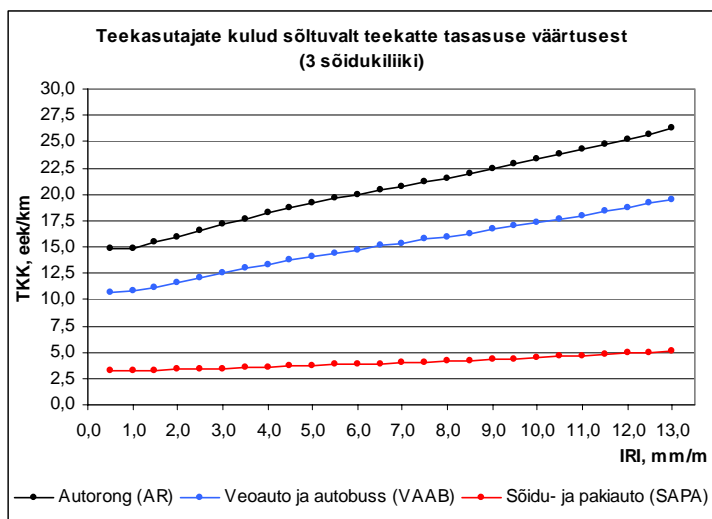


# Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte seisukorra näitajatest

AS Teede Tehnokeskus

2005-44



MAANTEEAMET

Tallinn 2005

**AS TEEDE TEHNOKESKUS**  
PMS GRUPP

**TEEKASUTAJA KULUDE  
SÕLTUVUS TEEKATTE  
SEISUKORRA NÄITAJATEST**

Aruande koostas: Tiit Kaal,  
PMS-grupi projektijuht

**Tallinn**  
2005

## SISUKORD

Eessõna .....	4
1. Sissejuhatus .....	5
2. Teekatte seisukorra andmete tundlikkusanalüüs .....	7
2.1. Analüüsi kirjeldus .....	7
2.2. Teekatte tasasus .....	8
2.3. Teekatte roopa sügavus .....	9
2.4. Teekonstruktsiooni kandevõime (tugevus) .....	10
2.5. Teekatte defektid .....	11
2.5.1. Kogu pragunenud ala (Total area of cracking) .....	11
2.5.2. Murenenud ala (Ravelled area) .....	13
2.5.3. Augud (Number of Potholes) .....	14
2.5.4. Serva defektid (Edge Break Area) .....	15
2.6. Kokkuvõtte teekatte seisukorra andmete tundlikkusanalüüsist .....	16
3. Teekatte seisukorra andmete arengukoefitsiendid .....	17
3.1. Analüüsi kirjeldus .....	17
3.2. Teekatte tasasuse areng .....	17
3.2.1. Enne 1995 aastat ehitatud teekatted .....	18
3.2.2. Pärast 1995 aastat ehitatud teekatted .....	18
3.2.3. Kokkuvõtte teekatte tasasuse arengust .....	23
3.3. Teekatte defektide areng .....	24
3.3.1. Enne 1995 aastat ehitatud ja pinnatud teekatted .....	24
3.3.2. Pärast 1995 aastat ehitatud teekatted .....	28
3.3.2.1. Defektid pindamata teekattel .....	28
3.3.2.2. Defektid teekattel pärast esimest pindamist .....	31
3.3.3. Kokkuvõtte teekatte defektide arengust .....	34
3.4. Teekatte seisukorra andmete arengukoefitsientide määratlemine ..	36
3.4.1. Teekatte tasasuse arengukoefitsiendid .....	37
3.4.2. Teekatte defektide arengukoefitsiendid .....	39

---

3.4.2.1. Aukude arv .....	39
3.4.2.2. Murenemine .....	40
3.4.2.3. Pragunenud ala .....	41
3.4.2.4. Serva defekt .....	42
3.4.2.5. Defekti ala .....	43
3.4.2.6. Kokkuvõte defektide arengukoefitsientidest .....	46
4. Teekasutaja kulud .....	47
4.1. Kolm sõidukiliiki .....	47
4.2. Kümme sõidukiliiki .....	49
5. Kokkuvõte .....	51
Kasutatud kirjandus .....	52

## Eessõna

Uurimistöö “Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte seisukorra näitajatest” on teostatud Maanteeameti tellimusel. Antud uurimistöö põhineb tarkvara HDM-4 (Highway Development & Management ) omadustel ja võimalustel. Uurimistöö tulemused võimaldavad HDM-4 tarkvaraga tehtud analüüsidele saada täpsemaid ja usaldatavamaid tulemusi ning seda nii objekti-, programmi-, kui ka strateegilise analüüsi tasandil. Antud uurimistöö tulemusi on võimalik rakendada ka teistes tarkvarades ja uurimistöodes analüüside tegemisel ning tänu antud uurimistööle on võimalik erinevate analüüside lähteandmeid ühtlustada.

Uurimistöö jaguneb kolme eraldi osasse. Esimeses osas on teostatud HDM-4 tarkvaras kasutatavatele teekatte seisukorra andmetele tundlikkusanalüüs, eesmärgiga välja selgitada erinevate teekatte seisukorra andmete mõju teekasutajate kuludele. Teekatte seisukorra andmetest on vaatluse all erinevad teekatte defektid vastavalt tarkvara HDM-4 määratlustele, teekattel esinev roopa sügavus, teekonstruktsiooni tugevust iseloomustav läbipainde suurus (anduri D0 lugem 700 kPa koormuse juures) ning teekatte tasasuse IRI-väärtus (International Roughness Index)

Uurimistöö teises osas on vaadeldud täpsemalt neid teekatte seisukorra parameetreid, mis avaldavad otseselt mõju teekasutaja kulude muutumisele. Määratletud on nende teekatte seisukorra andmete arengukoefitsientide väärtused tarkvaras HDM-4. Aluseks on seni tehtud uurimistööd, eksperthinnangud ning spetsiaalselt selle uurimistöö jaoks teostatud andmetöötlus.

Uurimistöö kolmandas osas on tarkvaraga HDM-4 arvutatud konkreetsete teekasutaja kulude väärtused erinevatele sõidukiliikidele erinevate teekatte tasasuse väärtuste juures (0,5 ühiku suuruse sammuga alates väärtusest 0,5 mm/m kuni väärtuseni 13,0 mm/m). Sõidukid on jagatud kolmeks liigiks ja kümneks liigiks vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt 2003 aastal tehtud sõiduki- ja ajakulude uurimistööle. Antud uurimistöö tulemustest on 2005.a. korrigeeritud auto mootorikütuse maksumust ja tööjõukulusid (seisuga 01.07.05.a.).

## 1. Sissejuhatus

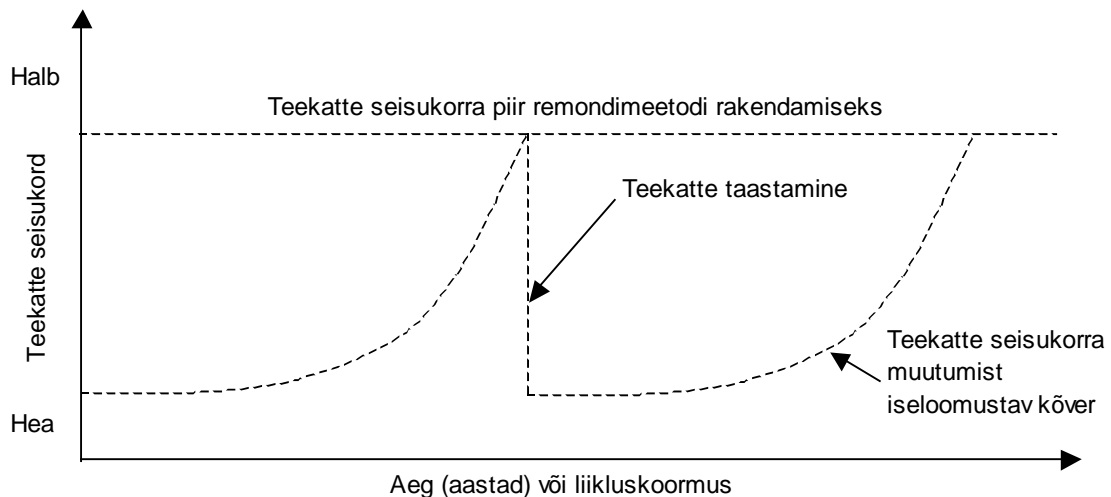
HDM-4 tarkvara analüüs põhineb teekatete elueatsükli (life cycle) analüüsimisel. Antud põhimõttel ennustatakse teekattel eluea jooksul toimuvaid muudatusi:

- teekatte seisukorras;
- remondimeetmete mõjus;
- teekasutajate kuludes;
- sotsiaal-majanduslikes ning keskkonna tingimustes.

Kui teekate on ehitatud, hakkavad selle lagunemist mõjutama järgmised faktorid:

- liikluskoormus;
- keskkonna mõjud, kliima tingimused;
- probleemid niiskusrežiimides.

Teekatete seisukorra muutus, nende lagunemise kiirus ning arenevate defektide liigid ja hulk on otseselt seotud rakendatavate töömeetodite ja hooldusstandardite põhjalikkusega. Teekatte seisukorra põhimõtteline muutumine ta eluea jooksul on esitatud graafikul 1.1.1.

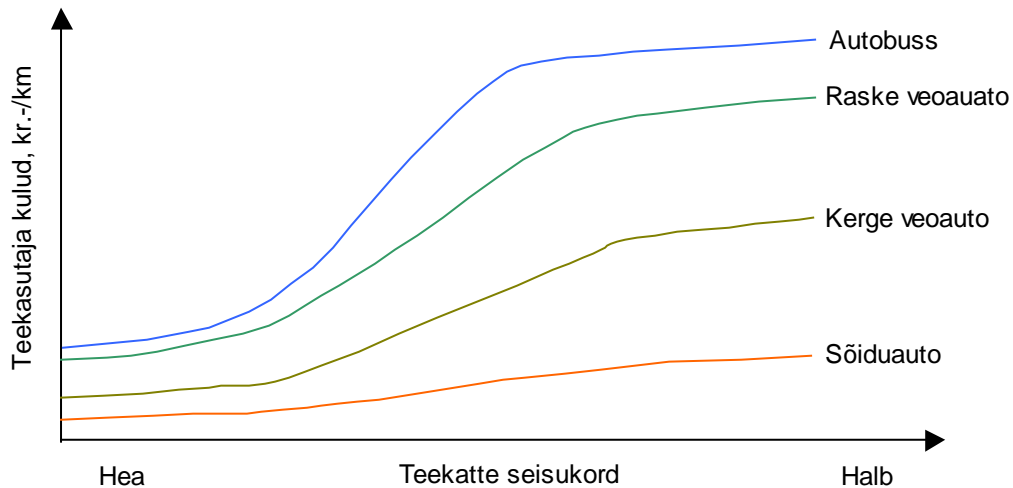


Graafik 1.1.1. Teekatte eluea kontseptsioonil põhinev analüüsi meetod HDM-4 tarkvaras

Teekatte seisukorra mõju teekasutajatele mõõdetakse teekasutaja kuludega ja muude saavutatavate sotsiaalsete ning keskkonna alaste efektidega. Teekasutaja kulud (TKK) jagunevad:

- sõiduki haldamise kulud (kütus, rehvid, määrdeained, varuosad, amortisatsioon, jne.);
- sõiduaja kulud, seda nii reisijatele kui ka kaubale;
- liiklusõnnetuse kulud (s.t. inimhukkude ja -vigastuste kulud ühiskonnale, kahjud sõidukitele ja teistele teeäärsetele objektidele).

Antud uurimistöös on analüüsitud eelpool toodud kuludest kahe esimese, ehk siis sõiduki haldamise ja sõiduaja kulude muutumist lähtuvalt teekatte seisukorra andmete muutumisest. Muutusi liiklusõnnetuste kuludes vaadeldud ei ole. Põhimõtteline teekasutaja kulude jagunemine erinevate sõidukiliikide osas on toodud graafikul 1.1.2.



Graafik 1.1.2. Teekasutaja kulude jagunemine sõidukiliikide kaupa

## 2. Teekatte seisukorra andmete tundlikkusanalüüs

Uurimistöö antud osas on uuritud tarkvara HDM-4 erinevate teekatte seisukorra andmete muutumise mõju teekasutaja kuludele. Vaadeldud on teekatte defekte, roopa sügavust, teekonstruktsiooni tugevust ja teekatte taset vastavalt tarkvara HDM-4 andmete määratlustele.

### 2.1. Analüüsi kirjeldus

Analüüsi tegemiseks on HDM tarkvarasse sisestatud teedevõrk, mis koosneb erinevas seisukorras teelõikudest. Aluseks on võetud 1 km pikkune n.n. standard parameetritega teelõik, mille põhilised andmed on järgmised:

- 7 m laiuse sõiduteega kahe-suunaline maantee;
- 10 cm asfaltbetoonkate killustikalusel;
- aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus, AKÖL 2000 autot/ööp;
- üldine kiiruspiirang 90 km/h;
- teekonstruktsioon on ehitatud 1960.a. ja teekatte on viimati uuendatud 1995.a. Rutiinset hooldust tehakse sellele teelõigule igal aastal.

Teedevõrgu moodustavad teelõigud on erinevas seisukorras vastavalt järgnevates peatükkides toodud kirjeldustele. Igat analüüsitud teekatte seisukorra andmeliiki on muudetud.



## 2.2. Teekatte tasasus

Teekatte tasasus on kirjeldatud tarkvaras HDM-4 IRI-arvuga (International Roughness Index). Teekatte tasasuse muutumist mõjutavad HDM-4 tarkvaras mitmed erinevad parameetrid:

- teekatte defektid;
- teekatte deformatsioon;
- rakendatavad hooldus- ja remonditööd;
- keskkonna- ja kliimatingimused.

Tundlikkusanalüüsiga teekatte tasasuse mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva tasasuse väärtusega standard teelõiku. Analüüsis kasutatud IRI-arvude väärtused on 1,0 mm/m, 3,0 mm/m ja 5,0 mm/m. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.2.

*Tabel 2.2. Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte tasasusest*

Teekatte tasasus, IRI	Teekatte tasasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
1,0 mm/m	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
3,0 mm/m	3,68	3,373	0,080	3,453	12,277	0,319	12,595	17,346	0,217	17,563
5,0 mm/m	6,12	3,627	0,081	3,708	13,818	0,325	14,143	19,418	0,221	19,640

Teostatud teekatte tasasuse väärtuste tundlikkusanalüüs näitas, et teekatte tasasus mõjutab otseselt teekasutaja kulusid. Väga tugevalt mõjutab teekatte tasasus sõiduki kulusid. Mõju ajakuludele on mõnevõrra väiksem.

### 2.3. Teekatte roopa sügavus

Teekatte roopa sügavus on määratletud HDM-4 tarkvaras järgmiselt:

- roopa sügavus on maksimaalne mõõdetud sügavus sõiduteega põiki sõidujälje kohale asetatud 2 meetrise lati all.

HDM-4 tarkvara roopa sügavuse mudel arvestab nelja erinevat põhjust roopa tekkimiseks ja arenguks. Need on:

- teekatte järeltihenemine pärast ta valmimist, ehk n. n. algroobas;
- teekonstruktsiooni deformatsioon, ehk n. n. vajumisroobas;
- plastiline deformatsioon, ehk n. n. vajumisroobas;
- teekatte kulumine tingituna naastrehvidest, ehk n. n. kulumisroobas.

Nende nelja erineva roopa sügavuse kogusumma on väärtus, mis võrdub HDM-4 roopa sügavuse väärtusega.

Tundlikkusanalüüsiga roopa sügavuse mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva roopa sügavusega standard teelõiku. Analüüsis kasutatud roopa sügavuste väärtused on 10 mm, 20 mm ja 30 mm. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.3.

*Tabel 2.3. Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte roopa sügavusest*

Roopa sügavus	Teekatte tasetasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
10 mm	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
20 mm	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
30 mm	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Analüüsi tulemustest saab järeldada, et teekattel esinev roopa sügavus HDM-4 tarkvara teekasutaja arvutusmudelil kuludele mõju ei avalda. Teekatte tasetasuse väärtus muutub 5 aasta jooksul sarnaselt sõltumata roopa sügavuse algväärtusest.

## 2.4. Teekonstruktsiooni kandevõime (tugevus)

Teekonstruktsiooni kandevõime ehk tugevus on määratletud HDM-4 tarkvaras struktuuri numbriga (structural number SNP). Struktuuri numbri arvutamiseks on kolm võimalust:

- lähtudes langeva koormusega seadmega (FWD seadmega) mõõdetud läbipaindest (anduri D0 lugem 700 kPa koormuse juures);
- Benkelmani talaga saadud mõõtmistulemusest;
- lähtudes teekonstruktsiooni kihtide omadustest ja nende paksustest.

Kuna Eestis on kasutusel FWD-tüüpi seade, siis on analüüsitud selle meetodiga arvutatud struktuuri numbri erinevate väärtuste mõju teekasutaja kuludele. Tundlikkusanalüüsiga teekonstruktsiooni tugevuse mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva tugevusega standard teelõiku. Analüüsis kasutatud läbipained ja arvutatud struktuurinumbri on vastavalt 0,2 mm ja SNP=8,82; 0,4 mm ja SNP=5,70; 0,6 mm ja SNP=4,41. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.4.

Tabel 2.4. Teekasutaja kulude sõltuvus teekonstruktsiooni tugevusest

Läbi- paine ja SNP	Teekatte tasasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
0,2 mm ja 8,8	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
0,4 mm ja 5,7	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
0,6 mm ja 4,4	1,25	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Analüüsi tulemustest saab järeldada, et teekonstruktsiooni tugevuse väärtuste muutumine HDM-4 tarkvara teekasutaja arvutusmudelil teekasutaja kuludele mõju ei avalda. Teekatte tasasuse väärtuse osas on näha, et nõrgema teekonstruktsiooni puhul muutub teekatte tasasus halvemaks natukene kiiremini (5 aasta jooksul on erinevus 0,01 ühikut).

