

## Lisa 1

Tüüpkatendite juhendi (projekti) ja Tallinnas kasutatavate  
asfaltbetoonkatendite võrdlusanalüüs 2015.a. ehitus- ja remondihindade  
alusel

# Sisukord

|     |                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------|----|
| 1   | Kokkuvõte .....                                      | 3  |
| 2   | Tänaste asfaltbetoonkatendite remondikulu .....      | 6  |
| 2.1 | A1 tänane katenditüüp.....                           | 6  |
| 2.2 | B2 tänane katenditüüp.....                           | 7  |
| 2.3 | C3 tänane katenditüüp.....                           | 8  |
| 2.4 | D4 tänane katenditüüp.....                           | 9  |
| 2.5 | E5 tänane katenditüüp.....                           | 10 |
| 3   | Tüüp- asfaltbetoonkatendite remondikulu .....        | 11 |
| 3.1 | A1 tüüpkatend. Variant rooparemix ja remix.....      | 11 |
| 3.2 | A1 tüüpkatend. Variant roopafrees ja täisfrees ..... | 12 |
| 3.3 | B2 tüüpkatend. Variant rooparemix ja remix.....      | 13 |
| 3.4 | B2 tüüpkatend. Variant roopafrees ja täisfrees ..... | 14 |
| 3.5 | C3 tüüpkatend .....                                  | 15 |
| 3.6 | D4 tüüpkatend.....                                   | 16 |
| 3.7 | E5 tüüpkatend .....                                  | 17 |
| 4   | Katendikonstruktsioonide ehituskulu.....             | 18 |
| 5   | Aastakulude võrdlus .....                            | 24 |
| 6   | Kasutatud infoallikad .....                          | 30 |

# 1 KOKKUVÕTE

Tüüpkatendite normatiivse baasi Tallinnas rakendamise peamised põhjused:

- a) kasvanud liiklussagedus ja-koormus;
- b) teekatendi eluea suurendamine s.h. kandevõime, kulumiskindluse ja nihkekindluse tõstmine;
- c) teekatendite remondivahemike suurendamine-vähendab remondiaegseid liikluse ümberkorraldusi;
- d) uute ehitus-ja remonditehnoloogiate (nt tsementbetoonkatend, Novaflex, remix) kasutamise võimaldamine;
- e) Tallinna teehoiu kulutuste vähendamine ja optimeerimine.

Täna kasutatavate püsikatendite elueaks loetakse 15 (maksimaalselt 20) aastat ja remondivahemikuks 7-8 aastat. Selle alusel on projekteeritud (dimensioneeritud) ka täna ehitatavad katendikonstruktsioonid. Tegelik praktika näitab vajadust remontida asfaltbetoonkatteid juba 5aasta tagant. Kuna seda ei tehta, kasvab sõiduraja pikiroopa sügavus üle 4 cm, mis omakorda halvendab veelgi kogu katendikonstruktsiooni eksploatatsioonilisi tingimusi, ning kiirendab tee või tänava lagunemist.

Tallinna tüüpkatendite juhendi (projekt) järgi on planeeritud püsikatendite elueaks 35 aastat ning remondivahemikus 10 kuni 11 aastat.

Remonditehnoloogiad on valitud vastavalt Tallinna Kommunaalameti poolt läbiviidud riigihanke „Tallinna tänavate ja rajatiste säilitusremondi teostamine“ pakumustabelile /Kasutatud allikad p 3/. Remondimaksumuste aluseks on 2015. a kehtiv lepingujärgne hinnakiri / Kasutatud allikad p 3 ja p 5/.

Katendikonstruktsioonide ehitushinnad on määratud 2014-2015 a. Tallinnas ehituspakkumiste alusel saadud ja Teede Projektijuhtimise AS poolt üldistatud ühikhindade alusel (Kasutatud allikad p 4/. Novaflex ja Remix remonditehnoloogiate ühikhindade aluseks on Lemminkäinen Eesti AS pakkumine /Kasutatud allikad p 6/. Tsementbetoonkatendite ehitus- ja remondimaksumuste alused on toodud uurimistöodes /Kasutatud allikad p 7 ja p 8/.

