

KATENDI ARVUTUS
Are v1

Koormussagedus: 7055 normtelge ööp/raja

Maantee klass: 2

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhätibetegur: 1,71

Pinnas: Kruusliiv ja jämeliiv

Katendi omadused ei sõltu niiskuspakkonnast

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve kattele: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 0,9

Lisainfo:

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Kihi elast- susmoodul E_{equiv} arvutamiseks MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihele MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks paindele MPa	Arvutatud tõmbepinge R_{max} MPa	Lubata- vad tõmbepinge R_{lub} MPa	Sise- hõõrde- nurk Kraad	Nidusus C	Kihtide seotistegur K3
1	Killustikmastiksasfalt - SMA	3,0	3200	1800	4500					
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600					
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	1400	800	2200	0,8481	0,8733			
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - k	14,0	600							
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0	280							
ALUS	Kruusliiv ja jämeliiv		130,0					42,0	0,007	7,0

ARVUTUSE TULEMUSED

ARVUTUSE TULEMUSED									
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus- moodul Mpa	Vajalik elastsus- moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastusmoodul			16,1%	379,79	321,46	
1	Killustikmastiksasfalt - SMA	3,0					379,79		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					354,56		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			0,9%	313,43		
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - K	14,0					253,34		
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0					178,77		
	Kruusliiv ja jämeliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0089	0,0144	35,9%			-
	Katendi kogupaksus	48,0					Parandustegur Δ		

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	53
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	1,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	1,8
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	55,5%
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		

Arvutas: Ain Kendra

Kuupäev: 17.10.2016

LISA 3. KAP arvutuse tulemused – innovatiivne lahendus

INNO katendi tugevusarvutus KAP tarkvaraga

Lisatud on uued materjalid – AC 32 base 160/220 hinnanguliste arvutusparameetritega ning tsementstabiliseeritud savipinnas. Sideainesisaldus tuleb laboratoorsel teel kontrollida, eesmärgiks on saada kiht, mille elastsusmoodul oleks veidi madalam killustiku moodulist, et killustikukiht kahe stabiliseeritud kihi vahel ei puruneks.

Nihkepingete arvutus aluspinnases ei vasta nõuetele, kuid kuna konstruktsioonis on stabiliseeritud savipinnas, mis moodustab sisuliselt monoliidi, siis ei toimi KAP arvutusalgorithm sellele adekvaatselt.

Innovatiivse katendi variandis arvestatakse 30 aasta summaarset koormust, mis taandatakse KAP arvestustes 15-nda aasta tasemele.

K A T E N D I A R V U T U S
Are innovatiivne variant

Koormussagedus: 11527 normtelge ööp/rajaale		Pinnas: kerge liivsavi, raske liivsavi, savid	Arvutusliku koormuse liik: Veaauto A
Maantee klass: 2	Tugevustegur: 1,00	Niiskuspakkond: 3, liigniiske (märg)	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Püskatend	Töökindlustegur: 0,95	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,02	Erisurve kattele: 0,6 MPa
	Normhälbetegur: 1,71	L1.T3 p1+p5: -0,05+0,03=-0,02	Koormus: Dünaamiline, 0,85 paariratas
Lisainfo:			Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Kihi elast- susmoodul E _{akv} arvutamiseks MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks niiskele MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks paindele MPa	Arvutatud tõmbe- pinged R _{max} MPa	Lubata- vad tõmbe- pinged R _{lub} MPa	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus C	Kihtide seotistegur K3
1	Killustikmastikasfalt - SMA	4,0	3200	1800	4500					
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600					
3*	AC base 160/220	8,0	1400	800	3000	0,9211	1,1213			
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust segatud	14,0	700							
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0	280							
6*	Hüdraulilise sideainega stabiliseeritud liivsavi/s	25,0	260							
ALUS	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid	26,5						11,7	0,010	1,5

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja			Üldine elastsus- moodul Mpa	Vajalik elastsus- moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa	Varu %			
				t _{serv}	t _{lub}			
			Üldine elastsusmoodul			0,0%	342,67	335,87
1	Killustikmastikasfalt - SMA	4,0					342,67	
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					299,77	
3*	AC base 160/220	8,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			15,9%	265,86	
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust segatud	14,0					197,12	
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0					121,72	
6*	Hüdraulilise sideainega stabiliseeritud liivsavi/s	25,0					71,32	
	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0,0066	0,0037	-79,8%		0,831
	Katendi kogupaksus	75,0					Parandustegur Δ	0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	83
2. Kiilimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	3,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	3,1
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	22,2%
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		

LISA 4. PMS Objekt arvutuse esialgsed tulemused

INNO katendi tugevusarvutus PMS Objekt tarkvaraga

Traffic calc.

Traffic calc. according to TRVK Väg

☒ Calculate ESALs ☐ State ESALs

Technical life span: 20 year

Annual daily traffic per lane (AADT): 4469

Estimated traffic change in trucks yearly (%): 1.6

Estimated traffic change in cars yearly (%): 1.5

Heavy vehicles (%): Value (%): 24

ESALs per heavy vehicle (B): 2.0

f_a (lane width): 1.00

f_b (road class): 1.15

f_c (reference speed): 0.90

BF = (B x f_a x f_b x f_c): 2.670

Calculated ESALs: 19 227 217

Pavement definition

Foundation level and Pavement type

Material	Thickness [mm]	Winter [MPa]	Thaw Winter [M]	Thawing [MPa]	Late spring [M]	Summer [MPa]	Fall [MPa]
1 Bitumenbundet siltlager	40	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2 Bitumenbundet bärslager	110	11500	10000	9000	8500	2500	8000
3 Cementbundet bärslager	250	17000	17000	17000	17000	17000	17000
4 Förstärkningslager krossat mat	200	300	280	200	280	300	300
5 Förstärkningslager okrossat mat	300	1000	1000	160	240	240	240
T 4b - Lena	0	1000	1000	30	40	50	50

Total thickness bound layers: 400 mm

Total Thickness above upper formation level: 900 mm

Bearing capacity

Results Compare axle loads Comparison singular load Strain results in detail

Correction factor that takes moisture and water in the sub-grade into account.

Correction factor fd: 1.0

Number of ESALs, accumulated

Horizontal tensile strain in the under side of bitumen bound layers

Nilil bb: 4 519 184 090

Nekv: 19 227 217

Compression strain on the foundation level

Nilil te: 1 354 740 208

Nekv * 2: 38 454 434

Vertical compression strains, singular load

maximum allowed: 0.001200

Calculated: 0.000256

Analyze the pavement as a

☐ GBO/BBO ☐ CBO ☐ BO

☒ User defined

Frost calculation

Frost heave calculation Graphical overview

VWS information

County: Uppsala Section in: Uppsala

Station: Alunda (306) Season: 2010/2011

Kallutjäro, snödjäv, förhöjd luftfuktighet under hasten

Commentary

Lifting speed above formation level (mm/day): 0.5

Lifting speed below the lower foundation level (mm/day): 1.5

Frost heave

Calculated lift (heave) [mm]: 94

Maximum allowed frost heave [mm]: 50

Frost depth adjusted, [mm]: 932

IblFactor: 1.00

PMS Objekt külmakindlusarvutus ei ole hetkel adekvaatne seetõttu, et arvutustes kasutatud materjalid ei ole täpselt need. Tugevusarvutus näitab suurt varu.