## 2.5. Teekatte defektid

### 2.5.1. Kogu pragunenud ala (Total area of cracking)

Kogu pragunenud ala arvutatakse HDM-4 tarkvaras järgmise valemi alusel:

$$ACRA=ACA+ACT, kus$$

ACRA – kogu pragunenud ala (total area of cracking), %

ACA – kogu struktuuri pragude ala (area of all structural cracking), %

ACT – temperatuurist tingitud põikpragude ala (area of transfers thermal cracking), %

Struktuuri pragudeks (ACA) loetakse HDM-4 tarkvaras neid pragusid, mis on tekkinud teekattele tingituna koormamisest, vananemisest ja keskkonnamõjudest. Pragunenud ala arvutamiseks eeldatakse joonpragude laiuseks 0,5 m, sõltumata kas tegemist on laiade või kitsaste pragudega.

Põikpragude tekkimise põhjuseks loetakse HDM-4 tarkvaras eelkõige temperatuuri kõikumisi. Põikpragude ala arvutatakse valemiga:

$$ACT=NCT/20, kus$$

NCT – põikpragude arv

Kogu pragunenud ala näitab protsentuaalselt kui palju on sõidutee pinnast lagunenud. Kogu pragunenud ala saamiseks summeeritakse struktuuripragude ala ja põikpragude ala.

Eestis inventeeritakse pragudest kitsast ja laia vuugipragu, kitsast ja laia pikipragu ning võrkpragu. Nendest võrkpragu inventeeritakse pindalana, teised jooksva meetrina. Eestis inventeeritavate pragude teisendamiseks HDM-4 tarkvara jaoks tuleks kasutada järgmist valemit:

$$ACRA=(PP/20)+100*((KVP+LVP+KPP+LPP)*0,5+VP)/STP, kus$$

ACRA – pragunenud ala osa sõidutee pindalast, %

PP – põikpragude arv, tk

KVP – kitsas vuugipragu, m

LVP – lai vuugipragu, m

KPP – kitsas pikipragu, m

LPP – lai pikipragu, m

VP – võrkpragu, m<sup>2</sup>

STP – sõidutee pindala, m<sup>2</sup>

Tundlikkusanalüüsiga kogu pragunenud ala mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva pragunenud alaga standard teelõiku. Analüüsis kasutatud pragunenud ala väärtused on vastavalt 0%, 5% ja 10%. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.5.1.

*Tabel 2.5.1. Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte kogu pragunenud ala väärtusest.*

Kogu pragunenud ala ACRA	Teekatte tasetasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
0%	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
5%	1,28	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
10%	1,31	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Analüüsi tulemustest saab järeldada, et teekatte kogu pragunenud ala HDM-4 tarkvara teekasutaja arvutusmudelil teekasutaja kuludele otsest mõju ei avalda. Teekatte tasetasuse väärtuse osas on näha, et suurema pragunenud alaga teekattel areneb teekatte ebatasasus selgelt kiiremini, mis omakorda mõjutab ka teekasutaja kulude arengut.

## 2.5.2. Murenenud ala (Ravelled area)

Murenemiseks loetakse HDM-4 tarkvaras materjali kadu teekatte kulumiskihist ilmastiku või liikluskoormuse mõjul. Murenemise ühikuks on % sõidutee pinnast. Murenemine loetakse alanuks, kui 0,5% sõidutee pindalast on tekkinud materjali kadu. Vastavalt HDM-4 juhendile esineb murenemist eelkõige halvasti ehitatud või õhukeste bituumsete katete juures (näiteks pindamine). Tunduvalt vähem peaks esinema murenemist hea kvaliteediga kuumadest asfaltbetoonsegudest kihtide puhul.

Eestis inventeeritakse murenemist pindalana. Selle üleviimiseks HDM-4 tarkvarasse tuleks kasutada valemit

$$ARV=100*MR/STP, kus$$

ARV – murenenud ala, %

MR – inventeeritud murenemine, m<sup>2</sup>

STP - sõidutee pindala, m<sup>2</sup>

Tundlikkusanalüüsiga teekatte murenemise mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva murenemise alaga standard teelõiku. Analüüsis kasutatud murenenud ala väärtused on vastavalt 0%, 5% ja 10%. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.5.2.

Tabel 2.5.2. Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte murenemisest.

Murenenud ala ARV	Teekatte tasasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
0%	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
5%	1,42	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
10%	1,44	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Analüüsi tulemustest saab järeldada, et teekattel esinev murenemine HDM-4 tarkvara teekasutaja arvutusmudelil teekasutaja kuludele otsest mõju ei avalda. Teekatte tasasuse väärtuse areng sõltub teekatte murenemise väärtustest.

### 2.5.3. Augud (Number of Potholes)

Löökaugud tekivad teekattele, mis on eelnevalt pragunenud või murenenud. Löökaugude tekkimise protsessi kiirendab vesi. HDM-4 tarkvara mudelis loetakse löökaugu pindalaks 0,1 m<sup>2</sup>. Löökaugu mahtuvuseks arvestatakse 10 l, ehk siis löökaugu sügavus on 100 mm. Löökaugude sisestatakse HDM-4 mudelisse arvuna kilomeetri kohta.

Eestis inventeeritakse löökaugude tükidena ja ühe augu arvestuslikuks pindalaks arvestatakse 1 m<sup>2</sup> ning sügavuseks alates 2,5 cm. Seega tuleks Eestis inventeeritud löökaugude üleviimiseks HDM-4 mudelisse kasutada valemit:

$$APT = (LA/10)/SP, kus$$

APT – löökaugude arv vastavalt HDM-4 mudelile, tk/km

LA – löökaugude arv vastavalt Eestis inventeeritule, tk

SP – teelõigu pikkus, km

Tundlikkusanalüüsiga teekattel esinevate löökaugude mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva löökaugude arvuga standard teelõigu. Analüüsis kasutatud löökaugude arvud on vastavalt 0 tk/km, 5 tk/km ja 10 tk/km. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.5.3.

Tabel 2.5.3. Teekasutaja kulude sõltuvus teekattel esinevatest löökaugudest.

Löökaugude arv APT	Teekatte tasasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
0 tk/km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
5 tk/km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
10 tk/km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Analüüsi tulemustest saab järeldada, et teekattel esinevad löökaugud HDM-4 tarkvara teekasutaja arvutusmudelil kuludele otsest mõju ei avalda. Sarnane on olukord ka teekatte tasasuse osas. Põhjuseks on see, et rutiinse hoolduse käigus reeglina löökaugud remonditakse esmajärjekorras ja neil ei lasta tekkida ja areneda.

#### 2.5.4. Serva defektid (Edge Break Area)

Serva defektideks loetakse materjali kadu kattest või alusest teekatte ääres. Serva defekte esineb eelkõige kitsastel teedel, kus teepeenar on sidumata või kus sõidukite rattad liiguvad lähedal teekatte servale. Serva defekti ühikuks on m<sup>2</sup>/km. Arvutuste käigus ja remondimahtude saamiseks korrutatakse antud suurus 100 mm-ga (sama sügavus kui löökaugul). HDM-4 mudel lubab serva defektil tekkida ja areneda teekatetel, mille laius on maksimaalselt 7,5 m. Laiematel teekatetel serva defekte ei esine.

Eestis inventeeritakse serva defekte jooksva meetrina, kusjuures eeldatakse, et serva defekti laius on 20 cm. Eestis inventeeritava serva defekti väärtuse üleviimiseks HDM-4 tarkvara mudelisse tuleks kasutada järgmist valemit:

$$ASD = (SD * 0,2) / SP, \text{ kus}$$

ASD – serva defektide hulk vastavalt HDM-4 mudelile, m<sup>2</sup>/km

SD – serva defektid vastavalt Eestis inventeeritule, m

SP – teelõigu pikkus, km

Tundlikkusanalüüsiga teekattel esineva serva defekti mõju uurimiseks teekasutaja kuludele on võrreldud omavahel kolme erineva serva defekti arvuga standard teelõiku. Analüüsis kasutatud serva defektide väärtused on vastavalt 0 m<sup>2</sup>/km, 10 m<sup>2</sup>/km ja 100 m<sup>2</sup>/km. Analüüsi tulemused on toodud tabelis 2.5.4.

Tabel 2.5.4. Teekasutaja kulude sõltuvus teekattel esinevast serva defektist.

Serva defektid ASD	Teekatte tasasus 5 aasta pärast, IRI mm/m	Teekasutaja kulud, kr./km								
		Sõidu- ja pakiautod			Veoautod ja autobussid			Rasked veoautod		
		Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK	Sõiduki kulud	Aja kulud	Kulud kokku TKK
0 m <sup>2</sup> /km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
10 m <sup>2</sup> /km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269
100 m <sup>2</sup> /km	1,24	3,346	0,080	3,426	12,119	0,318	12,437	17,053	0,216	17,269

Serva defektid teekasutaja kuludele mõju ei avalda. Ka ei muutu teekatte tasasus serva defektide suurenemisel.



## 2.6. Kokkuvõte teekatte seisukorra andmete tundlikkusanalüüsist

Tundlikkusanalüüsiga on uuritud teekatte tasasuse, teekattel esineva roopa sügavuse, teekonstruktsiooni tugevuse, kogu pragunenud ala, murenenud ala, löökaukude arvu ja serva defektide väärtuste muutumise mõju teekasutaja kuludele.

Teekatte seisukorra andmetele tehtud tundlikkusanalüüs HDM-4 tarkvaraga näitas, et otsest mõju avaldab teekasutaja kuludele teekatte tasasuse väärtuse (IRI\_arv) muutumine. Kaudselt, läbi teekatte tasasuse väärtuse muutumise, mõjutavad teekasutaja kulusid kogu pragunenud ala suurus, murenenud ala suurus ning väga vähesel määral teekonstruktsiooni tugevus (struktuuri number). Üldse ei mõjuta teekasutaja kulude arengut teekattel esinev roopa sügavus, löökaukude arv (kuna need parandatakse praktiliselt kohe kui nad tekivad) ja serva defektid.

HDM-4 tarkvarasse sisestavatest teekatte seisukorra andmetest ei ole vaadeldud tekstuuri sügavuse ning haardeteguri (SCRIM 50 km/h) muutumise mõju teekasutaja kulude muutumisele, kuna antud parameetreid Eestis teedevõrgu tasemel ei mõõdeta ja seetõttu puudub informatsioon antud parameetrite üldise olukorra kohta.

Uurimistöö teises osas (teekatte seisukorra andmete arengukoefitsientide määramine) on vaadeldud teekatte seisukorra andmetest teekatte tasasust, pragunenud ala, murenemise ala ja kogu defekti ala.

### 3. Teekatte seisukorra andmete arengukoefitsiendid

Uurimistöö antud osas on määratletud tarkvaras HDM-4 sisalduvatele erinevatele teekatte seisukorra andmetele arengukoefitsientidele väärtused, mis tagavad teekatte seisukorra andmete mudelite töötamise vastavalt Eesti kohalikele tingimustele. Selleks on esmalt uuritud teekatte seisukorra andmete (need, mis mõjutavad teekasutajate kulusid, ehk siis teekatte tasasus ja defektid) arengut. Analüüsi teostamisel on kasutatud eelnevatel aastatel tehtud uuringuid, ekspert arvamusi ning spetsiaalselt teostatud andmetöötlust.

#### 3.1. Analüüsi kirjeldus

Teekatte seisukorra andmete arengu uurimine eeldab teatud lähteparameetrite määratlemist. Uurimistöö tegemiseks on esmalt määratletud olemasolev teekatend ja selle seisukord. Seejärel on vaadeldud kahte olukorda:

- jätkatakse olemasoleva teekatte hooldust (aukude lappimist ja pragude täitmist ning vajadusel teostatakse korduspindamine) nii nagu seda hetkel Eestis praktiseeritakse;
- teekattele tehakse taastusremont, mille käigus olemaolev kate freesitakse, tehakse stabiliseeritud alus ja sellele paigaldatakse asfaltbetoon kihid.

Mõlema olukorra jaoks on määratletud teekatte seisukorra andmete arengukoefitsientide väärtused nii, et need vastaksid tegelikule olukorrale nii hästi kui võimalik.

#### 3.2. Teekatte tasasuse areng

Teekatte tasasuse muutumist aastate jooksul on uuritud viimase 5 aasta jooksul kahe uurimistöö käigus:

- "1995-2000 aastal ehitatud katete seisukorra analüüs", Tallinn 2001, AS Teede Tehnokeskuse PMS-grupp;
- "Tasasuse arengust enne 1995.a. ehitatud katetel", Tallinn 2004, Maanteeameti PMS tööühm.

Esimene uurimistöö hõlmas neid teekatteid, mis on ehitatud 1995.a. ja pärast seda ning teine uurimistöö vaatles teekatteid, mis on ehitatud enne 1995 aastat. Lisaks nendele kahele uurimistööle on antud uurimistöö käigus vaadeldud täiendavalt teekatte tasasuse arengut just uuematel teekatetel, ehk siis 1995-2000 aastal ehitatud teekatete andmebaasi on täiendatud hilisemate mõõtmistulemustega ja vaadeldud, kuidas teekatte tasasus areneb juhul, kui pindamist ei tehta ja juhul kui pindamine tehakse.

### **3.2.1. Enne 1995 aastat ehitatud teekatted**

Enne 1995 aastat ehitatud teekatete tasasuse arengut on uuritud 2004 aastal valminud uurimistöös “Tasasuse arengust enne 1995.a. ehitatud katetel”, Maanteeameti PMS töörühm, Tallinn 2004. Antud uurimistöö järeldustes on toodud, et enne 1995.a. ehitatud teekatetel muutub tasasuse väärtus 0,06 kuni 0,07 mm/m aastas ning seda olenemata liiklussagedusest ja teekatte tüübist. Tasasuse suhteliselt aeglase arengu põhjusena on välja toodud perioodiline, 5-7 aasta tagant toimuv korduspindamine, mis teadaolevalt pidurdab teekattel defektide arengut ning mis omakorda avaldab kindlasti mõju teekatte tasasuse arengule.

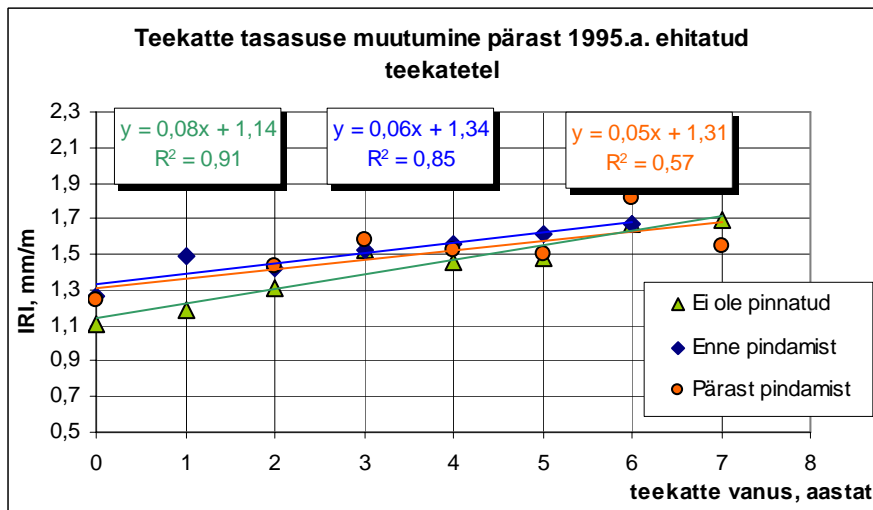
Seega tuleks HDM-4 analüüside puhul jälgida, et vanade teekatete tasasuse areng seda väärtust ei ületaks ning samas tuleks arvestada rutiinsete teehooldustöödena lisaks aukude lappimisele ja pragude täitmisele ka korduspindamist (eeldatava töö teostamise sagedusega 5-7 aastat).

### **3.2.2. Pärast 1995 aastat ehitatud teekatted**

Pärast 1995 aastat ehitatud teekatete tasasuse arengut on alustavalt uuritud 2001 aastal valminud uurimistöös “1995-2000 aastal ehitatud katete seisukorra analüüs”, AS Teede Tehnokeskuse PMS-grupp, Tallinn 2001. Antud uurimistöö lõppjäreldustes on toodud, et asfaltbetoonkattega teedel muutub teekatte tasasus 0,05 mm/m aastas. Analoogiliselt enne 1995 aastat ehitatud teekatetele liiklussagedus teekatte tasasuse arengule mõju ei avalda. Mõningane probleem antud uurimistöös oli ajaline piiratus, teekatete vanus ulatus ainult kuni 5 aastani, mis teekatte tasasuse arengu osas on väga lühike periood.

Selleks, et saada parem ülevaade alates 1995 aastast ehitatud teekatete tasetasuse arengust, on antud uurimistöö raames vaadeldud täiendavalt teekatte tasetasuse arengut. Vaadeldud on ainult põhimaanteid, kuna nendel remondiobjektidel võib eeldada vähemalt rahuldavat ehituskvaliteeti ja eeldatavalt ei ole ehituskvaliteedi mõjul teekatte tasetasuse arengule väga oluline.

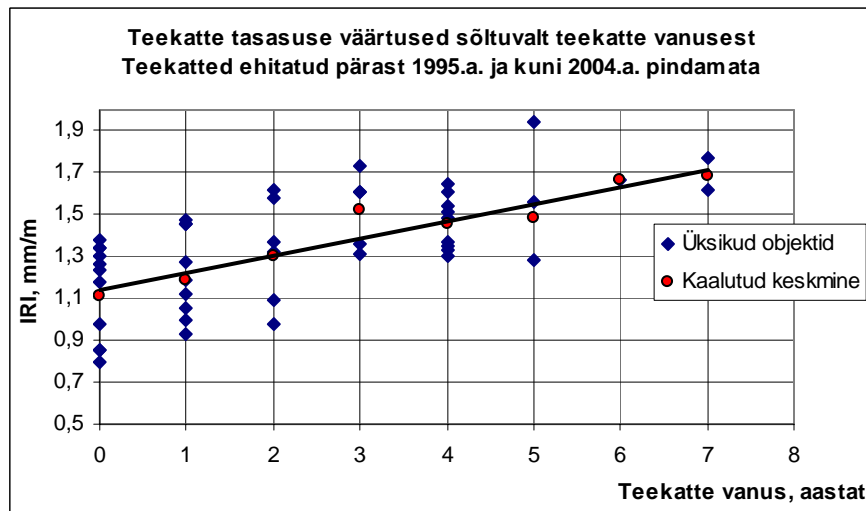
Andmebaasis juba eelnevalt olemasolevatele teekatte tasetasuse andmetele on lisatud hilisemad teekatte tasetasuse mõõtmistulemused (2001 ja 2003 aasta kohta). Eraldi on vaadeldud neid teelõike, mida ei ole pärast teekatte ehitust pinnatud ja neid, mis on pärast teekatte ehitust pinnatud (olukord enne ja pärast pindamist). Kokkuvõtte analüüsi tulemustest on toodud graafikul 3.2.2.1.