Diskonteerimist ei kasutata selle meetodi vastuolulisuse tõttu.

Tallinna tänavate ja teede eluea tõus ja remondivahemike suurenemine saavutatakse nn teeressursi meetodi rakendamisel, kus toimub iga-aastane liiklussageduse ja liikluskooormuse määramine koos katendikonstruktsioonide kandevõime usaldusväärse mõõtmisega.

Samuti tuleb katendite ülemises kihis kasutada asfaltbetoonsegusid, mille puhul on tagatud nõutud kulumiskindlus-pikiroopa sügavuse kasvukiirus ei tohi olla üle 1,5 mm aastas.

Kõik see võimaldab kasutada uusi katendi kulumiskihi taastamise (remix tüüpi) tehnoloogiaid.

Tänu teepinna tasasuse tõusule ja asjaolule, et roopasügavus RBS on väiksem kui 20 mm vähenevad ka teede ja tänavate talvised hoolduskulud. Tüüpkatendite rakendamisel kaob vajadus asfaltbetoonkatte aukude parandamiseks.

Teede ja tänavate eluea maksumuse võrdlusanalüüs näitab tüüpkatendite puhul keskmiselt 15 % kokkuhoidu võrreldes täna Tallinnas kasutatavate katendikonstruktsioonidega. Kokkuvõttes annab see Tallinnas säästu 4-5 miljonit eurot aastas.

Kõige soodsam on rajada tsementbetoonkatendeid, siis saavutatakse teehoiu kulude vähenemine 30 % (samasugused tulemused on saanud ka teised uuringud) /Kasutatud allikad p 1 ja p 2/. Tüüpkatendite puhul tuleb välja ka järgmine oluline aspekt-tee eluea lõppedes rekonstrueeritava katendikonstruktsiooni ehitusmaksumus on 2 korda väiksem võrreldes tänaste katendikonstruktsioonide lahendustega.

Lisaks saab tüüpkatendite puhul välja tuua kasu ja kasumlikkuse, mida võrdlusanalüüsi metoodika ei arvesta (või on raskesti kirjeldatav):

- a) Kuna toimub vähem remonte on ka vähem ümbersõite, liiklusseisakuid ja liikluspiiranguid, ühistranspordi ümberkorraldusi. Teekasutajal tekib kütuse ja aja kokkuhoid;
- b) kasutatakse rohkem kohalikke ehitumaterjale;
- c) liiklusohutuse taseme tõus;
- d) talihoolduse kulutuste vähenemine ja kvaliteedi tõus.

Tallinna kogu tänavate- ja teedevõrgu teehoiu kulutuste arvutamisel tuleb lisada ja kalkuleerida järgmised tegevused ning toimingud (hinnanguliselt lisandub kuni 40%):

- äärekiivid, muud teeäärirajatised
- kõnnitee, haljasriba
- tänavavalgustus
- sademeveekanaliseerimine
- liikluskorraldusseadmed, liiklusmärgid, jooned, piirded
- kõrghaljastus
- sillad, viaduktid
- truubid, drenaaž
- tunnelid
- sillutiskatted (vanalinn)
- projekteerimine
- järelevalve
- muud (teeregister, uuringud, haldus jne)

- ühistranspordi peatused, platvormid jne
- tänavamööbel
- kergliiklusteed
- muud teed (siirdekattega)
- säilitusremont
- teevõrgu monitooring, järelevalve.

Suuremahulised arendustööd –mitmetasapinnalised ristmikud, uute magistraalide ja läbimurrete rajamine, sadeveesüsteemi väljaehitamine jm lahendatakse eriprojektide alusel ja ei kuulu koguarvestusse.