Lisa 5. Teehaldaja ja teekasutaja kulud analüüsiperioodil (diskonteeritud)

Road Agency and User Cost Streams (Discounted)

Study Name: Mnt 4 Are YS 2+1_2016_v1

Run Date: 16-10-2016

Currency: Euro (millions)

Discount Rate: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_1
Alternative: Base alternative
Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_1

Length: 2.90 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.009	0.000	0.009	4.496	0.413	0.000	0.225	5.134	0.000	5.143
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.582	0.419	0.000	0.227	5.227	0.000	5.236
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.654	0.424	0.000	0.228	5.306	0.000	5.315
2019	0.000	0.008	0.000	0.008	4.714	0.428	0.000	0.229	5.372	0.000	5.380
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.763	0.432	0.000	0.230	5.425	0.000	5.433
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.728	0.428	0.000	0.227	5.383	0.000	5.391
2022	0.000	0.010	0.000	0.010	4.689	0.424	0.000	0.225	5.337	0.000	5.348
2023	0.000	0.010	0.000	0.010	4.646	0.420	0.000	0.222	5.287	0.000	5.297
2024	0.000	0.010	0.000	0.010	4.599	0.415	0.000	0.219	5.233	0.000	5.243
2025	0.000	0.010	0.000	0.010	4.549	0.411	0.000	0.215	5.175	0.000	5.185
2026	0.000	0.010	0.000	0.010	4.496	0.406	0.000	0.212	5.114	0.000	5.124
2027	0.000	0.010	0.000	0.010	4.441	0.401	0.000	0.209	5.050	0.000	5.060
2028	0.000	0.009	0.000	0.009	4.383	0.395	0.000	0.205	4.984	0.000	4.993
2029	0.000	0.009	0.000	0.009	4.323	0.390	0.000	0.202	4.915	0.000	4.924
2030	0.000	0.009	0.000	0.009	4.262	0.384	0.000	0.199	4.845	0.000	4.853
2031	0.000	0.008	0.000	0.008	4.174	0.376	0.000	0.194	4.745	0.000	4.753
2032	0.000	0.008	0.000	0.008	4.087	0.368	0.000	0.190	4.645	0.000	4.653

2033	0.000	0.008	0.000	0.008	4.000	0.361	0.000	0.185	4.546	0.000	4.554
2034	0.000	0.007	0.000	0.007	3.915	0.353	0.000	0.181	4.448	0.000	4.455
2035	0.000	0.007	0.000	0.007	3.830	0.345	0.000	0.176	4.351	0.000	4.358
2036	0.000	0.007	0.000	0.007	3.722	0.335	0.000	0.171	4.229	0.000	4.236
2037	0.000	0.007	0.000	0.007	3.618	0.326	0.000	0.166	4.110	0.000	4.117
2038	0.000	0.006	0.000	0.006	3.516	0.317	0.000	0.161	3.994	0.000	4.000
2039	0.000	0.006	0.000	0.006	3.417	0.308	0.000	0.156	3.881	0.000	3.887
2040	0.000	0.006	0.000	0.006	3.321	0.299	0.000	0.152	3.772	0.000	3.778
2041	0.000	0.006	0.000	0.006	3.219	0.290	0.000	0.147	3.655	0.000	3.661
2042	0.000	0.006	0.000	0.006	3.121	0.281	0.000	0.142	3.543	0.000	3.549
2043	0.000	0.005	0.000	0.005	3.026	0.272	0.000	0.137	3.435	0.000	3.441
2044	0.000	0.005	0.000	0.005	2.936	0.263	0.000	0.133	3.332	0.000	3.337
2045	0.000	0.005	0.000	0.005	2.852	0.255	0.000	0.129	3.235	0.000	3.240
Total:	0.000	0.236	0.000	0.236	121.077	10.937	0.000	5.694	137.708	0.000	137.944

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_1
Alternative: Construction of Are bypass_var1
Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_1 Road Class: Main (Põhimaantee)
Length: 2.90 km Width: 9.00 m Rise+Fall: 5.00 m/km Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.009	0.000	0.009	4.496	0.413	0.000	0.225	5.134	0.000	5.143
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.582	0.419	0.000	0.227	5.227	0.000	5.236
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.654	0.424	0.000	0.228	5.306	0.000	5.315
2019	0.000	0.008	0.000	0.008	4.740	0.428	0.000	0.229	5.397	0.000	5.405
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.719	0.426	0.000	0.227	5.372	0.000	5.380
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.693	0.423	0.000	0.225	5.341	0.000	5.349
2022	0.000	0.009	0.000	0.009	4.663	0.420	0.000	0.222	5.304	0.000	5.314
2023	0.000	0.010	0.000	0.010	4.627	0.416	0.000	0.220	5.263	0.000	5.273
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	4.588	0.412	0.000	0.217	5.217	0.000	5.228
2025	0.000	0.012	0.000	0.012	4.545	0.408	0.000	0.214	5.167	0.000	5.179
2026	0.000	0.012	0.000	0.012	4.498	0.404	0.000	0.211	5.113	0.000	5.125
2027	0.000	0.222	0.000	0.222	4.448	0.399	0.000	0.208	5.056	0.000	5.277
2028	0.000	0.006	0.000	0.006	4.398	0.395	0.000	0.205	4.998	0.000	5.004
2029	0.000	0.006	0.000	0.006	4.343	0.390	0.000	0.202	4.935	0.000	4.941
2030	0.000	0.005	0.000	0.005	4.287	0.385	0.000	0.199	4.870	0.000	4.876
2031	0.000	0.005	0.000	0.005	4.174	0.376	0.000	0.194	4.744	0.000	4.749
2032	0.000	0.005	0.000	0.005	4.087	0.368	0.000	0.189	4.645	0.000	4.650
2033	0.000	0.005	0.000	0.005	4.000	0.360	0.000	0.185	4.546	0.000	4.551
2034	0.000	0.005	0.000	0.005	3.915	0.353	0.000	0.181	4.448	0.000	4.453
2035	0.000	0.005	0.000	0.005	3.830	0.345	0.000	0.176	4.351	0.000	4.357
2036	0.000	0.156	0.000	0.156	3.722	0.335	0.000	0.171	4.229	0.000	4.384
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	3.611	0.326	0.000	0.166	4.103	0.000	4.107
2038	0.000	0.004	0.000	0.004	3.509	0.316	0.000	0.161	3.987	0.000	3.991

2039	0.000	0.004	0.000	0.004	3.410	0.308	0.000	0.156	3.874	0.000	3.878
2040	0.000	0.004	0.000	0.004	3.313	0.299	0.000	0.152	3.764	0.000	3.767
2041	0.000	0.004	0.000	0.004	3.211	0.289	0.000	0.147	3.647	0.000	3.650
2042	0.000	0.003	0.000	0.003	3.110	0.280	0.000	0.142	3.533	0.000	3.536
2043	0.000	0.003	0.000	0.003	3.013	0.271	0.000	0.137	3.422	0.000	3.425
2044	0.000	0.114	0.000	0.114	2.919	0.263	0.000	0.133	3.315	0.000	3.428
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	2.822	0.255	0.000	0.129	3.205	0.000	3.209
Total:	0.000	0.668	0.000	0.668	120.927	10.907	0.000	5.677	137.511	0.000	138.179

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_1

Alternative: Construction of Are bypass_var2

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_1

Length: 2.90 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.009	0.000	0.009	4.496	0.413	0.000	0.225	5.134	0.000	5.143
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.582	0.419	0.000	0.227	5.227	0.000	5.236
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.654	0.424	0.000	0.228	5.306	0.000	5.315
2019	0.000	0.008	0.000	0.008	4.740	0.428	0.000	0.229	5.397	0.000	5.405
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.719	0.426	0.000	0.227	5.372	0.000	5.380
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.693	0.423	0.000	0.225	5.341	0.000	5.349
2022	0.000	0.009	0.000	0.009	4.663	0.420	0.000	0.222	5.304	0.000	5.314
2023	0.000	0.010	0.000	0.010	4.627	0.416	0.000	0.220	5.263	0.000	5.273
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	4.588	0.412	0.000	0.217	5.217	0.000	5.228
2025	0.000	0.012	0.000	0.012	4.545	0.408	0.000	0.214	5.167	0.000	5.179
2026	0.000	0.012	0.000	0.012	4.498	0.404	0.000	0.211	5.113	0.000	5.125
2027	0.000	0.222	0.000	0.222	4.448	0.399	0.000	0.208	5.056	0.000	5.277
2028	0.000	0.006	0.000	0.006	4.398	0.395	0.000	0.205	4.998	0.000	5.004
2029	0.000	0.006	0.000	0.006	4.343	0.390	0.000	0.202	4.935	0.000	4.941
2030	0.000	0.005	0.000	0.005	4.287	0.385	0.000	0.199	4.870	0.000	4.876
2031	0.000	0.005	0.000	0.005	4.174	0.376	0.000	0.194	4.744	0.000	4.749
2032	0.000	0.005	0.000	0.005	4.087	0.368	0.000	0.189	4.645	0.000	4.650
2033	0.000	0.005	0.000	0.005	4.000	0.360	0.000	0.185	4.546	0.000	4.551
2034	0.000	0.005	0.000	0.005	3.915	0.353	0.000	0.181	4.448	0.000	4.453
2035	0.000	0.005	0.000	0.005	3.830	0.345	0.000	0.176	4.351	0.000	4.357
2036	0.000	0.156	0.000	0.156	3.722	0.335	0.000	0.171	4.229	0.000	4.384
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	3.611	0.326	0.000	0.166	4.103	0.000	4.107
2038	0.000	0.004	0.000	0.004	3.509	0.316	0.000	0.161	3.987	0.000	3.991