Graafik 3.2.2.1. Teekatte tasetasuse areng pärast 1995.a. ehitatud teekatetel.

Graafikul 3.2.2.2. on toodud konkreetsete teekatte tasetasuse väärtused kokku 13 remondiobjekti kohta (remondimeetodiks oli TAB+STAB), mida seni pinnatud ei ole. Teelõikude pikkus oli kokku 100 km. Analüüsi käigus on vaadeldud teekatte tasetasuse muutumist nendel teelõikudel ehitusjärgsete aastate jooksul. Kõige vanemad andmed olid kuni 7 aastat pärast teekatte valmimist.

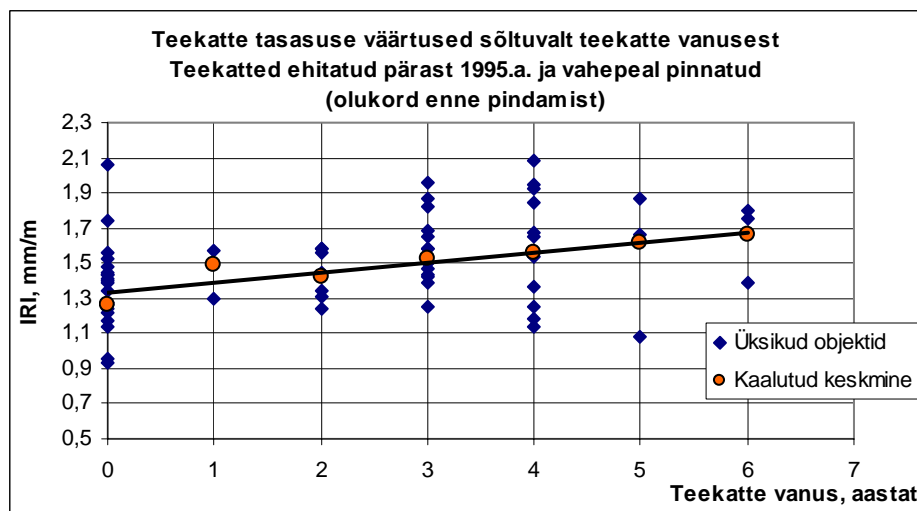
Analüüs näitas, et nendel teelõikudel on saavutatud keskmine teekatte tasetasus pärast remondi teostamist  $IRI=1,1$  mm/m. See on üsna realistlik tulemus ja vastab viimaste aastate üldisele tasemele. Teekatte tasetasus on pärast remondi teostamist arenenud keskmise kiirusega  $0,08$  mm/m aastas. Arengu kiirus on üsna tagasihoidlik, kuid vastab tegelikule olukorrale ja seda tuleb HDM-4 analüüsidest arvestada.



Graafik 3.2.2.2. Teekatte tasetasuse areng pärast 1995.a. ehitatud teekatetel, mis on seni pindamata

Teelõikudel, mida on pärast remonti mingil ajal pinnatud, on pärast remonti saavutatud teekatte tasetasus mõnevõrra halvem kui nendel teelõikudel, mida seni pinnatud ei ole – IRI=1,3 mm/m. Samas on tähelepanav tendents, et nendel teelõikudel areneb teekatte tasetasus aeglasemalt võrreldes nende teelõikudega, mida seni pinnatud ei ole (keskmise arengu kiirus on 0,06 mm/m aastas).

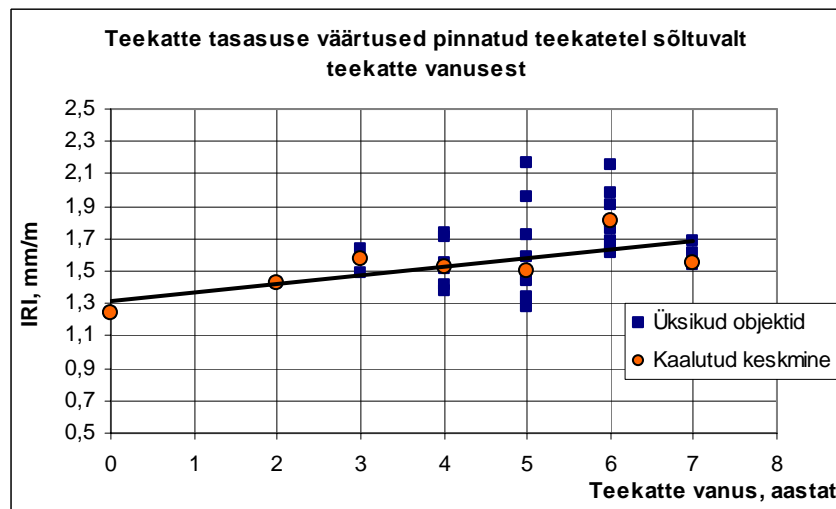
Teekatte tasetasuse aeglase arengu üheks põhjuseks on ilmselt see, et kuna nende teelõikude ehituskvaliteet ei ole olnud hea, siis on tulnud nendel kohe hooldusremondi tegemist alustada ja mitmed teelõigud on juba 2-4 aasta pärast pinnatud, mis omakorda kinnitab probleemide esinemist nende teekatete kvaliteedis. Erinevus teekatte tasetasuse väärtuste osas eelpool mainitud teelõikudel (seni



Graafik 3.2.2.3. Teekatte tasetasuse areng pärast 1995.a. ehitatud teekatetel, olukord enne pindamist.

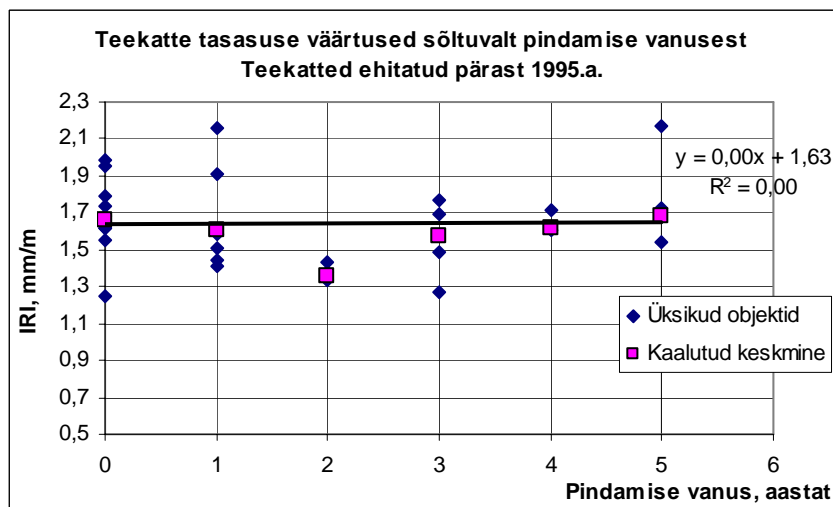
pindamata ja mingil hetkel pinnatud) pidevalt väheneb ja võrdsustub 6 aastaks. Kahjuks andmeid vanemate teekatete kohta pole võimalik hetkel saada ja seetõttu ei oska öelda, mis juhtub teekatte tasetasusega pärast 7 aastat.

Graafikul 3.2.2.3. on toodud teekatte tasetasuse arenemine üksikute objektide kaupa teelõikudel, mida on pärast remondi teostamist pinnatud. Graafikul on toodud olukord enne pindamist. Kokku on analüüsitud 24 erinevat teelõiku kogupikkuses 126 km.



Graafik 3.2.2.4. Teekatte tasetasuse areng pärast 1995.a. ehitatud teekatetel, olukord pärast pindamist.

Teekatte pindamine tasetasuse arengule pikemas perspektiivis olulist mõju ei avalda. Tasetasuse areng on praktiliselt analoogne olukorrale enne pindamist. Kui enne pindamist arenes teekatte tasetasus keskmiselt 0,06 mm/m aastas, siis pärast



Graafik 3.2.2.5. Teekatte tasetasuse väärtused sõltuvalt pindamise vanusest.

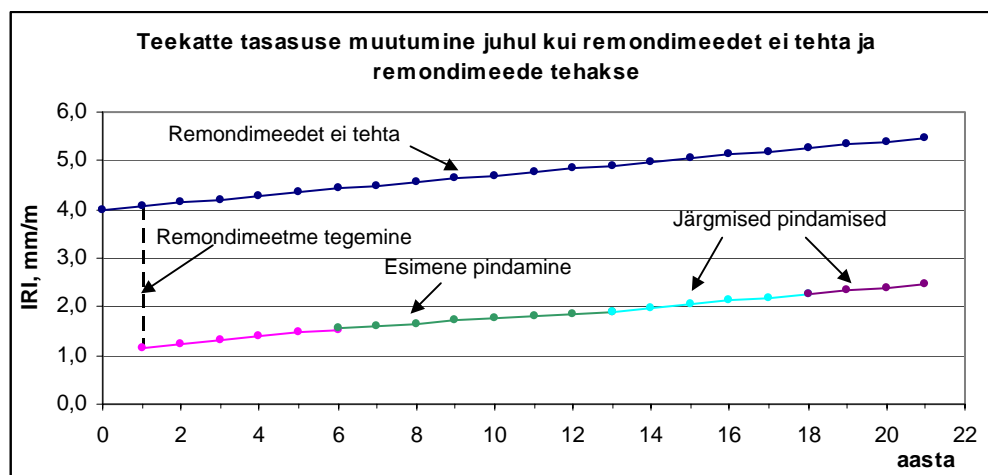
pindamist on teekatte tasasuse arenemise keskmine kiirus 0,05 mm/m aastas (v.t. graafik 3.2.2.1.). Graafikul 3.2.2.4. on toodud teekatte tasasuse muutus pärast pindamist sõltuvalt teekatte vanusest üksikute objektide kaupa.

Graafikul 3.2.2.5. on toodud teekatte tasasuse muutus võrreldes pindamise vanusega. Nagu on graafikult näha, ei toimu teekatte tasasuse osas 5 aasta jooksul põhimõttelist muutust. Esimeste aastate jooksul pärast pindamist teekatte tasasus küll paraneb mõnevõrra, kuid üsna ruttu saavutab tasasuse väärtus endise taseme.

### 3.2.3. Kokkuvõtte teekatte tasasuse arengust

Teekatte tasasuse arengu modelleerimiseks HDM-4 tarkvaras tuleb arvestada järgmiste põhimõtetega:

- enne remonditööde teostamist areneb teekatte tasasus keskmiselt 0,07 mm/m aastas. Samas tuleb teekatte hooldustöödena ette näha aukude lappimist, pragude täitmist ning kindlasti ka korduspindamist sagedusega 5-6 aastat;
- remonditöö (mille põhjalikkus vastab remondimeetodile stabiliseerimine ning uue ülekatte tegemine) käigus saavutatakse teekatte uueks tasasuseks väärtus IRI=1,1 mm/m;
- teekatte tasasuse arengukiirus pärast remonditööde teostamist enne esimest pindamist on keskmiselt 0,08 mm/m aastas;
- juhul, kui pärast remonditööde teostamist nähakse hooldustöö ühe variandina korduspindamist, tuleb arvestada sellega, et pärast pindamist on teekatte tasasuse arengukiirus 0,05 mm/m aastas. Selline teekatte tasasuse muutumine toimub pärast pindamist esimese 5 aasta jooksul. Hetkel puuduvad andmed selle kohta, mis toimub pinnatud teekatte tasasusega pärast seda;
- graafikul 3.2.3. on toodud teekatte tasasuse muutumine vastavalt väljatöötatud arengumudelitele. Pärast remondimeetme teostamist on teekatte tasasuse areng alates 13 aastast ennustuslik ja ei põhine reaalsel andmetel, kuna andmed puuduvad nii vanade teekatete kohta.



Graafik 3.2.3. Teekatte tasasuse arengustenaariumid.



### 3.3. Teekatte defektide areng

Teekattel esinevate defektide tekkimist ning nende arengut on analoogselt teekatte tasasusele uuritud viimaste aastate jooksul kahes uurimistöös:

- “1995-2000 aastal ehitatud katete seisukorra analüüs”, Tallinn 2001, AS Teede Tehnokeskuse PMS-grupp;
- “Teekatte defektide areng peale pindamistöde teostamist”, Tallinn 2004, Maanteeameti PMS töörühm.

Esimeses uurimistöös vaadeldi neid teekatteid, mis olid ehitatud pärast 1995 aastat ja reeglina olid need teekatted ka pindamata. Seega andis see uurimistöo ülevaate teekatte defektide arengust olukorras, kus teekate ei olnud pinnatud. Antud uurimistöo teostamiseks on kasutatud 1995-2000 aastal ehitatud teekatete seisukorra uurimiseks koostatud andmebaasi, kuhu on lisatud hilisemal perioodil kogutud uuemad andmed teekatete defektide kohta. Vaadeldud on eelkõige neid teelõike, mis asuvad põhimaanteedel, kusjuures on eraldi analüüsitud vahepeal pinnatud ning seni pindamata teelõike. Defektide tüübid on üleviidud vastamaks HDM-4 defektide jaotusele.

#### 3.3.1. Enne 1995 aastat ehitatud ja pinnatud teekatted

Enne 1995 aastat ehitatud teekatete defektide arengut on uuritud 2004 aastal valminud uurimistöös “Teekatte defektide areng peale pindamistöde teostamist”, Maanteeameti PMS töörühm, Tallinn 2004. Nagu uurimistöo pealkirjaski on mainitud, on antud uurimistöös käsitletud defektide arengut olukorras, kus teekatte hooldustööna tehakse regulaarse ajavahemiku tagant korduspindamist. Seega ei ole võimalik antud uurimistöo põhjal teha järeldusi olukorrale, kui teekatet ei pinnata. Keskmised teekatte defektide väärtused sõltuvalt pindamise vanusest on toodud tabelis 3.3.1.1.

Tabel 3.3.1.1. Teekatte defektide väärtused sõltuvalt pindamise vanusest.

Pindamise vanus, a	Põik pragu	Kitsas pikipr.	Lai pikipr.	Kitsas vuugipr.	Lai vuugipr.	Võrkpr.	Augud	Murenemine	Serva defektid
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,6	2,1	0,1	0,4	0,0	0,5	0,3	0,4	7,4
2	1,4	5,5	0,1	1,0	0,0	1,5	0,5	0,6	13,5
3	2,3	9,6	0,1	1,9	0,0	3,8	0,9	1,8	18,0
4	3,5	13,3	0,2	2,9	0,1	6,6	1,0	4,0	22,0
5	3,8	15,8	0,2	2,7	0,1	6,9	1,2	4,3	21,5
6	3,4	15,5	0,2	4,0	0,1	8,4	1,9	7,7	20,4
7	3,2	15,0	0,1	4,1	0,1	10,7	2,0	8,9	27,7

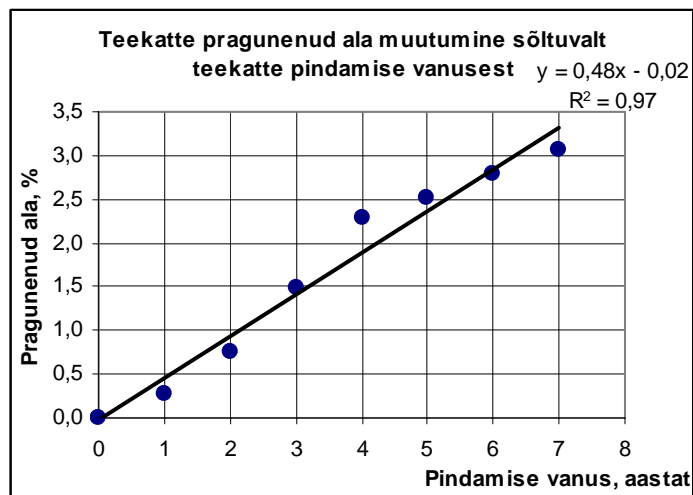
Tabelis 3.3.1.1. toodud defektide väärtused üleviiduna HDM-4 tarkvara defektide määratlustele on toodud tabelis 3.3.1.2.

Tabel 3.3.1.2. Teekatte defektide väärtused sõltuvalt pindamise vanusest vastavalt HDM-4 defektide määratlustele.

Pindamise vanus, a	HDM_Praod	HDM_Murenemine	HDM_Augud	HDM_Servadefektid	HDM_Defektiala
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,3	0,1	0,3	14,7	0,6
2	0,8	0,1	0,5	27,1	1,2
3	1,5	0,3	0,9	35,9	2,3
4	2,3	0,6	1,0	44,0	3,5
5	2,5	0,6	1,2	43,0	3,7
6	2,8	1,1	1,9	40,8	4,5
7	3,1	1,3	2,0	55,4	5,1

Tabelites 3.3.1.1. ja 3.3.1.2. toodud defektide andmed iseloomustavad nende teelõikude defektide arengut, kus pindamisi on reeglina tehtud juba mitmendat korda ja nende teelõikude katte vanus on üle 10 aasta. Seega iseloomustab toodud teekatte defektide areng olukorda enne remonditööde teostamist.