## 2 TÄNASTE ASFALTBEToonKATENDITE REMONDIKULU

### 2.1 A1 tänane katenditüüp

- a) 7. aastal roopafrees roopa sügavus >40mm, nõrk kandevõime, asfaltbetooni järeltihenemine, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC16surf paigaldamisega. Kihi paksus 5cm. 100% teepinnast. Ühikhind 25,42 EUR/m<sup>2</sup>. 2 roobast laiussega 0,8m (4m laiune sõidurada).  
 $(1,6\text{m}^2 * 25,42) / 4\text{m} = 10,17 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 15.aastal toimub kogu sõiduteepinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 4cm paksuselt. AC 16surf katmine.  
Ühikhind 18,58 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 22.aastal toimub roopafrees. Kihi paksus 4cm AC 12 surf, 100% teepinnast, 2 roobast laiussega 0,75m. Ühikhind 20,62 EUR/m<sup>2</sup>.  
Kulu 7,73 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) 29.aastal toimub kogu sõidutee pinna freesimine ja uue kulumiskihi 4cm AC16 surf paigaldamine. 100% teepinnast.  
Ühikhind 18,58 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **55,16 EUR/m<sup>2</sup>**

## 2.2 B2 tänane katenditüüp

- a) 7.aastal roopafrees (roopa sügavus >40mm ,nõrk kandevõime, asfaltbetooni järeltihenemine, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC16surf paigaldamisega. Kihi paksus 5cm. 100% teepinnast. Ühikhind 25,42 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laiussega 0,8m (4m laiune sõidurada).  
 $(1,6\text{m}^2 \cdot 25,42) / 4\text{m} = 10,17 \text{ EUR/m}^2$ .
- e) 15. aastal toimub kogu sõiduteepinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 4cm paksuselt. AC 16 surf katmine.  
Ühikhind 18,58 EUR/m<sup>2</sup>.
- b) 22.aastal toimub roopafrees. Kihi paksus 4cm AC12 surf. 60% teepinnast. 2 roobast laiussega 0,75m. Ühikhind 20,62 EUR/m<sup>2</sup>.  
Kulu 4,64 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 29.aastal toimub kogu sõidutee pinna freesimine ja uue kulumiskihi 4cm AC16surf paigaldamine. 90% teepinnast.  
Ühikhind 16,72 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) Aukude lappimine, talvine lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 4cm sügavuselt AC12surf. 5+5% teepinnast:  
11.aastal -1,52 EUR/m<sup>2</sup>  
25.aastal -1,52 EUR/m<sup>2</sup>
- e) Katte remont mehhaanilise immutamisega bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.15+15% teepinnast:  
11-12.aastal -0,39 EUR/m<sup>2</sup>  
25-26.aastal -0,39 EUR/m<sup>2</sup>

Kokku remondikulu 35 a jooksul **53,93 EUR/m<sup>2</sup>**

## 2.3 C3 tänane katenditüüp

- a) 7. aastal roopafrees (roopa sügavus >30 mm, nõrk kandevõime, asfaltbetooni järeltihenemine, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 4cm. 100% teepinnast. Ühikhind 20,62 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laiusega 0,8m (3,5m laiune sõidurada).  
 $0,6 \cdot (1,6 \text{m}^2 \cdot 20,62) / 3,5 \text{m} = 9,43 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 16.aastal toimub sõiduteepinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 4cm paksuselt AC 16surf katmine.  
Ühikhind 18,58 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 29.aastal toimub sõidutee pinna freesimine ja uue kulumiskihi 3cm AC12surf paigaldamine. 85% teepinnast.  
Ühikhind 15,79 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) Aukude lappimine, talvine lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 5cm sügavuselt AC12surf. 7,5+7,5% teepinnast.  
11.aastal -2,28 EUR/m<sup>2</sup>.  
23.aastal -2,28 EUR/m<sup>2</sup>.
- e) Katte remont mehhaanilise immutamisega bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20. 15+15% teepinnast.  
11.-12. aastal -0,78 EUR/m<sup>2</sup>.  
23.-24. aastal -0,78 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **49,92 EUR/m<sup>2</sup>**.