2039	0.000	0.004	0.000	0.004	3.410	0.308	0.000	0.156	3.874	0.000	3.878
2040	0.000	0.004	0.000	0.004	3.313	0.299	0.000	0.152	3.764	0.000	3.767
2041	0.000	0.004	0.000	0.004	3.211	0.289	0.000	0.147	3.647	0.000	3.650
2042	0.000	0.003	0.000	0.003	3.110	0.280	0.000	0.142	3.533	0.000	3.536
2043	0.000	0.003	0.000	0.003	3.013	0.271	0.000	0.137	3.422	0.000	3.425
2044	0.000	0.114	0.000	0.114	2.919	0.263	0.000	0.133	3.315	0.000	3.428
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	2.822	0.255	0.000	0.129	3.205	0.000	3.209
Total:	0.000	0.668	0.000	0.668	120.927	10.907	0.000	5.677	137.511	0.000	138.179

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_2

Alternative: Base alternative

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_2

Length: 2.45 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.008	0.000	0.008	3.811	0.391	0.000	0.393	4.595	0.000	4.603
2017	0.000	0.008	0.000	0.008	3.884	0.397	0.000	0.397	4.678	0.000	4.685
2018	0.000	0.007	0.000	0.007	3.946	0.402	0.000	0.400	4.747	0.000	4.755
2019	0.000	0.007	0.000	0.007	3.998	0.406	0.000	0.402	4.805	0.000	4.812
2020	0.000	0.007	0.000	0.007	4.040	0.409	0.000	0.403	4.852	0.000	4.859
2021	0.000	0.007	0.000	0.007	4.011	0.406	0.000	0.398	4.815	0.000	4.822
2022	0.000	0.009	0.000	0.009	3.979	0.402	0.000	0.393	4.774	0.000	4.782
2023	0.000	0.009	0.000	0.009	3.943	0.398	0.000	0.388	4.729	0.000	4.737
2024	0.000	0.009	0.000	0.009	3.904	0.394	0.000	0.383	4.680	0.000	4.689
2025	0.000	0.009	0.000	0.009	3.862	0.389	0.000	0.377	4.628	0.000	4.637
2026	0.000	0.008	0.000	0.008	3.817	0.385	0.000	0.372	4.574	0.000	4.582
2027	0.000	0.008	0.000	0.008	3.771	0.380	0.000	0.366	4.517	0.000	4.525
2028	0.000	0.008	0.000	0.008	3.723	0.375	0.000	0.360	4.457	0.000	4.465
2029	0.000	0.008	0.000	0.008	3.672	0.370	0.000	0.354	4.396	0.000	4.404
2030	0.000	0.007	0.000	0.007	3.621	0.365	0.000	0.348	4.333	0.000	4.341
2031	0.000	0.007	0.000	0.007	3.547	0.357	0.000	0.340	4.244	0.000	4.251
2032	0.000	0.007	0.000	0.007	3.473	0.350	0.000	0.332	4.154	0.000	4.161
2033	0.000	0.006	0.000	0.006	3.400	0.342	0.000	0.324	4.066	0.000	4.073
2034	0.000	0.006	0.000	0.006	3.327	0.335	0.000	0.316	3.978	0.000	3.985
2035	0.000	0.006	0.000	0.006	3.255	0.327	0.000	0.309	3.892	0.000	3.898
2036	0.000	0.006	0.000	0.006	3.165	0.318	0.000	0.300	3.783	0.000	3.788
2037	0.000	0.006	0.000	0.006	3.076	0.309	0.000	0.291	3.676	0.000	3.682
2038	0.000	0.005	0.000	0.005	2.990	0.301	0.000	0.282	3.573	0.000	3.578

2039	0.000	0.005	0.000	0.005	2.905	0.292	0.000	0.274	3.472	0.000	3.477
2040	0.000	0.005	0.000	0.005	2.824	0.284	0.000	0.266	3.374	0.000	3.379
2041	0.000	0.005	0.000	0.005	2.737	0.275	0.000	0.257	3.269	0.000	3.274
2042	0.000	0.005	0.000	0.005	2.654	0.266	0.000	0.249	3.169	0.000	3.174
2043	0.000	0.005	0.000	0.005	2.574	0.258	0.000	0.241	3.072	0.000	3.077
2044	0.000	0.004	0.000	0.004	2.498	0.250	0.000	0.233	2.981	0.000	2.985
2045	0.000	0.004	0.000	0.004	2.430	0.242	0.000	0.225	2.898	0.000	2.902
Total:	0.000	0.199	0.000	0.199	102.836	10.373	0.000	9.972	123.181	0.000	123.380

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_2

Alternative: Construction of Are bypass_var1

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_2

Length: 2.45 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.008	0.000	0.008	3.811	0.391	0.000	0.393	4.595	0.000	4.603
2017	0.000	0.008	0.000	0.008	3.884	0.397	0.000	0.397	4.678	0.000	4.685
2018	0.000	0.007	0.000	0.007	3.946	0.402	0.000	0.400	4.747	0.000	4.755
2019	0.000	0.007	0.000	0.007	0.272	0.030	0.000	0.035	0.337	0.000	0.344
2020	0.000	0.007	0.000	0.007	0.270	0.030	0.000	0.035	0.334	0.000	0.341
2021	0.000	0.080	0.000	0.080	0.268	0.030	0.000	0.034	0.332	0.000	0.412
2022	0.000	0.006	0.000	0.006	0.266	0.029	0.000	0.034	0.329	0.000	0.335
2023	0.000	0.006	0.000	0.006	0.263	0.029	0.000	0.033	0.326	0.000	0.332
2024	0.000	0.006	0.000	0.006	0.261	0.029	0.000	0.033	0.322	0.000	0.328
2025	0.000	0.006	0.000	0.006	0.258	0.028	0.000	0.033	0.319	0.000	0.324
2026	0.000	0.005	0.000	0.005	0.255	0.028	0.000	0.032	0.315	0.000	0.320
2027	0.000	0.005	0.000	0.005	0.252	0.027	0.000	0.032	0.311	0.000	0.316
2028	0.000	0.061	0.000	0.061	0.248	0.027	0.000	0.031	0.306	0.000	0.367
2029	0.000	0.005	0.000	0.005	0.245	0.027	0.000	0.031	0.302	0.000	0.307
2030	0.000	0.005	0.000	0.005	0.242	0.026	0.000	0.030	0.298	0.000	0.302
2031	0.000	0.004	0.000	0.004	0.236	0.026	0.000	0.029	0.291	0.000	0.296
2032	0.000	0.004	0.000	0.004	0.231	0.025	0.000	0.029	0.285	0.000	0.289
2033	0.000	0.004	0.000	0.004	0.226	0.024	0.000	0.028	0.278	0.000	0.282
2034	0.000	0.048	0.000	0.048	0.221	0.024	0.000	0.027	0.272	0.000	0.320
2035	0.000	0.004	0.000	0.004	0.216	0.023	0.000	0.027	0.266	0.000	0.270
2036	0.000	0.004	0.000	0.004	0.210	0.022	0.000	0.026	0.258	0.000	0.262
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	0.204	0.022	0.000	0.025	0.251	0.000	0.254
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	0.198	0.021	0.000	0.024	0.243	0.000	0.247

2039	0.000	0.003	0.000	0.003	0.192	0.021	0.000	0.024	0.236	0.000	0.240
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	0.187	0.020	0.000	0.023	0.229	0.000	0.233
2041	0.000	0.036	0.000	0.036	0.181	0.019	0.000	0.022	0.222	0.000	0.259
2042	0.000	0.003	0.000	0.003	0.175	0.019	0.000	0.021	0.215	0.000	0.218
2043	0.000	0.003	0.000	0.003	0.170	0.018	0.000	0.021	0.208	0.000	0.211
2044	0.000	0.003	0.000	0.003	0.164	0.017	0.000	0.020	0.202	0.000	0.204
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	0.159	0.017	0.000	0.019	0.195	0.000	0.198
Total:	0.000	0.350	0.000	0.350	17.709	1.847	0.000	1.947	21.503	0.000	21.853