Graafikul 3.3.1.1. on toodud HDM-4 tarkvara määratlustele vastava pragude ala arengut iseloomustav trendijoon. Pärast mitmekordset pindamist muutub teekatte

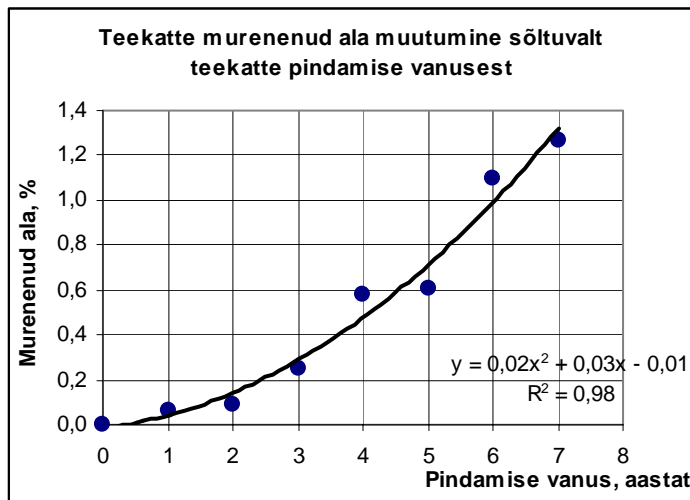


Graafik 3.3.1.1. Teekatte pragunenud ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest.

pragunenud ala vastavalt graafikul toodud andmete alusel lineaarselt. Pragunenud ala kasvab keskmiselt 0,5 % ühikut aastas. Mõnevõrra aeglasem on areng esimesel kahel aastal, seejärel areng paaril aastal kiireneb ning vaatlusperioodi lõpus areng jällegi aeglustub.

Korrelatsioonikordaja  $R^2=0,97$  on hea.

Teekattel esineva murenemise ala (vastavalt HDM-4 määratlusele) arenemine on graafiliselt toodud graafikul 3.3.1.2. Teekattel esineva murenenud ala arengut

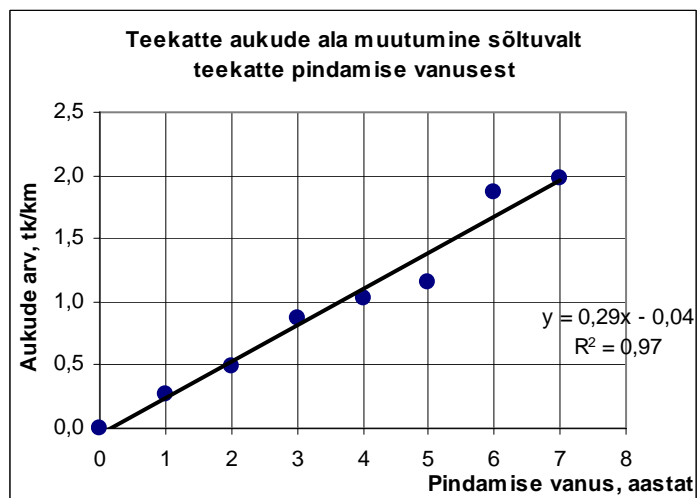


Graafik 3.3.1.2. Teekatte murenenud ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest.

iseloomustab kõige paremini ruutvõrrand. Esimesel kolmel aastal pärast pindamise teostamist on murenenud ala arenemise kiirus üsna väike – ainult 0,1 % ühikut aastas. Pärast seda aga murenemise arenemine kiireneb, jõudes analüüsi perioodi lõpuks kiiruseni orienteeruvalt 0,6 % ühikut aastas. Huvitavaks teeb murenenud ala

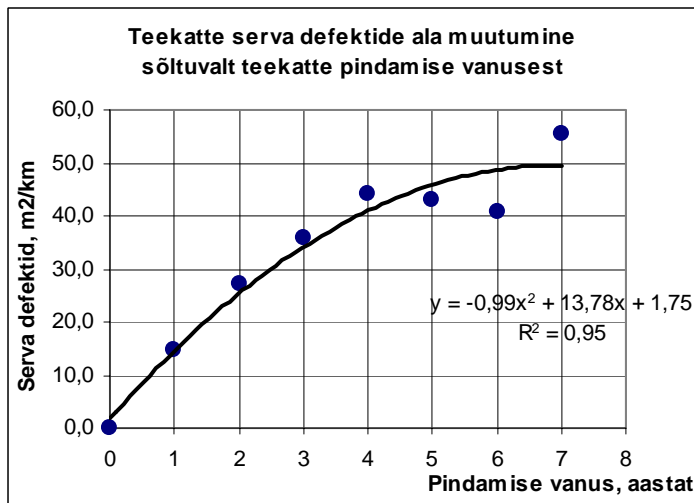
arenemise selle astmelisus (näit. perioodid 4-5 aasta ja 6-7 aasta).

Teekattel esinevate aukude ala tekkimine ja arenemine sõltuvalt teekattele tehtud pindamise vanusest on toodud graafikul 3.3.1.3. Aukude ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest on lineaarne ja aastas lisandub auke keskmiselt 0,3 ühikut. Graafikult ei ole võimalik eristada selgelt kiiremaid või aeglasemaid aukude arenemise perioode.



Graafik 3.3.1.3. Teekatte aukude ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest.

Teekatte serva defektide arenemine pärast pindamist on toodud graafikul 3.3.1.4. Graafikult on näha, et serva defektid arenevad pärast pindamise teostamist algul väga kiiresti, keskmiselt 15 ühikut aastas. Seejärel serva defektide areng aeglustub ja analüüsi perioodi lõpuks see praktiliselt peatub. Üllatav on seejuures serva defektide väga suur arv. Ilmselt on see põhjustatud suhteliselt kitsaste teekatete

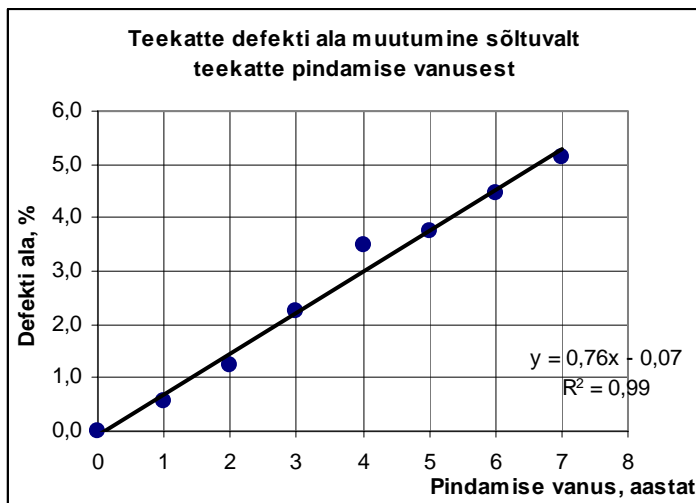


Graafik 3.3.1.4. Teekatte serva defektide ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest.

suurest osakaalust analüüsi andmetes. Kitsastel teedel on teekasutajad sunnitud sõitma teeservas ja seega ka lõhkuma teekatte serva.

Teekatte defektid võtab kokku HDM-4 tarkvara mõistes defekti ala, mis summeerib eelpool loetletud erinevad defektid (pragunenud ala,

murenenud ala, aukude ala ja serva defektide ala). Defekti ala muutumine pärast pindamise teostamist on toodud graafikul 3.3.1.5. Graafikult on selgelt näha, et defekti ala muutumist kirjeldab väga hästi lineaarne võrrand (determinatsiooni kordaja  $R^2=0,99$ ). Keskmiselt lisandub aastas defekte 0,75 % ühikut. Mõnevõrra erineb üldisest arengust pindamisele järgnev neljas aasta, kus järsku lisandub defekte rohkem. Samas defektide areng tasandub järgmistel aastatel.



Graafik 3.3.1.5. Teekatte defekti ala muutumine sõltuvalt pindamise vanusest.

### 3.3.2. Pärast 1995 aastat ehitatud teekatted

Teekatte defektide arengu kirjeldamiseks pärast remonditööde teostamist on kasutatud uurimistöö “1995-2000 aastal ehitatud katete seisukorra analüüs”, Tallinn 2001, teostatud AS Teede Tehnokeskuse poolt, tulemusi. Antud uurimistöö raames koostatud andmebaasi on täiendatud vahepeal läbiviidud uute defektide inventeerimiste tulemustega. Analüüsitud on eraldi olukorda kus teekatet ei ole veel pinnatud ja olukorda, kus teekatet on mingil ajahetkel pinnatud (see annab informatsiooni esmase pindamise mõjust teekatte defektide arengule).

#### 3.3.2.1. Defektid pindamata teekattel

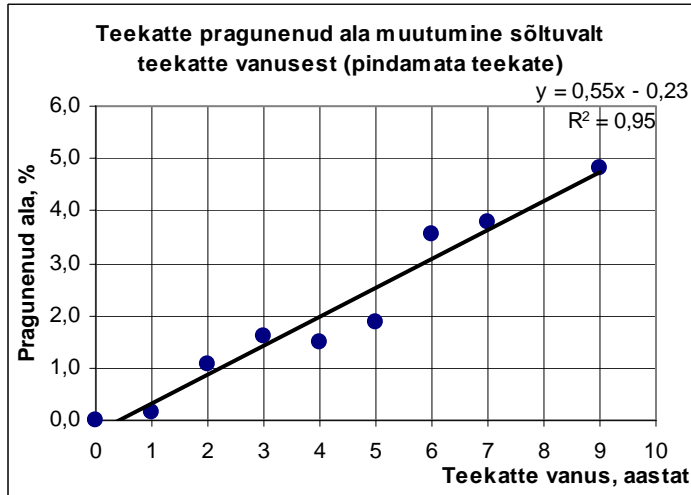
Defektide arengut pindamata teekatetel on varasematel aastatel olnud küllaltki raske jälgida, kuna vastavalt Eestis rakendatavale teehoolde poliitikale tehakse ka uuele teekattele üsna kiiresti pindamine. Põhjendatakse seda reeglina profülaktiliste meetmetega teekatte ea pikendamiseks ja kaitseks defektide vastu. Kas see tegelikult ka nii on, selle kohta reaalsed uuringud seni puuduvad. Kuna viimastel aastatel on pindamist mõnevõrra vähem tehtud (peamiseks põhjuseks siiski rahaliste vahendite nappus), siis on tekkinud võimalus jälgida defektide arengut teekatetel, mida ei ole pinnatud.

*Tabel 3.3.2.1. Teekatte defektide väärtused pindamata teekattel sõltuvalt teekatte vanusest vastavalt HDM-4 defektide määratlustele.*

Teekatte vanus, a	Teelõikude arv	HDM_Praod	HDM_Murenemine	HDM_Augud	HDM_Servadefektid	HDM_Defektiala
0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	8	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2
2	11	1,1	0,1	0,0	2,7	1,2
3	3	1,6	0,1	0,0	0,6	1,8
4	11	1,5	0,5	0,2	6,1	2,0
5	9	1,9	0,4	0,2	18,5	2,8
6	2	3,6	1,0	0,4	1,4	4,6
7	1	3,8	0,1	0,8	73,0	5,1
8	-	-	-	-	-	-
9	1	4,8	1,1	0,7	105,6	7,5

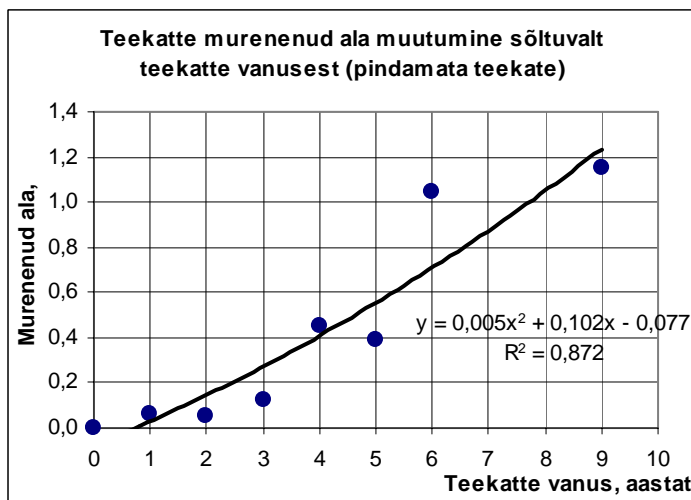
Tabelis 3.3.2.1. on toodud teekatte defektide väärtuste muutumine pindamata teekatete puhul lähtuvalt HDM-4 tarkvara defektide määratlusele. Toodud defektide arvutamisel on aluseks Eestis kasutatavad teekatete defektide jaotused. Tabelis on toodud ka analüüsiga hõlmatud erinevate teelõikude arv. Tuleb arvestada sellega, et

mida vanem on teekate, seda vähem on analüüsiga hõlmatud teelõike ja seda rohkem on võimalusi, et tulemustesse satuvad juhuslikud ebareeglipärasused.



Graafik 3.3.2.1.1. Teekatte pragunenud ala muutumine pindamata teekattel sõltuvalt ta vanusest.

Graafikul 3.3.2.1.1. on toodud vastavalt HDM-4 defektide määratlusele teekatte pragunenud ala muutumine sõltuvalt teekatte vanusest (pindamata teekattel). Pragunenud ala juurdekasv on küllaltki ühtlane ja lineaarne. Keskmise pragunenud ala juurdekasv on 0,55 ühikut aastas.

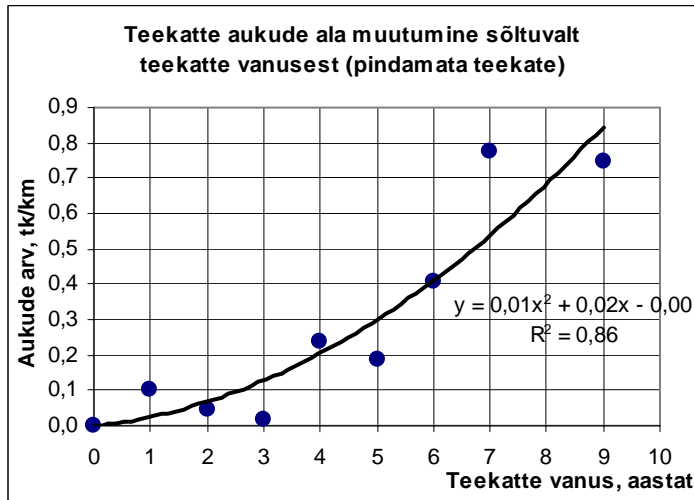


Graafik 3.3.2.1.2. Teekatte murenenud ala muutumine pindamata teekattel sõltuvalt ta vanusest.

Teekatte murenenud ala muutumist sõltuvalt teekatte vanusest (graafik 3.3.2.1.2.) iseloomustab kõige paremini ruutvõrand. Esimese kolme aasta jooksul on areng tagasihoidlik, jäädes 0,1 ühiku kohta aastas piiresse. Pärast seda areng mõnevõrra kiireneb, samas on see küllaltki ebaühtlane, mis viitab sellele, et murenemist mõjutavad ka

teised teekatte vanusest sõltumatud asjaolud (näiteks tööde või materjalide kvaliteet, ilmastikuolud, jne.).

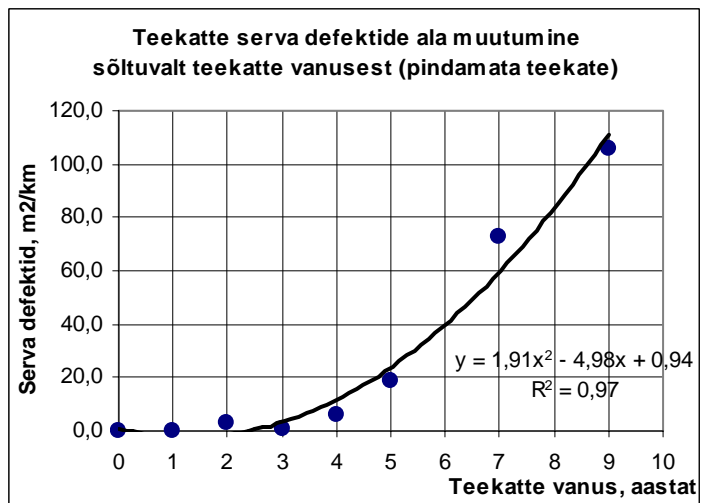
Analoogiliselt murenenud alale iseloomustab ka aukude arengut pindamata teekattel kõige paremini ruutvõrand. Kui vaadata olukorda aukude osas graafikult 3.3.2.1.3. siis jällegi on esimese kolme aasta jooksul aukude tekkimine ja nende juurdekasv



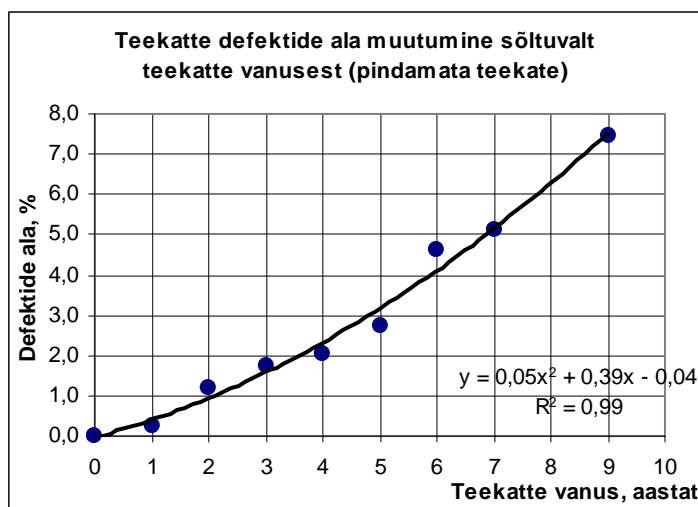
Graafik 3.3.2.1.3. Teekatte murenenud ala muutumine pindamata teekattel sõltuvalt ta vanusest.

Pärast seda aga muutub serva defektide areng väga kiireks, ulatudes kohati kuni 25 ühikuni aastas. Antud tendents on küllaltki üllatav ja raskesti mõistetav. Üsna selgelt vajab see teema eraldi põhjalikku uurimist.

Teekatte kogu defektide ala muutumist (graafik 3.3.2.1.5.) pindamata teekattel



Graafik 3.3.2.1.4. Teekatte serva defektide ala muutumine pindamata teekattel sõltuvalt ta vanusest.



Graafik 3.3.2.1.5. Teekatte defektide ala muutumine pindamata teekattel sõltuvalt ta vanusest.

väga aeglasel. Pärast neljandat aastat see protsess mõnevõrra kiireneb, kuid siiski jääb aukude arv üsna tagasihoidlikuks.