## 2.4 D4 tänane katenditüüp

- a) 7.aastal roopafrees (roopa sügavus >30mm, nõrk kandevõime, asfaltbetooni järeltihenemine, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 4cm. 100% teepinnast. Ühikhind 20,62 EUR/m<sup>2</sup>. 2 roobast laiusega 0,7m (3m laiune sõidurada).  
 $(1,4\text{m}^2 \cdot 20,62) / 3\text{m} = 9,62 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 16.aastal toimub sõidutee pinna freesimine. 85% teepinnast ja uue kulumiskihi 4cm paksuselt AC 16surf katmine.  
Ühikhind 15,79 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 29.aastal toimub sõidutee pinna freesimine ja uue kulumiskihi 4cm AC16surf paigaldamine. 40% teepinnast.  
Ühikhind 7,43 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) Aukude lappimine, talvine lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 4cm sügavuselt AC12surf. 20+20% teepinnast.  
11.aastal -6,07 EUR/m<sup>2</sup>.  
22.aastal -6,07 EUR/m<sup>2</sup>.
- a) Katte remont mehhaanilise immutamise bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.30+30% teepinnast.  
11.-12.aastal -0,78 EUR/m<sup>2</sup>.  
22.-23.aastal -0,78 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **46,54 EUR/m<sup>2</sup>**.

## 2.5 E5tänane katenditüüp

- a) 15.-16.aastal toimub sõiduteepinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 4cm paksuselt AC 12surf katmine.  
Ühikhind **18,58 EUR/m<sup>2</sup>**.
- b) Aukude lappimine, talvine parandamine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 5cm sügavuselt AC12surf.20+20% teepinnast.  
8.aastal **-6,07 EUR/m<sup>2</sup>**.  
25.aastal **-6,07 EUR/m<sup>2</sup>**.
- a) Katte remont mehhaanilise immutamisega bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.40+40% teepinnast.  
10.aastal **-1,03 EUR/m<sup>2</sup>**.  
26.aastal **-1,03EUR/m<sup>2</sup>**.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **32,78 EUR/m<sup>2</sup>**.

### 3 TÜÜP- ASFALTBETOONKATENDITE REMONDIKULU

#### 3.1 A1 tüüpkatend. Variant rooparemix ja remix

- a) 10.-11.aastal rooparemix (roopa sügavus 20mm), vana kihi kuumutamine, freesimine ja uue asfaltsegu AC12 surf An<sup>7</sup> lisamine kuni 60%. Kihi paksus 3cm. 100% teepinnast. Ühikhind 12,42 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laiussega 0,7m (4m laiune sõidurada).  
(1,4m<sup>2</sup>\*12,42)/4m=4,35 EUR/m<sup>2</sup> (s.h. lisakulu 40% kaevupäiste teetasapinda seadistamisega).
- b) 17.-18.aastal toimub kogu sõidutee pinna remix. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 16 surf An<sup>7</sup> katmine.  
Ühikhind 10,26 EUR/m<sup>2</sup> (s.h. lisakulu 40%)
- c) 28.-29.aastal toimub kogu sõidutee pinna remix ja uue kulumiskihi 3cm AC16surf An<sup>7</sup> paigaldamine. 100% teepinnast.  
Ühikhind 10,26 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **24,87 EUR/m<sup>2</sup>**

### 3.2 A1 tüüpkatend. Variant roopafrees ja täisfrees

- a) 11.aastal roopafrees (roopa sügavus 20mm, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 3cm. 100% teepinnast. Ühikhind 17,71 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laius 0,7m(4m laiune sõidurada).  
 $(1,4\text{m}^2 \cdot 17,71) / 4\text{m} = 6,20 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 18.-19.aastal toimub kogu sõidutee pinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 12surf katmine.  
Ühikhind 16,52 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 27.-28.aastal toimub roopafrees. Kihi paksus 3cm AC12surf. 100% teepinnast 2 roobast laius 0,70m. Ühikhind 17,71 EUR/m<sup>2</sup>.  
Kulu 6,20 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul      **28,92 EUR/m<sup>2</sup>**