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_2

Alternative: Construction of Are bypass_var2

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_2

Length: 2.45 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.008	0.000	0.008	3.811	0.391	0.000	0.393	4.595	0.000	4.603
2017	0.000	0.008	0.000	0.008	3.884	0.397	0.000	0.397	4.678	0.000	4.685
2018	0.000	0.007	0.000	0.007	3.946	0.402	0.000	0.400	4.747	0.000	4.755
2019	0.000	0.007	0.000	0.007	0.272	0.030	0.000	0.035	0.337	0.000	0.344
2020	0.000	0.007	0.000	0.007	0.270	0.030	0.000	0.035	0.334	0.000	0.341
2021	0.000	0.080	0.000	0.080	0.268	0.030	0.000	0.034	0.332	0.000	0.412
2022	0.000	0.006	0.000	0.006	0.266	0.029	0.000	0.034	0.329	0.000	0.335
2023	0.000	0.006	0.000	0.006	0.263	0.029	0.000	0.033	0.326	0.000	0.332
2024	0.000	0.006	0.000	0.006	0.261	0.029	0.000	0.033	0.322	0.000	0.328
2025	0.000	0.006	0.000	0.006	0.258	0.028	0.000	0.033	0.319	0.000	0.324
2026	0.000	0.005	0.000	0.005	0.255	0.028	0.000	0.032	0.315	0.000	0.320
2027	0.000	0.005	0.000	0.005	0.252	0.027	0.000	0.032	0.311	0.000	0.316
2028	0.000	0.061	0.000	0.061	0.248	0.027	0.000	0.031	0.306	0.000	0.367
2029	0.000	0.005	0.000	0.005	0.245	0.027	0.000	0.031	0.302	0.000	0.307
2030	0.000	0.005	0.000	0.005	0.242	0.026	0.000	0.030	0.298	0.000	0.302
2031	0.000	0.004	0.000	0.004	0.236	0.026	0.000	0.029	0.291	0.000	0.296
2032	0.000	0.004	0.000	0.004	0.231	0.025	0.000	0.029	0.285	0.000	0.289
2033	0.000	0.004	0.000	0.004	0.226	0.024	0.000	0.028	0.278	0.000	0.282
2034	0.000	0.048	0.000	0.048	0.221	0.024	0.000	0.027	0.272	0.000	0.320
2035	0.000	0.004	0.000	0.004	0.216	0.023	0.000	0.027	0.266	0.000	0.270
2036	0.000	0.004	0.000	0.004	0.210	0.022	0.000	0.026	0.258	0.000	0.262
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	0.204	0.022	0.000	0.025	0.251	0.000	0.254
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	0.198	0.021	0.000	0.024	0.243	0.000	0.247

2039	0.000	0.003	0.000	0.003	0.192	0.021	0.000	0.024	0.236	0.000	0.240
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	0.187	0.020	0.000	0.023	0.229	0.000	0.233
2041	0.000	0.036	0.000	0.036	0.181	0.019	0.000	0.022	0.222	0.000	0.259
2042	0.000	0.003	0.000	0.003	0.175	0.019	0.000	0.021	0.215	0.000	0.218
2043	0.000	0.003	0.000	0.003	0.170	0.018	0.000	0.021	0.208	0.000	0.211
2044	0.000	0.003	0.000	0.003	0.164	0.017	0.000	0.020	0.202	0.000	0.204
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	0.159	0.017	0.000	0.019	0.195	0.000	0.198
Total:	0.000	0.350	0.000	0.350	17.709	1.847	0.000	1.947	21.503	0.000	21.853

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_3

Alternative: Base alternative

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_3

Length: 4.60 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.015	0.000	0.015	7.095	0.763	0.000	0.330	8.188	0.000	8.203
2017	0.000	0.014	0.000	0.014	7.221	0.773	0.000	0.333	8.328	0.000	8.342
2018	0.000	0.014	0.000	0.014	7.328	0.782	0.000	0.335	8.445	0.000	8.459
2019	0.000	0.013	0.000	0.013	7.416	0.790	0.000	0.337	8.542	0.000	8.555
2020	0.000	0.013	0.000	0.013	7.487	0.796	0.000	0.337	8.620	0.000	8.632
2021	0.000	0.012	0.000	0.012	7.428	0.789	0.000	0.333	8.550	0.000	8.563
2022	0.000	0.016	0.000	0.016	7.364	0.781	0.000	0.329	8.474	0.000	8.490
2023	0.000	0.017	0.000	0.017	7.293	0.773	0.000	0.325	8.391	0.000	8.407
2024	0.000	0.017	0.000	0.017	7.217	0.765	0.000	0.320	8.302	0.000	8.318
2025	0.000	0.016	0.000	0.016	7.136	0.756	0.000	0.315	8.208	0.000	8.224
2026	0.000	0.016	0.000	0.016	7.052	0.747	0.000	0.310	8.109	0.000	8.124
2027	0.000	0.015	0.000	0.015	6.963	0.737	0.000	0.305	8.006	0.000	8.021
2028	0.000	0.015	0.000	0.015	6.871	0.728	0.000	0.300	7.899	0.000	7.913
2029	0.000	0.014	0.000	0.014	6.776	0.718	0.000	0.295	7.788	0.000	7.803
2030	0.000	0.014	0.000	0.014	6.678	0.707	0.000	0.290	7.675	0.000	7.689
2031	0.000	0.013	0.000	0.013	6.539	0.692	0.000	0.284	7.515	0.000	7.528
2032	0.000	0.013	0.000	0.013	6.401	0.678	0.000	0.277	7.356	0.000	7.368
2033	0.000	0.012	0.000	0.012	6.264	0.663	0.000	0.270	7.198	0.000	7.210
2034	0.000	0.012	0.000	0.012	6.129	0.649	0.000	0.264	7.041	0.000	7.053
2035	0.000	0.011	0.000	0.011	5.994	0.635	0.000	0.257	6.887	0.000	6.898
2036	0.000	0.011	0.000	0.011	5.826	0.617	0.000	0.250	6.693	0.000	6.704
2037	0.000	0.010	0.000	0.010	5.662	0.599	0.000	0.243	6.504	0.000	6.514
2038	0.000	0.010	0.000	0.010	5.502	0.582	0.000	0.235	6.320	0.000	6.330

2039	0.000	0.010	0.000	0.010	5.346	0.566	0.000	0.228	6.140	0.000	6.150
2040	0.000	0.009	0.000	0.009	5.195	0.550	0.000	0.222	5.967	0.000	5.976
2041	0.000	0.009	0.000	0.009	5.035	0.532	0.000	0.214	5.782	0.000	5.791
2042	0.000	0.009	0.000	0.009	4.881	0.516	0.000	0.207	5.604	0.000	5.612
2043	0.000	0.009	0.000	0.009	4.732	0.499	0.000	0.201	5.432	0.000	5.440
2044	0.000	0.008	0.000	0.008	4.590	0.484	0.000	0.194	5.268	0.000	5.276
2045	0.000	0.008	0.000	0.008	4.459	0.468	0.000	0.188	5.116	0.000	5.123
Total:	0.000	0.375	0.000	0.375	189.880	20.134	0.000	8.330	218.344	0.000	218.719