Serva defektide arengut (graafik 3.3.2.1.4.) kirjeldab kõige paremini ruutvõrrand. Areng on esimesel neljal aastal praktiliselt olematu.

iseloomustab kõige paremini ruutvõrrand. Esimesel neljal kuni viiel aastal on kogu defektide ala kasv tagasihoidlik, ulatudes kuni 0,5 ühikuni aastas. Sealt edasi areng kiireneb ja ulatub üheksandaks aastaks 1,5 ühikuni aastas.

### 3.3.2.2. Defektid teekattel pärast esimest pindamist

Antud uurimistöö käigus on analüüsitud esimese pindamise mõju teekatte defektide arengule. Antud olukord on üks osa teekatete elutsüklist ning eeldada võib, et pindamine uutel teekatetel mõjub defektidele erinevalt kui pindamine vanadele teekatetele. Analüüsitud andmete põhjal on võimalik järeldada, et keskmiselt tehakse esimene pindamine asfaltbetoonkattele 5 kuni 6 aastat pärast ta ehitust. Kõige rutem on see tehtud juba kolmandal aastal ja kõige kauem on teekatte olnud pindamata 9 aastat. Antud uurimistöö käigus ei uurita põhjusi, miks pindamine mõnel teelõigul väga vara tehakse.

Tabelis 3.3.2.2. on toodud teekatte defektide arenemine pärast esimest pindamist vastavalt HDM-4 defektide määratlusele.

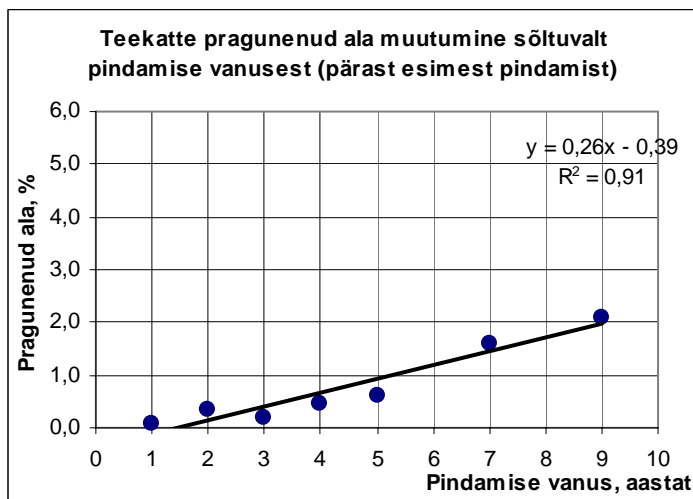
*Tabel 3.3.2.2. Teekatte defektide väärtuste muutumine pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest ja vastavalt HDM-4 defektide määratlusele.*

Pindamise vanus, a	Teelõikude arv	HDM_Praod	HDM_Murenemine	HDM_Augud	HDM_Servadefektid	HDM_Defektiala
0		0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
1	9	0,1	0,0	0,0	4,1	0,2
2	11	0,3	0,0	0,1	36,0	0,9
3	2	0,2	0,1	0,0	38,6	1,0
4	3	0,5	0,1	0,1	35,5	1,1
5	3	0,6	0,3	0,2	38,2	1,6
6	0	-	-	-	-	-
7	3	1,6	0,7	0,5	158,9	6,0
8	0	-	-	-	-	-
9	1	2,1	0,4	1,7	94,5	3,9

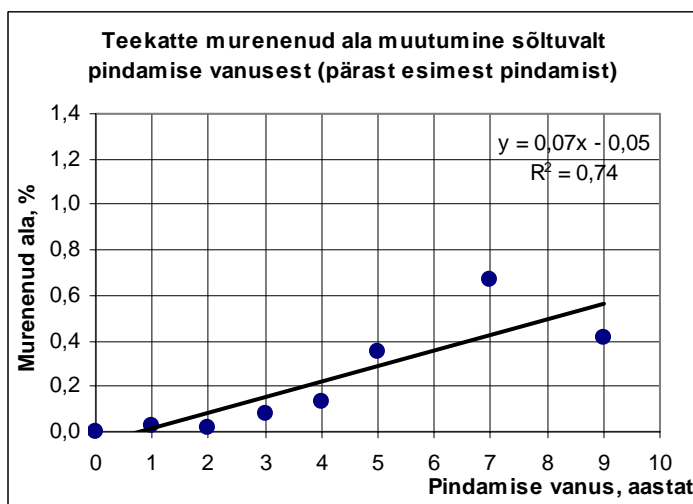
Graafikul 3.3.2.2.1. on toodud teekatte pragunenud ala muutumine pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest. Seos on lineaarne ja keskmiselt lisandub igal aastal 0,25 ühikut pragunenud ala. Selgelt on näha, et pindamisele järgneval viiel aastal on pragunenud ala arenemine väga aeglane. Pärast seda pragunenud ala arenemine mõnevõrra kiireneb, kuid jääb siiski tagasihoidlikuks. Pragunenud ala arengu kiirus on võrreldes pindamata teekattega või vana pinnatud teekattega praktiliselt poole aeglasem.

Graafikul 3.3.2.2.2. on toodud teekatte murenenud ala muutumine aastate jooksul pärast esimest pindamist. Seos on lineaarne ning toodud andmete põhjal saab järeldada, et pärast pindamist järgneva nelja aasta jooksul murenemine tekib ja

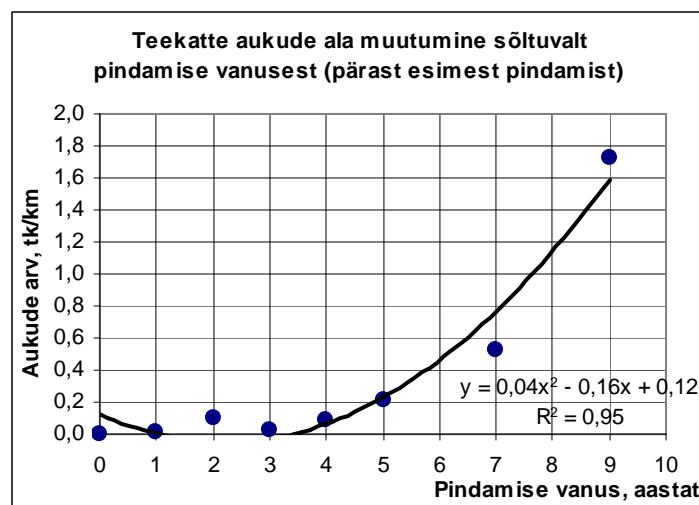




Graafik 3.3.2.2.1. Teekatte pragunenud ala muutumine pinnatud teekattel pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest.



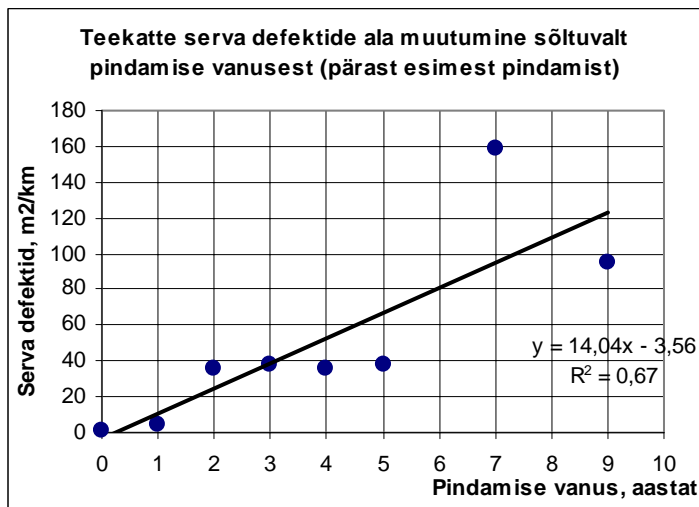
Graafik 3.3.2.2.2.. Teekatte murenenud ala muutumine pinnatud teekattel pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest.



Graafik 3.3.2.2.3. Teekatte aukude ala muutumine pinnatud teekattel pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest.

areneb väga aeglaselt. Järgnevate aastate jooksul murenenud ala arenemine mõnevõrra kiireneb, samas on see teelõiguti väga ebaühtlane. Järelduste tegemist raskendab ka olukord, kus analüüsitavaid teelõike on mõnel aastal ainult üks (näiteks üheksas aasta).

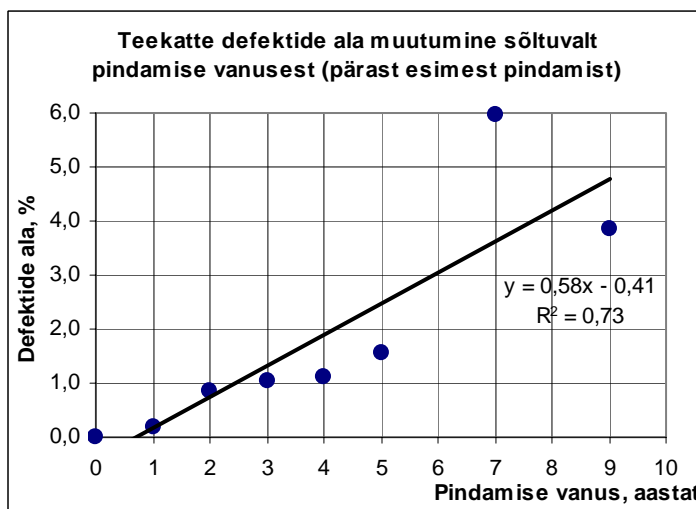
Graafikul 3.3.2.2.3. on toodud aukude arvu muutumine teekattel pärast esimest pindamist. Seost aukude arvu arengu ja pindamise vanuse vahel kirjeldab kõige paremini ruutvõrrand. Pindamisele järgneva viie esimese aasta jooksul tekib auke vähe ja need arenevad edasi väga aeglaselt. Selget aukude arvu arengu kiirenemist saab täheldada alates pindamisele järgnevast seitsmendast aastast. Üheksandal aastal pärast pindamist on teekattes keskmiselt 2 auku kilomeetri kohta. Samas põhineb see informatsioon ainult ühe teelõigu andmetel ja seetõttu on selle usaldusväärsus väike, näidates siiski eeldatavat tendentsi antud defekti arengus.



Graafik 3.3.2.2.4. Teekatte serva defektide ala muutumine pinnatud teekattel pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest.

Graafikul 3.3.2.2.4. toodud teekatte serva defektide arenemist sõltuvalt pindamise vanusest (pärast esimest pindamist) kirjeldab kõige paremini lineaarne seos. Siiski ei ole seos väga usaldusväärne ja selgelt on näha, et serva defektide areng sõltub lisaks pindamise vanusele veel teistest hetkel mitte teada olevatest teguritest. Antud uurimistöö

eesmärgiks ei ole nende põhjuste välja toomine. Aastane serva defektide juurdekasv on keskmiselt 15 ühikut aastas kõikudes siiski üsna palju erinevate aastate vahel. Pindamisele järgneval esimesel viiel aastal tekivad ja arenevad serva defektid suhteliselt tagasihoidlikult. Seejärel tuleb periood, kus serva defektid arenevad tunduvalt kiiremini.



Graafik 3.3.2.2.5. Teekatte defektide ala muutumine pinnatud teekattel pärast esimest pindamist sõltuvalt pindamise vanusest.

Kogu defektide ala muutumist sõltuvalt pindamise vanusest kirjeldab kõige paremini lineaarne seos. Siiski ei ole see seos väga usaldusväärne. Probleemiks on selgelt defektide ala üks komponent, ehk siis serva defekt. Kui võrrelda graafikuid 3.3.2.2.4. ja 3.3.2.2.5., siis on need oma kujult väga sarnased ja kuna serva defekte esineb palju, siis nad ka loogiliselt mõjutavad

kogu defekti ala väärtust tugevalt. Võrreldes pindamata teekatete ja vanade pinnatud teekatetega on defekti ala arenemine siiski üldjoontes sarnane.

### 3.3.3. Kokkuvõtte teekatte defektide arengust

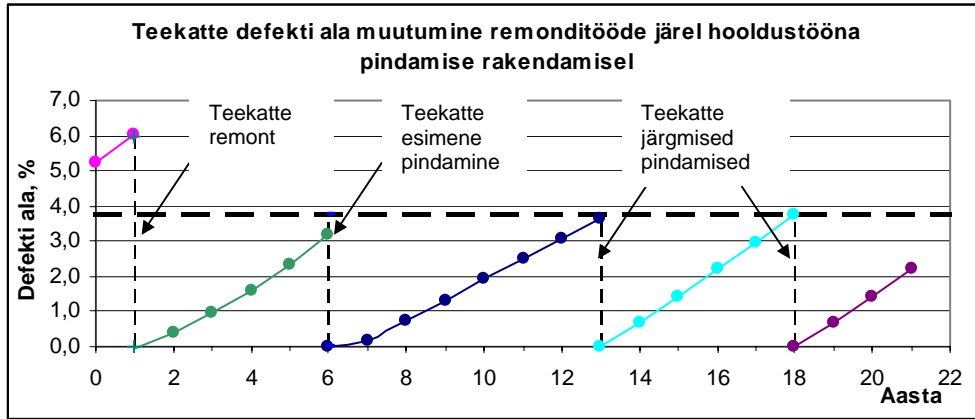
Tabelis 3.3.3.1. on toodud kokkuvõtte teekatte defektide arengustsenaariumitest erinevate teekatete puhul. Defektide määratlused on toodud vastavalt HDM-4 tarkvara põhimõtetele. Eraldi on vaadeldud teekatte olukordi, kus seda ei ole veel pinnatud, sellele on tehtud esimene pindamine või on tegemist vana teekatte mitmenda pindamisega.

Tabel 3.3.3.1. Teekatte defektide areng pindamata ja pinnatud (esmane või mitmes) kattel.

Defekti nimetus	Teekatte kirjeldus	Teekatte või pindamise vanus, aastat									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HDM Pragude ala, %	Pindamata	0,0	0,3	0,9	1,4	2,0	2,5	3,1	3,6	4,2	4,7
	Esimene pindamine	0,0	0,0	0,1	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0
	Mitmes pindamine	0,0	0,5	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3
HDM Murenemise ala, %	Pindamata	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2
	Esimene pindamine	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
	Mitmes pindamine	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9
HDM Aukude arv, tk/km	Pindamata	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
	Esimene pindamine	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,0	1,4	1,9
	Mitmes pindamine	0,0	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
HDM Serva defektid, m <sup>2</sup> /km	Pindamata	0	0	0	3	12	24	40	60	83	111
	Esimene pindamine	0	10	25	39	53	67	81	95	109	123
	Mitmes pindamine	2	15	25	34	41	46	49	50	49	46
HDM Defekti ala, %	Pindamata	0,0	0,4	0,9	1,6	2,3	3,2	4,1	5,1	6,3	7,5
	Esimene pindamine	0,0	0,2	0,8	1,3	1,9	2,5	3,1	3,7	4,2	4,8
	Mitmes pindamine	0,0	0,7	1,5	2,2	3,0	3,7	4,5	5,3	6,0	6,8

Graafikul 3.3.3.1. on toodud näide teekatte defekti ala muutumisest. Pärast remonditööde teostamist aastal 1 teekatet ei pinnata ja teekattel arenevad defektid vastavalt pindamata teekatte defekti ala muutumise mudelile. Senine praktika teedeehituses on näidanud, et pindamine tehakse uuele teekattele üldjuhul viiendal aastal. Juhul kui mitte arvestada nende teelõikudega, kus pindamine on tehtud väga vara (2-3 aastat pärast teekatte remonti ja põhjuseks ilmselt probleemid tööde või materjalide kvaliteedis), siis on keskmiselt esimene pindamine tehtud kuuendal aastal. Vastavalt defekti ala muutumise seaduspärasusele on selleks ajaks defekti ala saavutanud väärtuse 4,1 %. Seega on soovitatav rakendada teekattel pindamise tegemise kriteeriumina defekti ala väärtust 4,0 %.

Kui defekti ala saavutab kriteeriumiks määratud väärtuse, tehakse remonditud teekattele esimene pindamine ja seejärel toimub defekti ala arenemine vastava mudeli kohaselt kuni jälle saavutatakse etteantud defekti ala kriteerium jne.



Graafik 3.3.3.1. Näide teekatte defekti ala muutumisest pärast remonditööde teostamist aastal 1 ja seejärel teekattel 20 aasta jooksul hooldustööna pindamise rakendamist.

### 3.4. Teekatte seisukorra andmete arengukoefitsientide määratlemine

Teeremontidega seotud kulude ja tulude analüüsimisel on eelduseks teekatete seisukorra andmete arengute määratlemine vastavalt kohalikele tingimustele. Teekatete seisukorra andmete arengut mõjutavad keskkonna tingimused, kasutatavad remondi- ja hooldusmeetodid, kasutatavad ehitusmaterjalid, teekatteid koormav liikluskoormus jne. Teekatete seisukorda iseloomustavaid parameetreid ja nende arengut on võimalik korrigeerida HDM-4 tarkvaras erinevate vastavate arengukoefitsientide abil.

Teekatete seisukord ja selle areng tulevikus sõltub suurel määral eelnevalt tehtud remondi- ja hooldustöödest ning teekatte hetke seisukorrast. Seetõttu ei ole võimalik üheselt teekatte seisukorra andmete arengukoefitsiente määratleda. HDM-4 tarkvaraga analüüse tehes tuleb alati kontrollida teekatte seisukorra andmete arengut ja vajadusel tuleb neid kindlasti korrigeerida.

Järgnevalt on toodud näide ühe kindla seisukorraga teelõigu seisukorra andmete arengukoefitsientide määratlemisest. Analüüsi tegemiseks kasutatud niinimetatud näidis teelõigu põhiaandmed on järgmised:

- 1 kilomeetri pikkune asfaltbetoonkattega teelõik on kahe sõidurajaga, mille laius on 7 m ja teepeenarde laius on 1,5 m;
- liiklussagedus enne analüüsiperioodi algust on 2000 autot/ööpäevas ja see jaguneb – sõidu- ja pakiautod 80%, veoautod ja autobussid 15% ja rasked veokid 5%. Liiklussageduse kasvuprotsent on 1%;
- üldine kiiruspiirang on 90 km/h;
- teelõik on ehitatud 1960-ndatel aastatel, viimane teekatte remont on tehtud 1995 aastal ja viimane korduspindamine 2001 aastal. Rutiinset hooldustööd (aukude lappimine ja pragude täitmine) tehakse regulaarselt igal aastal;
- teekatte seisukorra andmed aasta enne analüüsiperioodi algust on järgmised – teekatte tasasus  $IRI=4,0$  mm/m; pragude ala on 2,0%; murenenud ala on 0,4%; aukude arv on 1,1 tk/km; serva defekte on 40 m<sup>2</sup>/km ja keskmine roopa sügavus on 8 mm.