### 3.3 B2 tüüpkatend. Variant rooparemix ja remix

- a) 11.aastal rooparemix (roopa sügavus 20mm), vana kihi kuumutamine, freesimine ja uue asfaltsegu AC12 surf An<sup>7</sup> lisamine kuni 60%. Kihi paksus 3cm. 100 % teepinnast. Ühikhind 12,42 EUR/m<sup>2</sup>. 2 roobast laiussega 0,7m (4m laiune sõidurada).  
(1,4m<sup>2</sup>\*12,42)/4m=4,35 EUR/m<sup>2</sup>.
- b) 17.-18.aastal toimub kogu sõidutee pinna remix. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 16 surf An<sup>7</sup> katmine.  
Ühikhind 10,26 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 28.-29.aastal toimub kogu sõidutee pinna remix ja uue kulumiskihi 3cm AC16 surf An<sup>7</sup> paigaldamine. 100% teepinnast.  
Ühikhind 10,26 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul      **24,87 EUR/m<sup>2</sup>**

### 3.4 B2 tüüpkatend. Variant roopafrees ja täisfrees

- a) 11.aastal roopafrees roopa sügavus 20mm, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 3cm. 100% teepinnast. Ühikhind 17,71 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laiussega 0,7m (4m laiune sõidurada).  
 $(1,4\text{m}^2 \cdot 17,71) / 4\text{m} = 6,20 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 18.-19.aastal toimub kogu sõidutee pinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 12surf katmine.  
Ühikhind 16,52 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 28.aastal toimub roopafrees. Kihi paksus 3cm AC12surf. 100% teepinnast 2 roobast laiussega 0,70m. Ühikhind 17,71 EUR/m<sup>2</sup>.  
Kulu 6,20 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul      **28,92 EUR/m<sup>2</sup>**

### 3.5 C3 tüüpkatend

- a) 11.aastal roopafrees (roopa sügavus 20mm, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 3cm. 100% teepinnast. Ühikhind 17,71 EUR/m<sup>2</sup>. 2 roobast laius 0,7m (3,5m laiune sõidurada).  
 $(1,4\text{m}^2 \cdot 17,71) / 3,5\text{m} = 7,08 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 19.aastal toimub sõidutee pinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 12surf katmine.  
Ühikhind 16,52 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 29.aastal toimub roopafrees. Kihi paksus 3cm AC12 surf. 100% teepinnast. 2 roobast laius 0,70m. Ühikhind 17,71 EUR/m<sup>2</sup>.  
Kulu 7,08 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) Aukude lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 3cm sügavuselt AC12surf. 5% teepinnast.  
24.aastal -1,35 EUR/m<sup>2</sup>.
- e) Katte remont mehhaanilise immutamise bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.10% teepinnast.  
24.-25. aastal - 0,26 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul 32,29EUR/m<sup>2</sup>.

### 3.6 D4 tüüpkatend

- a) 11.aastal roopafrees (roopa sügavus 20mm, kulumine) koos asfaltbetoonsegu AC12surf paigaldamisega. Kihi paksus 3cm. 100% teepinnast. Ühikhind 17,71 EUR /m<sup>2</sup>. 2 roobast laius 0,7m (3m laiune sõidurada).  
 $(1,4\text{m}^2 \cdot 17,71) / 3\text{m} = 8,26 \text{ EUR/m}^2$ .
- b) 19.aastal toimub sõidutee pinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 12surf katmine.  
Ühikhind 16,52 EUR/m<sup>2</sup>.
- c) 29.aastal toimub sõidutee pinna freesimine ja uue kulumiskihi 3cm AC12surf paigaldamine. 40% teepinnast.  
Ühikhind 8,26 EUR/m<sup>2</sup>.
- d) Aukude lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 3cm sügavuselt AC12 surf. 5% teepinnast.  
24.aastal-1,35 EUR/m<sup>2</sup>.
- e) Katte remont mehhaanilise immutamise bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.10% teepinnast.  
25.aastal-0,26 EUR/m<sup>2</sup>.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **34,65 EUR/m<sup>2</sup>**.