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_3

Alternative: Construction of Are bypass_var1

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_3

Length: 4.60 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.015	0.000	0.015	7.095	0.763	0.000	0.330	8.188	0.000	8.203
2017	0.000	0.014	0.000	0.014	7.221	0.773	0.000	0.333	8.328	0.000	8.342
2018	0.000	0.014	0.000	0.014	7.328	0.782	0.000	0.335	8.445	0.000	8.459
2019	0.000	0.013	0.000	0.013	0.560	0.081	0.000	0.037	0.678	0.000	0.691
2020	0.000	0.013	0.000	0.013	0.556	0.080	0.000	0.037	0.673	0.000	0.686
2021	0.000	0.150	0.000	0.150	0.552	0.080	0.000	0.036	0.668	0.000	0.818
2022	0.000	0.012	0.000	0.012	0.547	0.079	0.000	0.036	0.662	0.000	0.674
2023	0.000	0.011	0.000	0.011	0.542	0.078	0.000	0.035	0.656	0.000	0.667
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	0.536	0.077	0.000	0.035	0.649	0.000	0.660
2025	0.000	0.011	0.000	0.011	0.530	0.077	0.000	0.035	0.641	0.000	0.652
2026	0.000	0.010	0.000	0.010	0.523	0.076	0.000	0.034	0.633	0.000	0.643
2027	0.000	0.010	0.000	0.010	0.517	0.075	0.000	0.034	0.625	0.000	0.635
2028	0.000	0.114	0.000	0.114	0.510	0.074	0.000	0.033	0.617	0.000	0.731
2029	0.000	0.009	0.000	0.009	0.503	0.073	0.000	0.033	0.608	0.000	0.617
2030	0.000	0.009	0.000	0.009	0.495	0.072	0.000	0.032	0.599	0.000	0.608
2031	0.000	0.008	0.000	0.008	0.527	0.062	0.000	0.031	0.621	0.000	0.629
2032	0.000	0.008	0.000	0.008	0.516	0.061	0.000	0.031	0.607	0.000	0.615
2033	0.000	0.008	0.000	0.008	0.504	0.059	0.000	0.030	0.594	0.000	0.601
2034	0.000	0.007	0.000	0.007	0.493	0.058	0.000	0.029	0.580	0.000	0.588
2035	0.000	0.087	0.000	0.087	0.482	0.057	0.000	0.029	0.567	0.000	0.654
2036	0.000	0.007	0.000	0.007	0.469	0.055	0.000	0.028	0.552	0.000	0.558
2037	0.000	0.007	0.000	0.007	0.455	0.053	0.000	0.027	0.536	0.000	0.542
2038	0.000	0.006	0.000	0.006	0.442	0.052	0.000	0.026	0.520	0.000	0.526

2039	0.000	0.006	0.000	0.006	0.429	0.050	0.000	0.025	0.505	0.000	0.511
2040	0.000	0.006	0.000	0.006	0.417	0.049	0.000	0.025	0.490	0.000	0.496
2041	0.000	0.006	0.000	0.006	0.404	0.047	0.000	0.024	0.475	0.000	0.480
2042	0.000	0.066	0.000	0.066	0.391	0.046	0.000	0.023	0.460	0.000	0.526
2043	0.000	0.005	0.000	0.005	0.379	0.044	0.000	0.022	0.445	0.000	0.450
2044	0.000	0.005	0.000	0.005	0.367	0.043	0.000	0.022	0.431	0.000	0.436
2045	0.000	0.005	0.000	0.005	0.355	0.041	0.000	0.021	0.417	0.000	0.422
Total:	0.000	0.653	0.000	0.653	34.647	4.016	0.000	1.807	40.470	0.000	41.122

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_3

Alternative: Construction of Are bypass_var2

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_3

Length: 4.60 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.015	0.000	0.015	7.095	0.763	0.000	0.330	8.188	0.000	8.203
2017	0.000	0.014	0.000	0.014	7.221	0.773	0.000	0.333	8.328	0.000	8.342
2018	0.000	0.014	0.000	0.014	7.328	0.782	0.000	0.335	8.445	0.000	8.459
2019	0.000	0.013	0.000	0.013	0.560	0.081	0.000	0.037	0.678	0.000	0.691
2020	0.000	0.013	0.000	0.013	0.556	0.080	0.000	0.037	0.673	0.000	0.686
2021	0.000	0.150	0.000	0.150	0.552	0.080	0.000	0.036	0.668	0.000	0.818
2022	0.000	0.012	0.000	0.012	0.547	0.079	0.000	0.036	0.662	0.000	0.674
2023	0.000	0.011	0.000	0.011	0.542	0.078	0.000	0.035	0.656	0.000	0.667
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	0.536	0.077	0.000	0.035	0.649	0.000	0.660
2025	0.000	0.011	0.000	0.011	0.530	0.077	0.000	0.035	0.641	0.000	0.652
2026	0.000	0.010	0.000	0.010	0.523	0.076	0.000	0.034	0.633	0.000	0.643
2027	0.000	0.010	0.000	0.010	0.517	0.075	0.000	0.034	0.625	0.000	0.635
2028	0.000	0.114	0.000	0.114	0.510	0.074	0.000	0.033	0.617	0.000	0.731
2029	0.000	0.009	0.000	0.009	0.503	0.073	0.000	0.033	0.608	0.000	0.617
2030	0.000	0.009	0.000	0.009	0.495	0.072	0.000	0.032	0.599	0.000	0.608
2031	0.000	0.008	0.000	0.008	0.527	0.062	0.000	0.031	0.621	0.000	0.629
2032	0.000	0.008	0.000	0.008	0.516	0.061	0.000	0.031	0.607	0.000	0.615
2033	0.000	0.008	0.000	0.008	0.504	0.059	0.000	0.030	0.594	0.000	0.601
2034	0.000	0.007	0.000	0.007	0.493	0.058	0.000	0.029	0.580	0.000	0.588
2035	0.000	0.087	0.000	0.087	0.482	0.057	0.000	0.029	0.567	0.000	0.654
2036	0.000	0.007	0.000	0.007	0.469	0.055	0.000	0.028	0.552	0.000	0.558
2037	0.000	0.007	0.000	0.007	0.455	0.053	0.000	0.027	0.536	0.000	0.542
2038	0.000	0.006	0.000	0.006	0.442	0.052	0.000	0.026	0.520	0.000	0.526

2039	0.000	0.006	0.000	0.006	0.429	0.050	0.000	0.025	0.505	0.000	0.511
2040	0.000	0.006	0.000	0.006	0.417	0.049	0.000	0.025	0.490	0.000	0.496
2041	0.000	0.006	0.000	0.006	0.404	0.047	0.000	0.024	0.475	0.000	0.480
2042	0.000	0.066	0.000	0.066	0.391	0.046	0.000	0.023	0.460	0.000	0.526
2043	0.000	0.005	0.000	0.005	0.379	0.044	0.000	0.022	0.445	0.000	0.450
2044	0.000	0.005	0.000	0.005	0.367	0.043	0.000	0.022	0.431	0.000	0.436
2045	0.000	0.005	0.000	0.005	0.355	0.041	0.000	0.021	0.417	0.000	0.422
Total:	0.000	0.653	0.000	0.653	34.647	4.016	0.000	1.807	40.470	0.000	41.122

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_4

Alternative: Base alternative

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_4

Road Class: Main (Põhimaantee)

Length: 3.00 km

Width: 9.00 m

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.010	0.000	0.010	4.607	0.443	0.000	0.622	5.672	0.000	5.682
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.688	0.449	0.000	0.627	5.764	0.000	5.774
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.756	0.455	0.000	0.631	5.841	0.000	5.850
2019	0.000	0.009	0.000	0.009	4.812	0.459	0.000	0.633	5.904	0.000	5.913
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.857	0.462	0.000	0.635	5.954	0.000	5.963
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.819	0.458	0.000	0.627	5.904	0.000	5.912
2022	0.000	0.010	0.000	0.010	4.776	0.454	0.000	0.619	5.849	0.000	5.859
2023	0.000	0.011	0.000	0.011	4.729	0.449	0.000	0.611	5.789	0.000	5.800
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	4.679	0.444	0.000	0.602	5.726	0.000	5.737
2025	0.000	0.011	0.000	0.011	4.626	0.439	0.000	0.593	5.659	0.000	5.669
2026	0.000	0.010	0.000	0.010	4.571	0.434	0.000	0.584	5.589	0.000	5.599
2027	0.000	0.010	0.000	0.010	4.512	0.428	0.000	0.575	5.516	0.000	5.526
2028	0.000	0.010	0.000	0.010	4.452	0.422	0.000	0.566	5.440	0.000	5.450
2029	0.000	0.009	0.000	0.009	4.390	0.417	0.000	0.556	5.362	0.000	5.372
2030	0.000	0.009	0.000	0.009	4.326	0.411	0.000	0.546	5.283	0.000	5.292
2031	0.000	0.009	0.000	0.009	4.235	0.402	0.000	0.534	5.171	0.000	5.180
2032	0.000	0.008	0.000	0.008	4.146	0.393	0.000	0.521	5.060	0.000	5.068
2033	0.000	0.008	0.000	0.008	4.057	0.385	0.000	0.509	4.950	0.000	4.958
2034	0.000	0.008	0.000	0.008	3.968	0.376	0.000	0.497	4.842	0.000	4.849
2035	0.000	0.007	0.000	0.007	3.881	0.368	0.000	0.485	4.734	0.000	4.741
2036	0.000	0.007	0.000	0.007	3.772	0.358	0.000	0.470	4.600	0.000	4.607
2037	0.000	0.007	0.000	0.007	3.665	0.348	0.000	0.457	4.470	0.000	4.477
2038	0.000	0.007	0.000	0.007	3.562	0.338	0.000	0.443	4.343	0.000	4.349