Antud teelõik ja selle seisukord peaksid iseloomustama hetkel Eestis valitsevat üldiste olukorda enne remonditööde teostamist.

Antud teelõigule on ettenähtud kaks hooldus- ja remondistsenaariumit. Juhul kui remondimeetmeid ei rakendata, jätkatakse teekatte seisukorra liikluskõlblikuna püsimiseks regulaarse aukude lappimisega, pragude täitmisega ning juhul kui defekti ala ületab väärtuse 4%, korduspindamise tegemisega.

Alternatiivina tehakse teelõigule tõsisem remondimeede, mis vastab Eestis praktiseeritavale taastusremondile. Selle käigus eemaldatakse olemasolev kate, tehakse aluse stabiliseerimine ning paigaldatakse uued asfaltbetoonkihid.

### **3.4.1. Teekatte tasasuse arengukoefitsiendid**

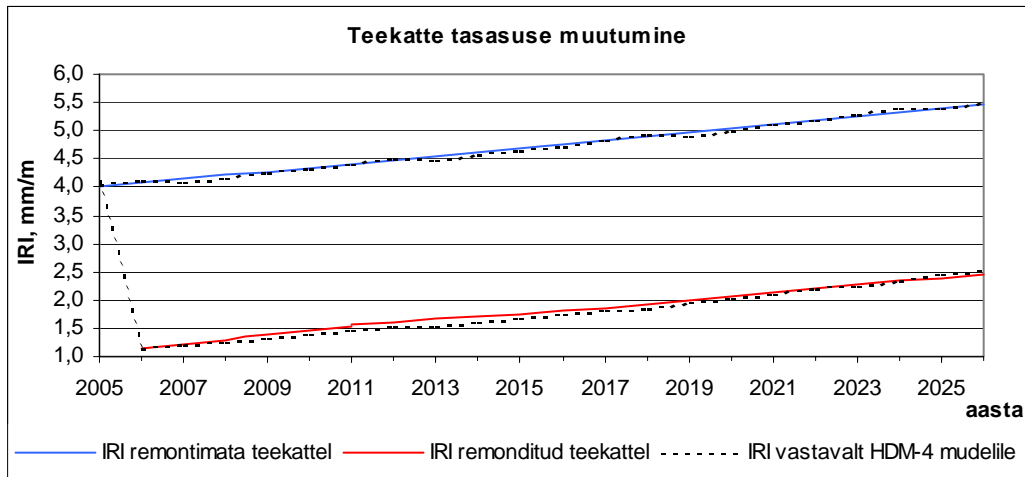
Teekatte tasasuse väärtuse (IRI-arv) areng sõltub erinevatest parameetritest (keskkond, teekatte vanus, defektid, jne.). Teekatte tasasuse väärtuse arengu korrigeerimiseks on HDM-4 tarkvaras kaks koefitsienti:

- keskkonda ja kliimaatilisi tingimusi arvestav koefitsient (Environmental coefficient);
- teekatte tasasuse üldine koefitsient (Progression), millega saab korrigeerida erinevate defektide mõjust tingitud teekatte tasasuse muutumist.

Nendest kahest arengukoefitsiendist mõjutab teekatte tasasuse arengut rohkem esimene (Environmental coefficient). Teise (Progression) koefitsiendi mõju sõltub defektide arengust, kuid kuna teekatele tehakse regulaarselt korduspindamist, mis defektid kaotab, siis selle mõju teekatte tasasuse arengule on väiksem. Mõlema koefitsiendi puhul kehtib seaduspärasus, et koefitsiendi väärtuse vähendamisel teekatte tasasuse väärtuse areng aeglustub ja vastupidi kui koefitsientide väärtusi suurendada siis ka teekatte tasasuse arengukiirus kasvab.

Teekatte tasasuse muutumine eelpool kirjeldatud teelõigul toimub analüüsitud andmete alusel vastavalt graafikul 3.4.1.1. toodule. Algtasasuse väärtus on 4,0 mm/m . Edasine teekatte tasasuse arenemise kiirus juhul kui jätkatakse rutiinsete hooldustööde ja korduspindamistega on keskmiselt 0,07 ühikut aastas. Korduspindamist tuleb antud juhul teha 5-6 aasta järel. Kui teelõigule tehakse remondimeede, siis teekatte tasasus paraneb ja uueks algtasasuse väärtuseks on IRI=1,0 mm/m. Pärast seda areneb teekatte tasasus esialgu mõnevõrra kiiremini,

keskmiselt 0,08 ühikut aastas. Pärast esimese pindamise tegemist tasetase arengukiirus langeb tasemele 0,05 ühikut aastas.



Graafik 3.4.1.1. Teekatte tasetase muutumine erinevate hooldus- ja remonditööde mõjul tegelike andmete ja HDM-4 mudeli alusel

Kui võrrelda tasetase väärtuste muutumist tegelike andmete ja HDM-4 mudeli alusel (katkendlik must joon), siis on graafikult selgelt näha, HDM-4 mudeliga saadud teekatte tasetase muutumine vastab väga hästi tegelikule olukorrale. Kohatised erinevused on tingitud korduspindamise mõjust teekatte tasetase arengule. Teostatud andmete analüüs näitas, et korduspindamine aeglustab üldiselt teekatte tasetase muutumist. Selle mõju modelleerimiseks on kasutatud HDM-4 tarkvaras pindamistöde mõju koefitsienti  $a_2$  (Roughness Reset Coefficient). Selle koefitsiendi kasutamine pidurdab aastaks teekatte tasetase väärtuse arenemist koefitsiendi väärtuse võrra ja sellest on tingitud ka väikesed erinevused võrreldes tegeliku olukorraga. Pindamistöde tasetase arengukoefitsientide  $a_0$  ja  $a_1$  mõju teekatte tasetase arengule ei olnud võimalik täheldada.

Analüüsi tulemusena määratletud teekatte tasetase muutumist kirjeldavad arengukoefitsientide väärtused on toodud tabelis 3.4.1.1.

Tabel 3.4.1.1. Teekatte tasetase muutumist määravate arengukoefitsientide väärtused.

Teekatte kirjeldus	Environmental coefficient	Progression	Pindamistöde mõju koefitsient $a_2$
Vana remontimata teekate	0,3	0,3	0,1
Uus remonditud teekate	0,6	0,4	0,05

### 3.4.2. Teekatte defektide arengukoefitsiendid

HDM-4 tarkvaras on defektide tekkimise ja arenemise määratlemiseks kasutusel enamusele defektidest kaks arengukoefitsienti – defekti tekkimise koefitsient (Initiation) ja defekti arengu kiiruse koefitsient (Progression). Erandiks on serva defekt, mille arengut on võimalik korrigeerida ainult ühe koefitsiendi abil (serva defekti areng on lineaarne).

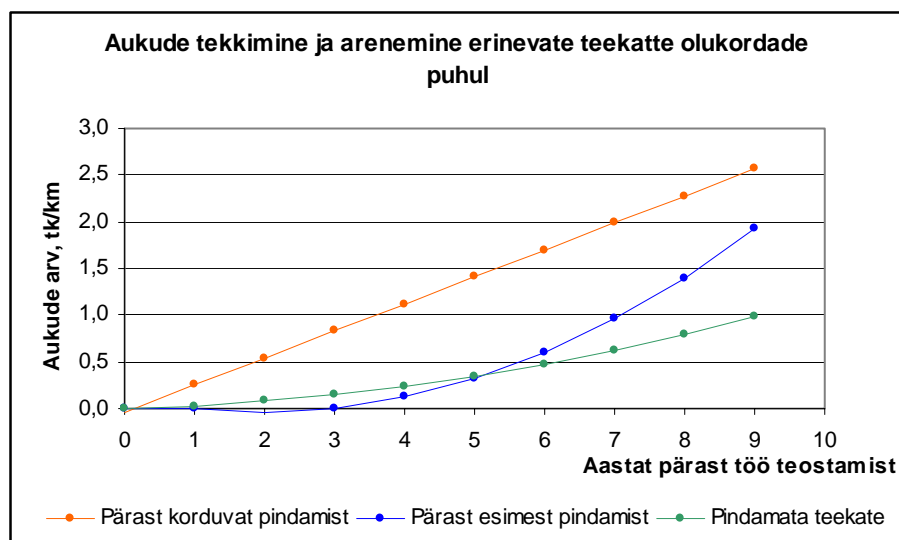
Defektidest on HDM-4 tarkvaras kasutusel põhimõtteliselt neli erinevat defekti:

- aukude arv;
- murenemise ala;
- pragude ala;
- serva defekti ala.

Nende nelja defekti summana kasutatakse defekti ala mõistet, mille ühikuks on protsent teekatte pinnast. Käesolevas töös on määratletud kohalikele tingimustele vastavad defektide arengustsenaariumid kõigile nimetatud defektidele. Arvestatud on olukordi kui teekattele tehakse tavahooldust ja korduspindamist või tehakse tõsisem remondimeede ja seejärel jätkatakse tavahoolduse ja korduspindamisega.

#### 3.4.2.1. Aukude arv

Aukude arv ja aukude tekkimine HDM-4 tarkvara mudelites on seotud laiade pragudega ja murenemisega. Augud saavad tekkida alles siis, kui laiade



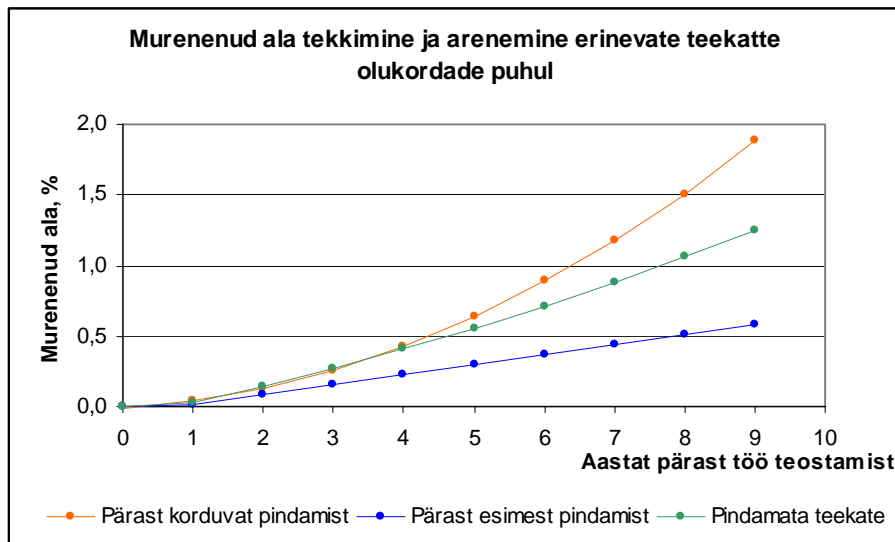
Graafik 3.4.2.1. Aukude tekkimine sõltuvalt teekatte olukorrast.



struktuuripragude ala ületab 20% või murenenud ala ületab 30%. Lähtudes Eesti maanteedel nende defektide (laiad praod ja murenemine) arenemisest ning tingituna regulaarsest korduspindamisest ei ole HDM-4 mudeli põhjal meie teedel auke võimalik tekkida (vaata graafik 3.4.2.1.). Enne, kui laiade pragude või murenemise ala ületab eelpool nimetatud väärtused, tehakse meil korduspindamine, mis olemasolevad defektid kaotab. Seetõttu ei ole antud töös aukude tekkimist ning nende arengut HDM-4 defektide arengumudelile vastavaks kohandatud (auke ei teki). Aukude arengut määratlevate arengukoefitsientidena (Initiation ja Progression) on HDM-4 tarkvarasse sisestatud väärtused 1,0 ja 1,0.

### 3.4.2.2. Murenemine

Murenemine loetakse HDM-4 tarkvara määratluste kohaselt alanuks kui sõidutee pinnast on 0,5% murenenud. Graafikul 3.4.2.2. on toodud murenemise arenemine lähtuvalt Eesti kohalikest tingimustest. Nagu graafikult on näha tekib murenemine HDM-4 tarkvara määratluste alusel viiendal aastal (pärast esimest pindamist alles kaheksandal aastal).



Graafik 3.4.2.2. Murenenud ala tekkimine sõltuvalt teekatte olukorrast.

Tarkvara HDM-4 määratluste kohast murenenud ala tekkimise ja arenemise mudelit on võimalik Eesti tingimustele kohandada, kuigi teatavate mõõndustega. Selleks kõige sobilikemate koefitsientide väärtused on toodud tabelis 3.4.2.2.

Tabel 3.4.2.2. HDM-4 murenenud ala tekkimise ja arenemise kirjeldamiseks sobivad koefitsiendid.

Katte olukord	Murenemise tekkimise (Initiation) koefitsient	Murenemise arenemise (Progression) koefitsient
Pinnatud remontimata teekate	0,15	0,02
Remonditud uus teekate	0,04	0,13

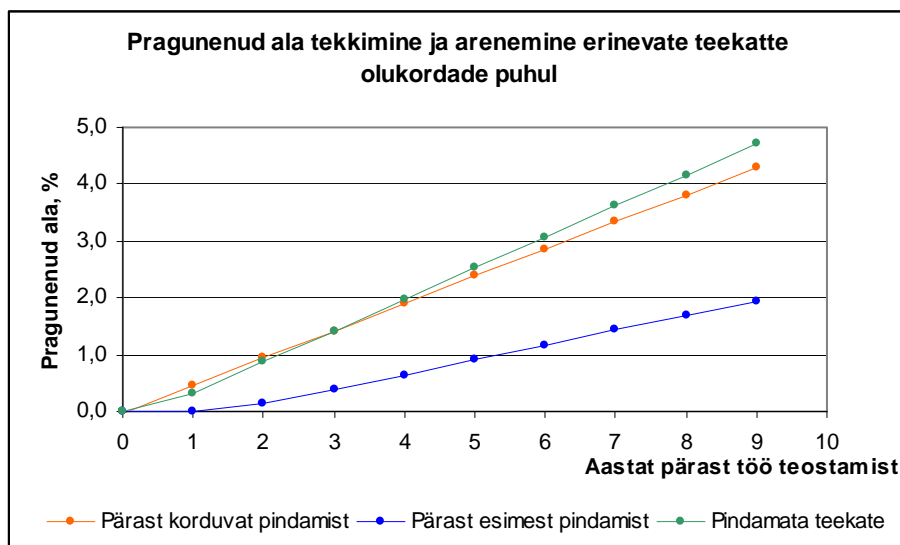
Pinnatud remontimata teekatete puhul on murenemise modelleerimine võimalik. Probleemiks on murenemise tekkimise ja arenemise modelleerimine remonditud uute teekatete osas pärast nende pindamist. Kuna pindamise teostamisel ei ole võimalik muuta murenemise tekkimist ja arenemist kirjeldavaid arengukoefitsiente, siis tekib ja areneb murenemine tunduvalt kiiremini kui see tegelikult toimub (areng vastab pindamata teekatte olukorrale). Eriti suur on erinevus pärast teekatte esimest pindamist.

### 3.4.2.3. Pragunenud ala

Pragunenud ala hõlmab HDM-4 tarkvaras kõigi struktuuripragude ala ja temperatuuri kõikumistest tingitud põikpragude ala. Struktuuripraad jagunevad omakorda:

- kõik struktuuripraad (All structural cracking);
- laiad struktuuripraad (Wide structural cracking).

Graafikul 3.4.2.3. on toodud Eesti tingimustele vastava pragunenud ala tekkimine ja arenemine teekattel erinevate olukordade puhul. Pragunenud ala modelleerimine



Graafik 3.4.2.3. Pragunenud ala tekkimine sõltuvalt teekatte olukorrast.

HDM-4 tarkvaras on üldiselt võimalik. Probleemiks on jällegi olukord, kus teekattele tehakse esimene pindamine. Pärast esimest pindamist aeglustub pragunenud ala arenemine, kuid HDM-4 tarkvaras ei ole võimalik pindamise puhul muuta defektide arenemise koefitsiente.

Pragunenud ala tekkimise ja arenemise modelleerimiseks sobivad koefitsiendid on toodud tabelis 3.4.2.3.

*Tabel 3.4.2.3. HDM-4 pragunenud ala tekkimise ja arenemise kirjeldamiseks sobivad koefitsiendid.*

Katte olukord	Defekti nimetus	Prao tekkimise (Initiation) koefitsient	Prao arenemise (Progression) koefitsient
Pinnatud remontimata teekate	Kõik struktuuripraad (All structural cracking)	0,1	0,095
	Laiad struktuuripraad (Wide structural cracking)	0,5	0,5
	Põikpraad (Transver thermal cracking)	0,5	0,5
Remonditud uus teekate	Kõik struktuuripraad (All structural cracking)	0,1	0,17
	Laiad struktuuripraad (Wide structural cracking)	0,5	0,5
	Põikpraad (Transver thermal cracking)	0,5	0,5

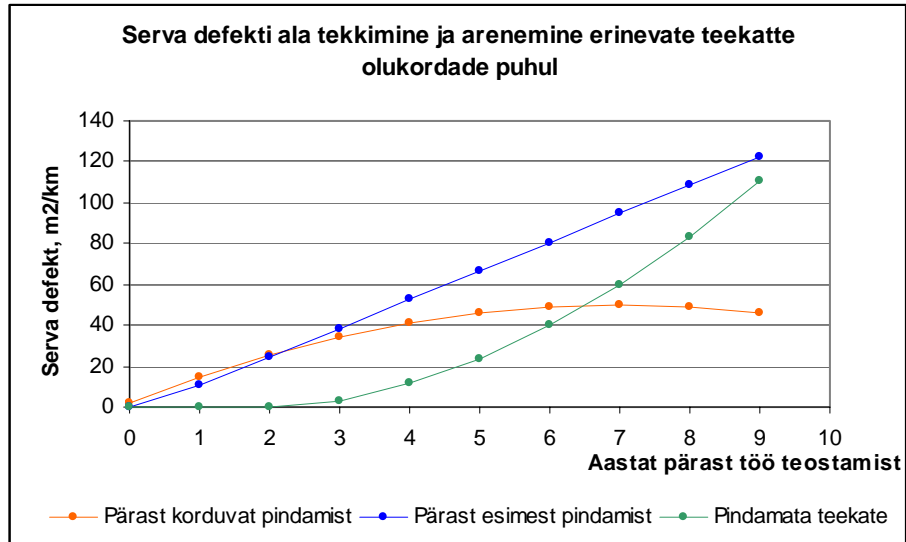
#### 3.4.2.4. Serva defekt

Serva defekt saab tekkida HDM-4 tarkvara määratluste alusel maanteedel ainult siis, kui sõidutee laius on alla 7,5 m. Laiemate teekatete puhul on see välistatud. Serva defekti esineb kitsastel maanteedel, kus liiklejad on sunnitud sõitma asfaltkatte serva lähedal. HDM-4 tarkvaras on võimalik serva defekti arengut määratleda ainult ühe koefitsiendi abil. Antud koefitsienti muutes muutub nii serva defekti tekkimise kui ka arenemise kiirus. Serva defekti areng on lineaarne.