2039	0.000	0.006	0.000	0.006	3.461	0.328	0.000	0.430	4.219	0.000	4.225
2040	0.000	0.006	0.000	0.006	3.363	0.319	0.000	0.417	4.099	0.000	4.105
2041	0.000	0.006	0.000	0.006	3.259	0.309	0.000	0.403	3.971	0.000	3.977
2042	0.000	0.006	0.000	0.006	3.159	0.299	0.000	0.390	3.849	0.000	3.854
2043	0.000	0.006	0.000	0.006	3.063	0.290	0.000	0.378	3.730	0.000	3.736
2044	0.000	0.005	0.000	0.005	2.972	0.281	0.000	0.365	3.618	0.000	3.623
2045	0.000	0.005	0.000	0.005	2.888	0.272	0.000	0.353	3.514	0.000	3.519
Total:	0.000	0.244	0.000	0.244	123.051	11.690	0.000	15.681	150.422	0.000	150.666

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_4

Alternative: Construction of Are bypass_var1

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_4

Length: 3.00 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.010	0.000	0.010	4.607	0.443	0.000	0.622	5.672	0.000	5.682
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.688	0.449	0.000	0.627	5.764	0.000	5.774
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.756	0.455	0.000	0.631	5.841	0.000	5.850
2019	0.000	0.009	0.000	0.009	4.837	0.459	0.000	0.633	5.928	0.000	5.937
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.805	0.455	0.000	0.626	5.886	0.000	5.894
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.768	0.451	0.000	0.618	5.838	0.000	5.846
2022	0.000	0.010	0.000	0.010	4.728	0.447	0.000	0.611	5.785	0.000	5.795
2023	0.000	0.011	0.000	0.011	4.683	0.443	0.000	0.603	5.728	0.000	5.739
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	4.635	0.438	0.000	0.594	5.667	0.000	5.678
2025	0.000	0.012	0.000	0.012	4.583	0.433	0.000	0.586	5.602	0.000	5.614
2026	0.000	0.238	0.000	0.238	4.529	0.428	0.000	0.577	5.534	0.000	5.772
2027	0.000	0.006	0.000	0.006	4.474	0.423	0.000	0.568	5.464	0.000	5.471
2028	0.000	0.006	0.000	0.006	4.415	0.417	0.000	0.559	5.391	0.000	5.397
2029	0.000	0.006	0.000	0.006	4.354	0.411	0.000	0.550	5.315	0.000	5.321
2030	0.000	0.006	0.000	0.006	4.292	0.406	0.000	0.540	5.238	0.000	5.243
2031	0.000	0.005	0.000	0.005	4.235	0.402	0.000	0.533	5.170	0.000	5.176
2032	0.000	0.005	0.000	0.005	4.146	0.393	0.000	0.521	5.060	0.000	5.065
2033	0.000	0.005	0.000	0.005	4.057	0.385	0.000	0.509	4.950	0.000	4.955
2034	0.000	0.006	0.000	0.006	3.969	0.376	0.000	0.496	4.841	0.000	4.847
2035	0.000	0.168	0.000	0.168	3.881	0.368	0.000	0.485	4.734	0.000	4.901
2036	0.000	0.004	0.000	0.004	3.765	0.358	0.000	0.470	4.593	0.000	4.597
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	3.659	0.347	0.000	0.456	4.462	0.000	4.467
2038	0.000	0.004	0.000	0.004	3.555	0.338	0.000	0.443	4.335	0.000	4.339

2039	0.000	0.004	0.000	0.004	3.454	0.328	0.000	0.430	4.211	0.000	4.215
2040	0.000	0.004	0.000	0.004	3.355	0.319	0.000	0.417	4.091	0.000	4.095
2041	0.000	0.004	0.000	0.004	3.250	0.309	0.000	0.403	3.962	0.000	3.966
2042	0.000	0.004	0.000	0.004	3.148	0.299	0.000	0.390	3.837	0.000	3.841
2043	0.000	0.122	0.000	0.122	3.049	0.289	0.000	0.377	3.716	0.000	3.839
2044	0.000	0.003	0.000	0.003	2.949	0.280	0.000	0.365	3.594	0.000	3.597
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	2.856	0.271	0.000	0.353	3.480	0.000	3.483
Total:	0.000	0.705	0.000	0.705	122.481	11.620	0.000	15.591	149.692	0.000	150.397

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_4

Alternative: Construction of Are bypass_var2

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_4

Length: 3.00 km

Width: 9.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)

Rise+Fall: 5.00 m/km

Curvature: 10.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2016	0.000	0.010	0.000	0.010	4.607	0.443	0.000	0.622	5.672	0.000	5.682
2017	0.000	0.009	0.000	0.009	4.688	0.449	0.000	0.627	5.764	0.000	5.774
2018	0.000	0.009	0.000	0.009	4.756	0.455	0.000	0.631	5.841	0.000	5.850
2019	0.000	0.009	0.000	0.009	4.837	0.459	0.000	0.633	5.928	0.000	5.937
2020	0.000	0.008	0.000	0.008	4.805	0.455	0.000	0.626	5.886	0.000	5.894
2021	0.000	0.008	0.000	0.008	4.768	0.451	0.000	0.618	5.838	0.000	5.846
2022	0.000	0.010	0.000	0.010	4.728	0.447	0.000	0.611	5.785	0.000	5.795
2023	0.000	0.011	0.000	0.011	4.683	0.443	0.000	0.603	5.728	0.000	5.739
2024	0.000	0.011	0.000	0.011	4.635	0.438	0.000	0.594	5.667	0.000	5.678
2025	0.000	0.012	0.000	0.012	4.583	0.433	0.000	0.586	5.602	0.000	5.614
2026	0.000	0.238	0.000	0.238	4.529	0.428	0.000	0.577	5.534	0.000	5.772
2027	0.000	0.006	0.000	0.006	4.474	0.423	0.000	0.568	5.464	0.000	5.471
2028	0.000	0.006	0.000	0.006	4.415	0.417	0.000	0.559	5.391	0.000	5.397
2029	0.000	0.006	0.000	0.006	4.354	0.411	0.000	0.550	5.315	0.000	5.321
2030	0.000	0.006	0.000	0.006	4.292	0.406	0.000	0.540	5.238	0.000	5.243
2031	0.000	0.005	0.000	0.005	4.235	0.402	0.000	0.533	5.170	0.000	5.176
2032	0.000	0.005	0.000	0.005	4.146	0.393	0.000	0.521	5.060	0.000	5.065
2033	0.000	0.005	0.000	0.005	4.057	0.385	0.000	0.509	4.950	0.000	4.955
2034	0.000	0.006	0.000	0.006	3.969	0.376	0.000	0.496	4.841	0.000	4.847
2035	0.000	0.168	0.000	0.168	3.881	0.368	0.000	0.485	4.734	0.000	4.901
2036	0.000	0.004	0.000	0.004	3.765	0.358	0.000	0.470	4.593	0.000	4.597
2037	0.000	0.004	0.000	0.004	3.659	0.347	0.000	0.456	4.462	0.000	4.467
2038	0.000	0.004	0.000	0.004	3.555	0.338	0.000	0.443	4.335	0.000	4.339

2039	0.000	0.004	0.000	0.004	3.454	0.328	0.000	0.430	4.211	0.000	4.215
2040	0.000	0.004	0.000	0.004	3.355	0.319	0.000	0.417	4.091	0.000	4.095
2041	0.000	0.004	0.000	0.004	3.250	0.309	0.000	0.403	3.962	0.000	3.966
2042	0.000	0.004	0.000	0.004	3.148	0.299	0.000	0.390	3.837	0.000	3.841
2043	0.000	0.122	0.000	0.122	3.049	0.289	0.000	0.377	3.716	0.000	3.839
2044	0.000	0.003	0.000	0.003	2.949	0.280	0.000	0.365	3.594	0.000	3.597
2045	0.000	0.003	0.000	0.003	2.856	0.271	0.000	0.353	3.480	0.000	3.483
Total:	0.000	0.705	0.000	0.705	122.481	11.620	0.000	15.591	149.692	0.000	150.397

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_5_var1

Alternative: Construction of Are bypass_var1

Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_5_v1

Road Class: Main (Põhimaantee)

Length: 6.40 km

Width: 14.00 m

Rise+Fall: 1.00 m/km

Curvature: 3.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2018	4.035	0.000	0.000	4.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.035
2019	0.000	0.019	0.000	0.019	9.697	0.740	0.000	0.062	10.499	0.000	10.518
2020	0.000	0.018	0.000	0.018	9.651	0.734	0.000	0.061	10.447	0.000	10.465
2021	0.000	0.017	0.000	0.017	9.594	0.729	0.000	0.060	10.383	0.000	10.400
2022	0.000	0.017	0.000	0.017	9.526	0.722	0.000	0.060	10.308	0.000	10.325
2023	0.000	0.016	0.000	0.016	9.450	0.715	0.000	0.059	10.225	0.000	10.240
2024	0.000	0.752	0.000	0.752	9.366	0.708	0.000	0.058	10.132	0.000	10.884
2025	0.000	0.015	0.000	0.015	9.260	0.700	0.000	0.058	10.017	0.000	10.031
2026	0.000	0.014	0.000	0.014	9.161	0.691	0.000	0.057	9.909	0.000	9.923
2027	0.000	0.014	0.000	0.014	9.056	0.683	0.000	0.056	9.795	0.000	9.809
2028	0.000	0.013	0.000	0.013	8.946	0.674	0.000	0.055	9.675	0.000	9.688
2029	0.000	0.013	0.000	0.013	8.831	0.665	0.000	0.054	9.551	0.000	9.563
2030	0.000	0.012	0.000	0.012	8.712	0.656	0.000	0.053	9.421	0.000	9.433
2031	0.000	0.571	0.000	0.571	8.530	0.642	0.000	0.052	9.223	0.000	9.794
2032	0.000	0.011	0.000	0.011	8.335	0.627	0.000	0.051	9.013	0.000	9.024
2033	0.000	0.011	0.000	0.011	8.155	0.613	0.000	0.050	8.818	0.000	8.828
2034	0.000	0.010	0.000	0.010	7.977	0.599	0.000	0.048	8.625	0.000	8.635
2035	0.000	0.010	0.000	0.010	7.800	0.586	0.000	0.047	8.433	0.000	8.443
2036	0.000	0.010	0.000	0.010	7.580	0.569	0.000	0.046	8.195	0.000	8.205
2037	0.000	0.009	0.000	0.009	7.365	0.553	0.000	0.045	7.963	0.000	7.972
2038	1.071	0.009	0.000	1.080	7.156	0.537	0.000	0.043	7.736	0.000	8.816
2039	0.000	0.008	0.000	0.008	6.935	0.521	0.000	0.042	7.497	0.000	7.506
2040	0.000	0.008	0.000	0.008	6.737	0.506	0.000	0.041	7.283	0.000	7.291

2041	0.000	0.008	0.000	0.008	6.526	0.490	0.000	0.039	7.055	0.000	7.063
2042	0.000	0.008	0.000	0.008	6.322	0.474	0.000	0.038	6.834	0.000	6.841
2043	0.000	0.007	0.000	0.007	6.123	0.459	0.000	0.037	6.619	0.000	6.627
2044	0.000	0.343	0.000	0.343	5.931	0.444	0.000	0.036	6.411	0.000	6.754
2045	-0.560	0.007	0.000	-0.553	5.738	0.430	0.000	0.034	6.203	0.000	5.650
Total:	4.546	1.948	0.000	6.494	218.462	16.467	0.000	1.342	236.270	0.000	242.764

All costs are discounted at: 4.00 %

Section: Are YS SEC21_5_var2
Alternative: Construction of Are bypass_var2
Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted

Sect ID: M4_21_5_v2
Length: 6.40 km

Width: 14.00 m

Road Class: Main (Põhimaantee)
Rise+Fall: 1.00 m/km

Curvature: 3.00 deg/km

Year	Road Agency Costs (RAC)				Road User Costs (RUC)					Net Social / Exogenous Cost	Total Transport Cost
	Capital	Recurrent	Special	Total RAC	MT Vehicle Operation	MT Travel Time	NMT Travel & Operation	Accidents	Total RUC		
2018	3.039	0.000	0.000	3.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.039
2019	0.000	0.019	0.000	0.019	9.693	0.740	0.000	0.062	10.495	0.000	10.513
2020	0.000	0.018	0.000	0.018	9.646	0.734	0.000	0.061	10.442	0.000	10.460
2021	0.000	0.017	0.000	0.017	9.588	0.728	0.000	0.060	10.377	0.000	10.394
2022	0.000	0.017	0.000	0.017	9.521	0.722	0.000	0.060	10.302	0.000	10.319
2023	0.000	0.016	0.000	0.016	9.444	0.715	0.000	0.059	10.218	0.000	10.234
2024	0.000	0.015	0.000	0.015	9.359	0.708	0.000	0.058	10.125	0.000	10.141
2025	0.000	0.723	0.000	0.723	9.267	0.700	0.000	0.058	10.025	0.000	10.748
2026	0.000	0.014	0.000	0.014	9.159	0.691	0.000	0.057	9.907	0.000	9.921
2027	0.000	0.014	0.000	0.014	9.054	0.683	0.000	0.056	9.792	0.000	9.806
2028	0.000	0.013	0.000	0.013	8.943	0.674	0.000	0.055	9.672	0.000	9.685
2029	0.000	0.013	0.000	0.013	8.828	0.665	0.000	0.054	9.547	0.000	9.560
2030	0.000	0.012	0.000	0.012	8.709	0.656	0.000	0.053	9.418	0.000	9.430
2031	0.000	0.012	0.000	0.012	8.526	0.641	0.000	0.052	9.219	0.000	9.231
2032	0.000	0.011	0.000	0.011	8.344	0.627	0.000	0.051	9.022	0.000	9.033
2033	0.000	0.528	0.000	0.528	8.164	0.613	0.000	0.050	8.827	0.000	9.355
2034	0.000	0.010	0.000	0.010	7.973	0.599	0.000	0.048	8.621	0.000	8.631
2035	0.000	0.010	0.000	0.010	7.796	0.586	0.000	0.047	8.429	0.000	8.439
2036	0.000	0.010	0.000	0.010	7.576	0.569	0.000	0.046	8.191	0.000	8.200
2037	0.000	0.009	0.000	0.009	7.361	0.553	0.000	0.045	7.958	0.000	7.967
2038	0.000	0.009	0.000	0.009	7.151	0.537	0.000	0.043	7.731	0.000	7.740
2039	0.000	0.008	0.000	0.008	6.947	0.521	0.000	0.042	7.510	0.000	7.519
2040	0.000	0.401	0.000	0.401	6.748	0.506	0.000	0.041	7.295	0.000	7.696

2041	0.000	0.008	0.000	0.008	6.528	0.490	0.000	0.039	7.057	0.000	7.065
2042	0.000	0.008	0.000	0.008	6.322	0.474	0.000	0.038	6.834	0.000	6.842
2043	0.000	0.007	0.000	0.007	6.123	0.459	0.000	0.037	6.619	0.000	6.626
2044	0.000	0.007	0.000	0.007	5.929	0.444	0.000	0.036	6.410	0.000	6.416
2045	-0.263	0.007	0.000	-0.257	5.742	0.430	0.000	0.034	6.207	0.000	5.950
Total:	2.776	1.934	0.000	4.710	218.442	16.466	0.000	1.342	236.250	0.000	240.960

All costs are discounted at: 4.00 %

Lisa 6. KAP võrdlus

	Normikohane	SKPK	Stabilroad	M10+50	€/m2/cm
SMA	4	5	5	5	1,658
AC surf	4	5	5	5	1,258
AC base	7	7	7	7	0,676
KS32	12	18	18	18	0,572
StabilRoad			30		0,233
M10+50				30	0,247
Paekillustik	15	20			0,204
Kruusliiv	108	45			0,117
	38,944	38,937	36,592	36,992	€/m2
Kandevõime	351,36	394,31	327,19	336,84	MPa

bituumenisisaldus 3%,
tsemendisisaldus 1,5%

- 0,39 KS tavahind (frees ei maksa midagi, pool bituumenit ja tsement on hinna sees)
- 0,258 killustiku cm (kirja läheb pool sellest)
- 0,0525 lisabitumen (kokku 3 kg/m2, pool bituumenit on KS hinnas)

Stabiliseeritud pinnase elastsusmooduli (kandevõime) optimeerimine ja ühikhinna täpsustamine vajavad eraldi tööd
 Uutest materjalidest KS32 hind on kalkuleeritud tuginedes olemasolevatele hindadele ja vajaks kontrollimist
 Eeldame, et liiva ja killustiku veokaugused on lähedased.