*Tabel 3.4.2.4. HDM-4 serva defekti ala tekkimise ja arenemise kirjeldamiseks sobiva koefitsiendi väärtused.*

Katte olukord	Serva defekti tekkimist ja arenemist kirjeldav koefitsient (Edge break)
Pinnatud remontimata teekate	7
Remonditud uus teekate	2

Serva defekti tekkimise ja arenemise olukord Eestis on toodud graafikul 3.4.2.4. Toodud andmed näitavad, et serva defekt tekib ja see areneb küllaltki kaootiliselt ning kindel seaduspärasus puudub. Seetõttu on ka üsna raske määratleda HDM-4



Graafik 3.4.2.4. Serva defekti ala tekkimine sõltuvalt teekatte olukorrast.

tarkvaras serva defekti arengukoefitsienti. Tabelis 3.4.2.4. toodud serva defekti arengukoefitsiendid osutusid kõige paremini sobivateks. Nende kasutamisel on arvestatud eelkõige sellega, et kogu defekti ala areng vastaks Eesti tingimustele.

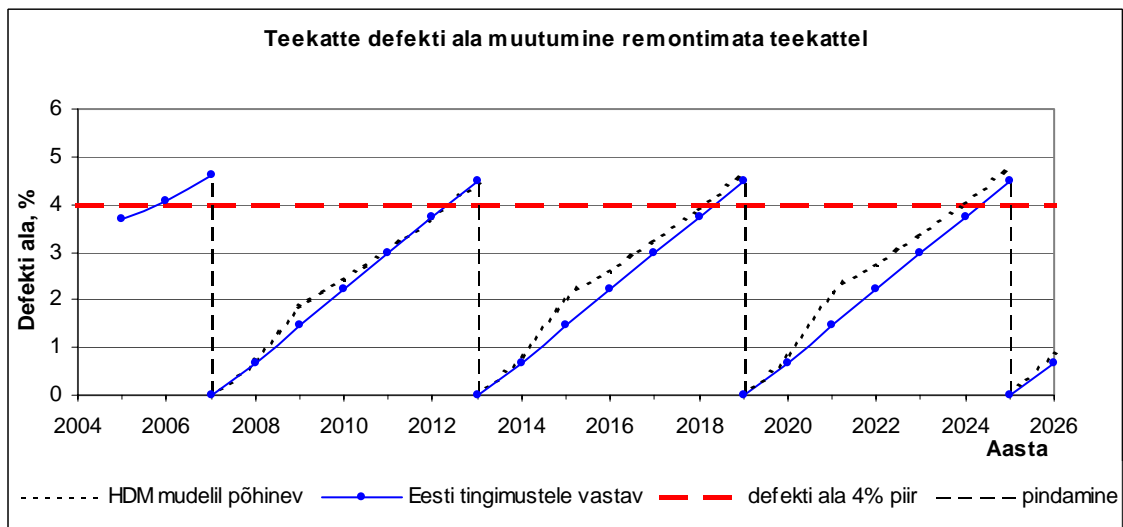
### 3.4.2.5. Defekti ala

Defekti ala näitab protsentuaalselt defektidega kaetud ala osa teekatte pinnast. Defekti ala koosneb murenenud ala, aukude ala, pragunenud ala ja serva defekti ala summast. Kõigi eelpool loetletud defektide ühikud peavad olema enne summeerimist üleviidud protsendile pinnast.

Defekti ala on soovitatav kasutada HDM-4 analüüsis näiteks pindamistöõde tegemise kriteeriumina. Eesti tingimustele sobivaks defekti ala väärtuseks, mille saavutamisel tuleks teha korduspindamine, on 4 %. Antud väärtuse kasutamine koos defektide arenguga vastab Eesti kohalikele tingimustele kõige paremini.

Graafikul 3.4.2.5. on toodud defekti ala muutumine vanal pinnatud teekattel Eesti tingimustes ning sama modelleerituna HDM-4 tarkvaraga. Graafikult on näha, et üldiselt vastab modelleeritud olukord üsna hästi tegelikule olukorrale.

Korduspindamise vajadus on pindamise järel regulaarselt igal kuuendal aastal. Analüüsi perioodi lõpus erinevused defekti alas kasvavad, kuid need on suhteliselt väikesed, kui arvestada seda, et ennustus on tehtud 20 aastaks. Peamine põhjus erinevuste tekkimisel on see, et HDM-4 mudeli kohaselt teekatte vananedes defektide areng kiireneb hoolimata tehtavatest korduspindamistest. Sarnast tendentsi ei olnud aga võimalik Eestis kogutud seisukorra andmete töötlemisel täheldada.



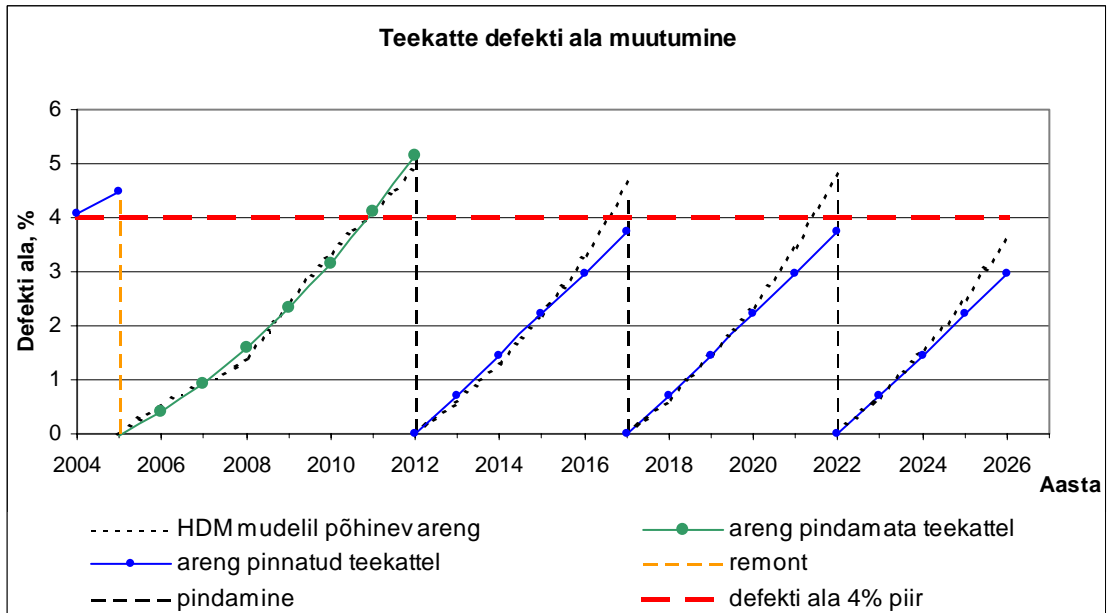
Graafik 3.4.2.5. Teekatte defekti ala muutumine vastavalt Eesti tingimustele ja kalibreeritud HDM-4 mudelile vanal remontimata teekattel.

Graafikul 3.4.2.5. on toodud teekatte defekti ala muutumine vastavalt Eesti tingimustele ja kalibreeritud HDM-4 mudelile uuel remonditud teekattel. Uuel pindamata teekattel vastab modelleeritud olukord tegelikule olukorrale väga hästi. Pärast esimese pindamise tegemist olukord muutub radikaalselt. Olukorda, kus esimese pindamise järel defektide areng aeglustub, ei olnud võimalik modelleerida (pindamise puhul ei ole võimalik HDM-4 tarkvaras eraldi defektide arengukoefitsiente muuta). Seetõttu on sellest loobutud ning on tehtud järgmised kompromissid:

- esimese pindamise tegemine on aasta võrra hilisem, kui on Eestis seni praktiseeritud. Juhul kui pindamata teekatte defektide arengumudelid defektide arengut kiirendada, siis hilisematel aastatel muutub see liiga kiireks. Tekib korduspindamise vajadus juba igal neljandal aastal, mis kindlasti ei vasta tegelikule olukorrale;
- murenenud ala on defekti alas arvestatud ainult pindamata teekatte osas. Pinnatud teekattel muutub murenenud ala arenemine liiga kiireks, samas ei

ole seda arengut võimalik korrigeerida. Seetõttu ei ole pinnatud teekatete osas defekti alas murenenud ala arvestatud.

- defekti ala arengu modelleerimisel ei ole arvestatud pärast esimest pindamist tekkivat olukorda, kus defektide areng pidurdub. See on tingitud eelkõige sellest, et pindamistöö teostamisel ei ole võimalik HDM-4 tarkvaras defektide arengut muuta.



Graafik 3.4.2.5. Teekatte defekti ala muutumine vastavalt Eesti tingimustele ja kalibreeritud HDM-4 mudelile uuel remonditud teekattel.

Hoolimata eelpool toodud kompromissidest tingitud erinevusi tegeliku olukorra ja HDM-4 tarkvaraga modelleeritud olukorra vahel tuleb saavutatud defekti ala arengut lugeda siiski rahuldavaks. Põhimõtteline defektide areng vastab piisaval määral olukorrale Eestis.

### 3.4.2.6. Kokkuvõte defektide arengukoefitsientidest

Tabelis 3.4.2.6. on toodud teekatte defektide Eesti tingimuste kohast tekkimist ja arengut väljendavad arengukoefitsiendid. Nende kasutamine on soovituslik ja need sobivad eelkõige eelpool kirjeldatud seisukorras olevale teelõigule. Kindlasti tuleb alati HDM-4 tarkvaraga tehtavate analüüside puhul kontrollida teekatte seisukorra andmete muutumist ning vajadusel tuleb sisse viia korrektuurid, et teekatte seisukorra andmete muutumine vastaks Eesti tingimustele.

*Tabel 3.4.2.6. Teekatte defektid ning nende arengut määratlevate koefitsientide väärtused tarkvaras HDM-4.*

Katte olukord	Defekti nimetus	Prao tekkimise (Initiation) koefitsient	Prao arenemise (Progression) koefitsient
Pinnatud remontimata teekate	Kõik struktuuripraod (All structural cracking)	0,1	0,095
	Laiad struktuuripraod (Wide structural cracking)	0,5	0,5
	Põikpraod (Transver thermal cracking)	0,5	0,5
	Murenemine (Ravelling)	0,15	0,02
	Augud (Pothole)	1,0	1,0
	Serva defekt (Edge break)	7	-
Remonditud uus teekate	Kõik struktuuripraod (All structural cracking)	0,1	0,17
	Laiad struktuuripraod (Wide structural cracking)	0,5	0,5
	Põikpraod (Transver thermal cracking)	0,5	0,5
	Murenemine (Ravelling)	0,04	0,13
	Augud (Pothole)	1,0	1,0
	Serva defekt (Edge break)	2	-

## 4. Teekasutaja kulud

Teekasutajate kulude arvutamisel on arvestatud sõidukite jagunemist kolmeks liigiks ja üheksaks liigiks vastavalt Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt 2003 aastal tehtud sõiduki- ja ajakulude uurimistööle. Teekasutaja kulud on arvatud HDM-4 tarkvaraga lähtudes eelpool nimetatud uurimistööga määratletud lähteandmetele. Lähteandmetest on korrigeeritud mootorikütuse hinda ja tööjõukulusid, kuna need on viimaste aastate jooksul tunduvalt muutunud. Analüüsis kasutatud mootorikütuse hind ja tööjõukulu väärtus on lähtuvalt Statistikaameti andmetele seisuga 01.07.05.a.

Eestis kasutatava autopargi, erinevate sõidukiliikide esindussõidukite andmete ja muude sõidukitega seotud kululiikide kirjelduste ja ühikmaksumuste kohta saab täpsemat informatsiooni uurimistöö "HDM-4 evitamiseks vajalike liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamine" Tallinn 2003, TTÜ Teedeinstituut, lõpparuandest.

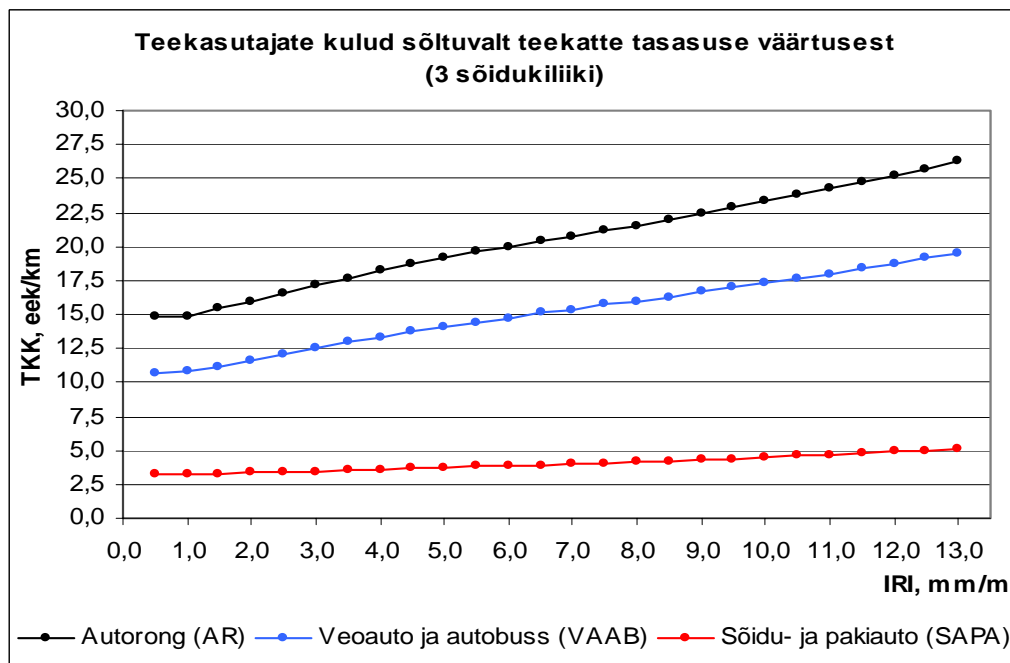
### 4.1. Kolm sõidukiliiki

Sõidukite jagunemine 3 sõidukiliiki vastab Maanteeameti teeregistrisse sisestavate liiklussageduse andmete jaotusele. Antud jaotust kasutatakse mitmete analüüside tegemisel (näiteks PMS analüüsid tarkvaraga EPMS). Sõidukite jagamisel kolmeks liigiks on nende jaotus ning igasse gruppi kuuluvate sõidukite kirjeldused järgmised:

- sõidu- ja pakiautod, antud gruppi kuuluvad sõidukid pikkusega kuni 6 meetrit ning selle grupi sõidukitest on 94,2% sõidu- ja pakiautod, 2,5% väikesed bussid ja 3,3% väikesed veoautod;
- veoautod ja autobussid, antud gruppi kuuluvad sõidukid pikkusega 6 kuni 12 meetrit ning selle grupi sõidukitest on veoautod 76,8% ja autobussid 23,2%;
- autorongid, antud grupis on sõidukid pikkusega üle 12 meetri ning selle grupi sõidukitest on 94,8% autorongid ja autobussid 5,2%.

Tabelis 4.1. ja graafikul 4.1. on toodud HDM-4 tarkvara teekasutaja kulude mudeliga arvatud teekasutaja kulud kolmele sõidukiliigile vastavalt teekatte tasasuse väärtustele. Teekatte tasasuse väärtused on alates 0,5 mm/m kuni 13,0 mm/m sammuga 0,5 ühikut.





Graafik 4.1. Teekasutajate kulud sõltuvalt teekatte tasasuse väärtustest 3 sõidukiliigi puhul.

Tabel 4.1. Teekasutajate kulud sõltuvalt sõidukiliigist ja teekatte tasasuse väärtusest.