KATENDI ARVUTUS
Are - normikohane

Koormussagedus: 7055 normtelge ööp/raja

Maantee klass: 2

Teekatendi liik: Püsikatend

Lisainfo:

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhälbetegur: 1,71

Pinnas: Kruusliivja jämeliiv

Katendi omadused ei sõltu niiskuspakkonnast

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve kattele: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline ,0,85 paariratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK											Mitteprinditavad väärtused		
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E _{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe- pinged R _{max}	Lubata- vad tõmbe- pinged R _{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihide seotistegur K3	Asfaltbetooni tõmbetugevus R	Materjali- tegur	Materjali soojus- ekvivalent
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C		Mpa		
1	Killustikmastiksfalt - SMA	3,0	3200	1800	4500						2,8	1	1,15
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600						2,4	1	1,15
3	Kuum poome asfaltbetoon - ACbase	7,0	1400	800	2200	0,9016	0,9703				1,6	1	1,22
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel sega	12,0	600									1	1,1
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	15,0	280									1	1,07
ALUS	Kruusliivja jämeliiv		130,0					42,0	0,007	7,0			

ARVUTUSE TULEMUSED									
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			7,3%	351,36	321,46	
1	Killustikmastiksfalt - SMA	3,0					351,36		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					323,64		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			5,1%	285,73		
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel sega	12,0					226,97		
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	15,0					166,91		
	Kruusliivja jämeliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0125	0,0144	10,8%			-
	Katendi kogupaksus	41,0					Parandustegur Δ		

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	57
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomust	5,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	8,4
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	-110,4%
* redutseeritud paksust korrigeeriti koefitsiendiga 0,8			
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge EI OLE lubatud piirides		

KATENDI ARVUTUS

Are - normikohane

Koormussagedus: 7055 normtelge ööp/rajale

Pinnas: kerge liivsavi, raske liivsavi, savid

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Maantee klass: 2

Tugevustegur: 1,00

Niiskuspakkond: 2, niiske

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Teekatendi liik: Püsikatend

Töökindlustegur: 0,95

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0,03

Erisurve kattede: 0,6 MPa

Normhõlbetegur: 1,71

L1.T3 p5; +0,03=0,03

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Lisainfo:

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK											Mitteprinditavad väärtused		
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E _{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R _{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R _{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3	Asfaltbetooni tõmbetugevus R	Materjali-tegur	Materjali soojus-ekvivalent
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C		Mpa		
1	Killustikmastikasfalt - SMA	4,0	3200	1800	4500						2,8	1	1,15
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0	2400	1200	3600						2,4	1	1,15
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	1400	800	2200	0,8077	0,9703				1,6	1	1,22
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel sega	18,0	600									1	1,1
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0	280									1	1,07
6	Kruusliiv ja jämeliiv	73,0	130					42,0	0,007	7,0		1	0,88
ALUS	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		27,8					12,4	0,010	1,5			

ARVUTUSE TULEMUSED									
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul Mpa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			20,7%	394,31	321,46	
1	Killustikmastiksfalt - SMA	4,0					394,31		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0					350,02		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			14,8%	293,44		
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel sega	18,0					234,42		
5	Killustik (graniit või lubjakivi)	20,0					138,45		
6	Kruusliiv ja jämeliiv	73,0	Nihkepinged	0,0034	0,0144	74,1%	86,80		
	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0,0043	0,0044	0,4%			0,815
	Katendi kogupaksus	127,0					Parandustegur Δ		0,052

Arvutus külmakindlusele			
1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	155
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomust	5,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	-3,8
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	194,5%
* redutseeritud paksust korrigeeriti koefitsiendiga 0,8			
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakeerge on lubatud piirides		

KATENDI ARVUTUS

Are - normikohane

Koormussagedus: 7055 normtelge ööp/raja

Maantee klass: 2

Teekatendi liik: Püskatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhålbetegur 1,71

Pinnas: kerge liivsavi, raske liivsavi, savid

Niiskuspaiikkond: 2, niiske

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0,03

L1.T3 p5; +0,03=0,03

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve kattede: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

Lisainfo:

ARVUTUSE KÄIK											Mitteprinditavad väärtused		
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E _{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R _{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R _{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihide seotistegur K3	Asfaltbetooni tõmbetugevus R	Materjali-tegur	Materjali soojus-ekvivalent
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C		Mpa		
1	Killustikmastiksfalt - SMA	4,0	3200	1800	4500						2,8	1	1,15
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0	2400	1200	3600						2,4	1	1,15
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	1400	800	2200	0,9055	0,9703				1,6	1	1,22
4*	KS uutest materjalidest teel segatud	18,0	800									1	1
5*	Stabilroad savipinnase stabiliseerimine	30,0	300	300	300	0,0835	0,2340				0,25	1	1,1
6	Peenliiv	5,0	100					38,0	0,005	5,0		1	0,89
ALUS	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		24,7					10,7	0,008	1,5			

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED									
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			-0,2%	327,19	321,46	
1	Killustikmastiksfalt - SMA	4,0					327,19		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0					284,95		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			4,7%	238,72		
4*	KS uutest materjalidest teel segatud	18,0					186,20		
5*	Stabilroad savipinnase stabiliseerimine	30,0	Tõmbepinged ts. stab. kihis			62,3%	86,50		
6	Peenliiv	5,0	Nihkepinged	-0,0011	0,0073	113,4%	27,72		
	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0,0070	0,0035	-101,2%			0,867
	Katendi kogupaksus	69,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

Hinnang külmakindlusele	Külmakindlusele vastavust ei arvutatud
-------------------------	--

KATENDI ARVUTUS

Are - normikohane

Koormussagedus: 7055 normtelge ööp/rajalet

Maantee klass: 2

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhålbetegur 1,71

Pinnas: kerge liivsavi, raske liivsavi, savid

Niiskuspaiikkond: 2, niiske

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0,03

L1.T3 p5; +0,03=0,03

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje låbimõõt: 37 cm

Erisurve kattele: 0,6 MPa

Koormus: Dõnaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

Lisainfo:

ARVUTUSE KÅIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast-susmoodul E _{ekv} arvutamiseks	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast-susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe-pinged R _{max}	Lubata-vad tõmbe-pinged R _{lub}	Sise-hõõrde-nurk	Nidusus	Kihide seotistegur K3	Mitteprinditavad väärtused		
											Asfaltbetooni tõmbetugevus R	Materjali-tegur	Materjali soojus-ekvivalent
											Mpa		
1	Killustikmastiksfalt - SMA	4,0	3200	1800	4500						2,8	1	1,15
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0	2400	1200	3600						2,4	1	1,15
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	1400	800	2200	0,8904	0,9703				1,6	1	1,22
4*	KS uutest materjalidest teel segatud	18,0	800									1	1
5*	M10+50	30,0	430									1	1
ALUS	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid	24,7						10,7	0,008	1,5			

* Kasutaja poolt lisatud / muudetud materjal

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastus-moodul Mpa	Vajalik elastus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastusmoodul			2,8%	336,84	321,46	
1	Killustikmastiksfalt - SMA	4,0					336,84		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0					294,19		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			6,2%	246,63		
4*	KS uutest materjalidest teel segatud	18,0					192,85		
5*	M10+50	30,0					90,73		
	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0,0071	0,0035	-104,7%			0,867
	Katendi kogupaksus	64,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

Hinnang külmakindlusele	Külmakindlusele vastavust ei arvutatud
-------------------------	--