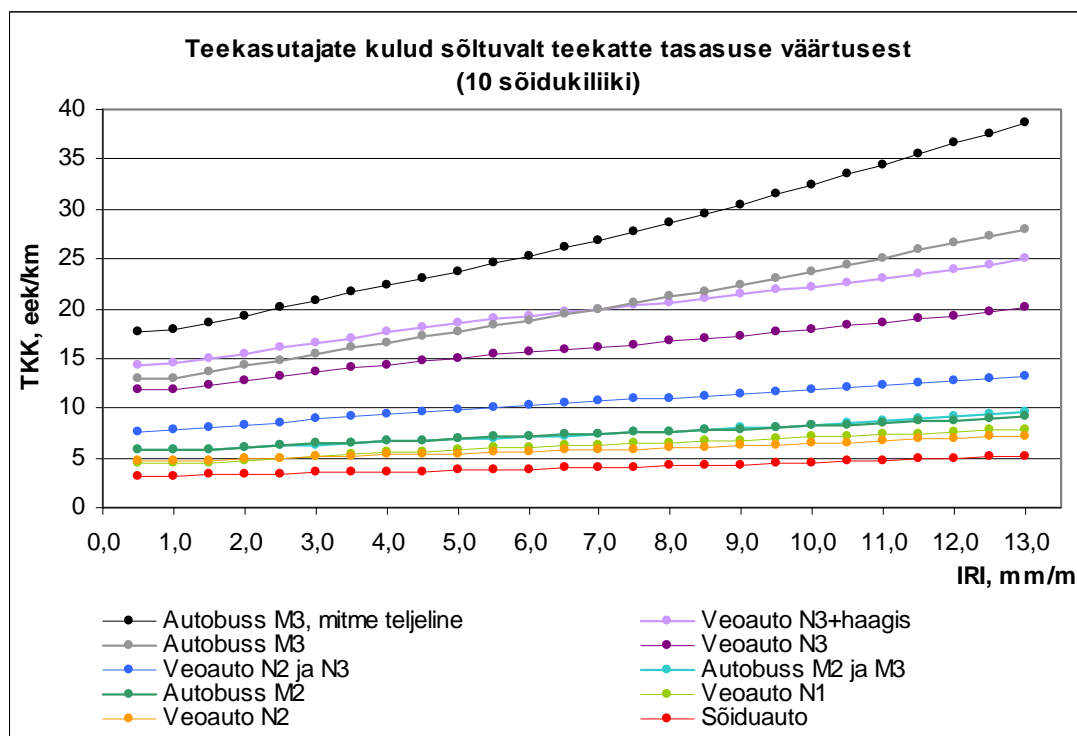
IRI, mm/m	Sõidu- ja pakiauto (SAPA)			Veoauto ja autobuss (VAAB)			Autorong (AR)		
	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku
0,5	3,11	0,09	<b>3,20</b>	10,34	0,40	<b>10,74</b>	14,53	0,24	<b>14,77</b>
1,0	3,12	0,09	<b>3,21</b>	10,42	0,40	<b>10,82</b>	14,65	0,24	<b>14,89</b>
1,5	3,18	0,09	<b>3,27</b>	10,80	0,40	<b>11,20</b>	15,15	0,24	<b>15,39</b>
2,0	3,25	0,09	<b>3,34</b>	11,24	0,40	<b>11,64</b>	15,73	0,24	<b>15,97</b>
2,5	3,31	0,09	<b>3,40</b>	11,68	0,40	<b>12,08</b>	16,30	0,24	<b>16,54</b>
3,0	3,38	0,09	<b>3,47</b>	12,11	0,40	<b>12,51</b>	16,87	0,24	<b>17,11</b>
3,5	3,44	0,09	<b>3,53</b>	12,53	0,40	<b>12,93</b>	17,43	0,24	<b>17,67</b>
4,0	3,51	0,09	<b>3,60</b>	12,94	0,40	<b>13,34</b>	17,96	0,24	<b>18,20</b>
4,5	3,57	0,09	<b>3,66</b>	13,32	0,40	<b>13,72</b>	18,47	0,24	<b>18,71</b>
5,0	3,63	0,09	<b>3,72</b>	13,69	0,40	<b>14,09</b>	18,93	0,24	<b>19,17</b>
5,5	3,70	0,09	<b>3,79</b>	14,03	0,41	<b>14,44</b>	19,36	0,25	<b>19,61</b>
6,0	3,76	0,09	<b>3,85</b>	14,35	0,41	<b>14,76</b>	19,75	0,25	<b>20,00</b>
6,5	3,83	0,10	<b>3,93</b>	14,66	0,42	<b>15,08</b>	20,12	0,26	<b>20,38</b>
7,0	3,89	0,10	<b>3,99</b>	14,96	0,42	<b>15,38</b>	20,48	0,27	<b>20,75</b>
7,5	3,96	0,10	<b>4,06</b>	15,26	0,44	<b>15,70</b>	20,84	0,29	<b>21,13</b>
8,0	4,04	0,11	<b>4,15</b>	15,55	0,45	<b>16,00</b>	21,22	0,30	<b>21,52</b>
8,5	4,11	0,11	<b>4,22</b>	15,85	0,46	<b>16,31</b>	21,62	0,32	<b>21,94</b>
9,0	4,19	0,12	<b>4,31</b>	16,15	0,48	<b>16,63</b>	22,03	0,34	<b>22,37</b>
9,5	4,28	0,12	<b>4,40</b>	16,47	0,50	<b>16,97</b>	22,46	0,36	<b>22,82</b>
10,0	4,37	0,13	<b>4,50</b>	16,79	0,52	<b>17,31</b>	22,90	0,38	<b>23,28</b>
10,5	4,46	0,13	<b>4,59</b>	17,12	0,54	<b>17,66</b>	23,36	0,39	<b>23,75</b>
11,0	4,55	0,14	<b>4,69</b>	17,45	0,56	<b>18,01</b>	23,82	0,41	<b>24,23</b>
11,5	4,65	0,14	<b>4,79</b>	17,80	0,59	<b>18,39</b>	24,30	0,43	<b>24,73</b>
12,0	4,75	0,15	<b>4,90</b>	18,15	0,61	<b>18,76</b>	24,78	0,45	<b>25,23</b>
12,5	4,85	0,16	<b>5,01</b>	18,50	0,63	<b>19,13</b>	25,27	0,47	<b>25,74</b>
13,0	4,95	0,16	<b>5,11</b>	18,86	0,66	<b>19,52</b>	25,76	0,49	<b>26,25</b>

## 4.2. Kümme sõidukiliiki

Sõidukite jagamisel kümneks liigiks on jaotus ning igasse gruppi kuuluvate sõidukite kirjeldused järgmised:

- sõiduauto, kategooria M1;
- autobuss, kategooria M2, kerge alla 3,5 t autobuss;
- autobuss, kategooria M2 ja M3, keskmine 3,5-8,0 t autobuss;
- autobuss, kategooria M3, raske kaheteljeline (>8 t) autobuss;
- mitmeteljeline autobuss, kategooria M3, raske mitmeteljeline (>8 t) autobuss;
- veoauto, kategooria N1, kerge alla 3,5 t veoauto;
- veoauto, kategooria N2, keskmine 3,5-7,5 t veoauto;
- veoauto, kategooria N2 ja N3, raske kaheteljeline (>7,5 t) veoauto;
- veoauto, kategooria N3, raske mitmeteljeline veoauto;
- veoauto, kategooria N3+haagis, raske mitmeteljeline veoauto haagisega (autorong).

Graafikul 4.2. ja tabelis 4.2. on toodud HDM-4 tarkvara teekasutajate mudeliga arvatatud teekasutajate kulud kümnele sõidukiliigile vastavalt teekatte tasasuse väärtustele. Teekatte tasasuse väärtused on alates 0,5 mm/m kuni 13,0 mm/m sammuga 0,5 ühikut.



Graafik 4.2. Teekasutajate kulud sõltuvalt teekatte tasasuse väärtustest 10 sõidukiliigi puhul.

Tabel 4.2. Teekasutajate kulud sõltuvalt sõidukiliigist ja teekatte tasasuse väärtusest.

IRI, mm/ m	Sõiduauto			Autobuss M2			Autobuss M2 ja M3			Autobuss M3			Autobuss M3, mitme teljeline		
	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku
0,5	3,13	0,09	3,22	5,23	0,51	5,74	4,08	1,63	5,71	11,17	1,77	12,94	13,84	3,82	17,66
1,0	3,14	0,09	3,23	5,26	0,51	5,77	4,11	1,63	5,74	11,29	1,77	13,06	13,99	3,82	17,81
1,5	3,19	0,09	3,28	5,40	0,52	5,92	4,25	1,63	5,88	11,83	1,77	13,60	14,67	3,82	18,49
2,0	3,26	0,09	3,35	5,56	0,52	6,08	4,41	1,63	6,04	12,46	1,77	14,23	15,45	3,83	19,28
2,5	3,32	0,09	3,41	5,71	0,52	6,23	4,56	1,64	6,20	13,07	1,77	14,84	16,23	3,83	20,06
3,0	3,39	0,09	3,48	5,86	0,52	6,38	4,70	1,64	6,34	13,67	1,77	15,44	16,99	3,83	20,82
3,5	3,45	0,09	3,54	6,01	0,52	6,53	4,84	1,64	6,48	14,26	1,77	16,03	17,74	3,83	21,57
4,0	3,51	0,09	3,60	6,15	0,52	6,67	4,97	1,65	6,62	14,84	1,77	16,61	18,49	3,83	22,32
4,5	3,58	0,09	3,67	6,28	0,52	6,80	5,09	1,65	6,74	15,40	1,77	17,17	19,22	3,83	23,05
5,0	3,64	0,09	3,73	6,40	0,52	6,92	5,21	1,66	6,87	15,95	1,77	17,72	19,93	3,85	23,78
5,5	3,70	0,09	3,79	6,52	0,53	7,05	5,32	1,68	7,00	16,49	1,79	18,28	20,65	3,87	24,52
6,0	3,77	0,09	3,86	6,63	0,54	7,17	5,42	1,69	7,11	17,02	1,81	18,83	21,35	3,92	25,27
6,5	3,83	0,10	3,93	6,74	0,54	7,28	5,52	1,71	7,23	17,53	1,85	19,38	22,04	4,00	26,04
7,0	3,90	0,10	4,00	6,84	0,55	7,39	5,62	1,74	7,36	18,04	1,90	19,94	22,73	4,12	26,85
7,5	3,97	0,10	4,07	6,95	0,57	7,52	5,72	1,78	7,50	18,55	1,98	20,53	23,42	4,28	27,70
8,0	4,05	0,11	4,16	7,05	0,58	7,63	5,83	1,82	7,65	19,07	2,07	21,14	24,12	4,48	28,60
8,5	4,13	0,11	4,24	7,16	0,60	7,76	5,93	1,86	7,79	19,60	2,17	21,77	24,83	4,71	29,54
9,0	4,21	0,12	4,33	7,27	0,62	7,89	6,04	1,92	7,96	20,14	2,28	22,42	25,55	4,95	30,50
9,5	4,30	0,12	4,42	7,39	0,64	8,03	6,16	1,98	8,14	20,69	2,40	23,09	26,29	5,20	31,49
10,0	4,39	0,13	4,52	7,50	0,67	8,17	6,28	2,04	8,32	21,24	2,52	23,76	27,03	5,46	32,49
10,5	4,49	0,13	4,62	7,62	0,69	8,31	6,40	2,11	8,51	21,80	2,64	24,44	27,77	5,73	33,50
11,0	4,58	0,14	4,72	7,75	0,72	8,47	6,53	2,19	8,72	22,36	2,77	25,13	28,51	5,99	34,50
11,5	4,68	0,14	4,82	7,87	0,75	8,62	6,66	2,26	8,92	22,93	2,89	25,82	29,26	6,26	35,52
12,0	4,78	0,15	4,93	8,00	0,77	8,77	6,79	2,34	9,13	23,50	3,01	26,51	30,01	6,53	36,54
12,5	4,88	0,16	5,04	8,13	0,80	8,93	6,93	2,43	9,36	24,07	3,14	27,21	30,76	6,80	37,56
13,0	4,98	0,16	5,14	8,27	0,83	9,10	7,07	2,51	9,58	24,63	3,26	27,89	31,51	7,07	38,58

IRI, mm/ m	Veoauto N1			Veoauto N2			Veoauto N2 ja N3			Veoauto N3			Veoauto N3+haagis		
	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku	Sõidu kulu	Aja kulu	Kulud kokku
0,5	4,38	0,00	4,38	4,62	0,00	4,62	7,68	0,00	7,68	11,79	0,04	11,83	14,29	0,04	14,33
1,0	4,41	0,00	4,41	4,64	0,00	4,64	7,74	0,00	7,74	11,88	0,04	11,92	14,41	0,04	14,45
1,5	4,58	0,00	4,58	4,74	0,00	4,74	8,00	0,00	8,00	12,25	0,04	12,29	14,88	0,04	14,92
2,0	4,78	0,00	4,78	4,85	0,00	4,85	8,30	0,00	8,30	12,68	0,04	12,72	15,43	0,04	15,47
2,5	4,97	0,00	4,97	4,95	0,00	4,95	8,59	0,00	8,59	13,11	0,04	13,15	15,98	0,04	16,02
3,0	5,15	0,00	5,15	5,06	0,00	5,06	8,87	0,00	8,87	13,53	0,04	13,57	16,51	0,04	16,55
3,5	5,32	0,00	5,32	5,16	0,00	5,16	9,15	0,00	9,15	13,94	0,04	13,98	17,04	0,04	17,08
4,0	5,49	0,00	5,49	5,26	0,00	5,26	9,42	0,00	9,42	14,33	0,04	14,37	17,54	0,04	17,58
4,5	5,64	0,00	5,64	5,35	0,00	5,35	9,67	0,00	9,67	14,70	0,04	14,74	18,02	0,04	18,06
5,0	5,79	0,00	5,79	5,44	0,00	5,44	9,90	0,00	9,90	15,03	0,04	15,07	18,46	0,04	18,50
5,5	5,93	0,00	5,93	5,53	0,00	5,53	10,12	0,00	10,12	15,33	0,04	15,37	18,86	0,04	18,90
6,0	6,06	0,00	6,06	5,62	0,00	5,62	10,32	0,00	10,32	15,60	0,04	15,64	19,23	0,04	19,27
6,5	6,19	0,00	6,19	5,71	0,00	5,71	10,50	0,00	10,50	15,85	0,04	15,89	19,57	0,04	19,61
7,0	6,32	0,00	6,32	5,80	0,00	5,80	10,68	0,00	10,68	16,10	0,04	16,14	19,91	0,04	19,95
7,5	6,44	0,00	6,44	5,89	0,00	5,89	10,85	0,00	10,85	16,35	0,05	16,40	20,24	0,05	20,29
8,0	6,57	0,00	6,57	5,99	0,00	5,99	11,03	0,00	11,03	16,61	0,05	16,66	20,59	0,05	20,64
8,5	6,69	0,00	6,69	6,09	0,00	6,09	11,22	0,00	11,22	16,90	0,05	16,95	20,96	0,05	21,01
9,0	6,81	0,00	6,81	6,20	0,00	6,20	11,41	0,00	11,41	17,20	0,06	17,26	21,34	0,06	21,40
9,5	6,94	0,00	6,94	6,31	0,00	6,31	11,62	0,00	11,62	17,52	0,06	17,58	21,74	0,06	21,80
10,0	7,06	0,01	7,07	6,44	0,00	6,44	11,84	0,01	11,85	17,85	0,06	17,91	22,16	0,06	22,22
10,5	7,19	0,01	7,20	6,56	0,00	6,56	12,06	0,01	12,07	18,18	0,06	18,24	22,58	0,06	22,64
11,0	7,32	0,01	7,33	6,70	0,00	6,70	12,30	0,01	12,31	18,53	0,07	18,60	23,02	0,07	23,09
11,5	7,45	0,01	7,46	6,83	0,00	6,83	12,53	0,01	12,54	18,89	0,07	18,96	23,47	0,07	23,54
12,0	7,58	0,01	7,59	6,97	0,00	6,97	12,77	0,01	12,78	19,25	0,07	19,32	23,92	0,07	23,99
12,5	7,72	0,01	7,73	7,12	0,00	7,12	13,02	0,01	13,03	19,62	0,08	19,70	24,38	0,08	24,46
13,0	7,85	0,01	7,86	7,26	0,00	7,26	13,27	0,01	13,28	19,99	0,08	20,07	24,84	0,08	24,92

## 5. Kokkuvõte

Uurimistöö "*Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte seisukorra näitajatest*" tulemused võimaldavad tarkvaraga HDM-4 tehtavate analüüside puhul teekatte seisukorra andmete algväärtusi täpsemini määratleda ning nende edasist arengut usaldusväärsemalt ennustada.

Uurimistöö esimese osas on tundlikkusanalüüsiga määratletud need teekatte seisukorra andmed, mis avaldavad mõju teekasutaja kulude muutumisele. Eelkõige on selleks parameetrikts teekatte tasasus, kuid läbi teekatte tasasuse mõjutavad teekasutaja kulusid ka erinevad teekatte defektid.

Uurimistöö teises osas on lähtuvalt teekatte seisukorra andmete tekkimise ja arenemise stsenaariumitest Eestis välja töötatud vastavad arengukoefitsiendid antud olukorra modelleerimiseks HDM-4 tarkvaras. Põhimõtteliselt on võimalik kirjeldada teekatete seisukorra andmete muutumist arengukoefitsientidega selliselt, et saavutatud olukord vastaks Eesti tingimustele. Probleemiks on teekatte defektide tekkimise ja muutumise määratlemine uutel remonditud teekatetel pärast pindamistöode teostamist, kuna pärast pindamise tegemist ei ole võimalik defektide arengukoefitsientide enam muuta. Samas on pindamistöodel selge mõju defektide arengule selle aeglustumise näol. Lahendus sellele probleemile on antud olukorrast HDM-4 arendajate teavitamine ning tarkvara muutmine nii, et ka pindamistöode puhul on defektide arengukoefitsientide muutmine võimalik. Antud uurimistöö alusel on hetkeolukorrale lahenduseks pakutud võimalust kasutada defektide arengumudelite määratlemisel olukorda, kus pindamistöode mõju otseselt ei arvestata. Uutel remonditud ja esialgu pindamata teekatetel tehakse pindamine siis kui defekti ala ületab väärtuse 4 % ning edasine defektide arenemine toimub nii nagu see oli enne pindamist.

Uurimistöö kolmandas osas on HDM-4 teekasutaja kulude mudeli põhjal arvatud teekasutaja kulud lähtudes kahest erinevast sõidukite liikideks jaotamisest. Teekasutaja kulud on sõidukiliikide kaupa esitatud kolmese ja kümnese jaotuse põhjal. Teekatte tasasuse väärtused on toodud alates väärtusest 0,5 mm/m kuni 13,0 mm/m sammuga 0,5 ühikut.

**Kasutatud kirjandus:**

1. *"The Highway Development and Management Series"*, volumes one – five, HDM-4 Highway Management & Development;
2. *"Tasasuse arengust enne 1995.a. ehitatud katetel"*, Tallinn 2004, Maanteeamet, PMS töörühm;
3. *"Teekatte defektide areng peale pindamistöõde teostamist"*, Tallinn 2004, Maanteeamet, PMS töörühm
4. *"1995-2000 aastal ehitatud katete seisukorra analüüs"*, Tallinn 2001, AS Teede Tehnokeskus, PMS-grupp.