### 3.7 E5 tüüpkatend

- a) 16.-18.aastal toimub sõidutee pinna freesimine. 100% teepinnast ja uue kulumiskihi 3cm paksuselt AC 12surf katmine.

Ühikhind **16,52 EUR/m<sup>2</sup>**.

- b) Aukude lappimine, kaevamistöödega seotud vigastuste parandamine, kaevude ümbruste parandamine 3cm sügavuselt AC12surf.5+5% teepinnast.

10.aastal -**1,35 EUR/m<sup>2</sup>**.

27.aastal -**1,35 EUR/m<sup>2</sup>**.

- c) Katte remont mehhaanilise immutamisega bituumen-emulsiooniga ja tardkivikillustikuga LA20.10+10% teepinnast.

12.aastal-**0,26 EUR/m<sup>2</sup>**.

28.aastal-**0,26 EUR/m<sup>2</sup>**.

Kokku remondikulu 35 a jooksul **19,74 EUR/m<sup>2</sup>**.

## 4 KATENDIKONSTRUKTSIOONIDE EHITUSKULU

**Tabel 1 - A1tänane**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SMA                 | 0,05                  | 12,78        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC bin              | 0,05                  | 9,66         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| AC 32 base          | 0,07                  | 10,08        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| Jäme kerge saviliiv | 0,33                  | 1,85         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>46,61</b>                                                  |                       |

**Tabel 2 - A1tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SMA                 | 0,05                  | 12,78        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC bin              | 0,05                  | 9,66         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,14                  | 20,16        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,40                  | 13,74        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,3                   | 3,96         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,05                  | 0,40         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>60,70</b>                                                  |                       |

**Tabel 2 - A1betoonkatend**

| Katendikiht             | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Betoon C35/45           | 0,25                  | 50,40        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | Bet.Ühing             |
| Geotekstiil             |                       | 0,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| Tsementstabil.killustik | 0,15                  | 6,72         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik        | 0,15                  | 5,16         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                    | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| Jäme kerge saviliiv     | 0,32                  | 1,70         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>            |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>68,18</b>                                                  |                       |

**Tabel 4 - A1tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SMA                 | 0,05                  | 12,78        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC bin              | 0,05                  | 9,66         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,14                  | 20,16        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,40                  | 13,74        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,3                   | 3,96         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,05                  | 0,40         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>60,70</b>                                                  |                       |

**Tabel 5 - B2tänane**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SMA                 | 0,04                  | 12,06        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC bin              | 0,04                  | 9,00         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| AC 32 base          | 0,06                  | 9,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| Jäme kerge saviliiv | 0,36                  | 2,00         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>44,90</b>                                                  |                       |

**Tabel 6 - B2tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 4m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| SMA                 | 0,05                  | 12,78        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC bin              | 0,05                  | 9,66         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,10                  | 18,00        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,35                  | 12,12        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,3                   | 3,96         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,15                  | 0,80         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>57,32</b>                                                  |                       |

**Tabel 7 - C3tänane**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3,5m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,04                  | 9,72         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,06                  | 9,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ2015               |
| Jäme kerge saviliiv | 0,40                  | 2,20         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>33,76</b>                                                    |                       |

**Tabel 8 - C3tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3,5m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,05                  | 10,14        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,12                  | 19,20        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,30                  | 10,32        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,3                   | 3,96         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,23                  | 1,00         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                                 | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>44,62</b>                                                    |                       |

**Tabel 9 - D4tänane**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,04                  | 9,72         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,05                  | 9,00         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ2015               |
| Jäme kerge saviliiv | 0,41                  | 2,25         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>33,21</b>                                                  |                       |

**Tabel 10 - D4tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,05                  | 10,14        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| AC 32 base          | 0,06                  | 9,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,30                  | 10,32        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,3                   | 3,96         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,29                  | 1,30         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>35,32</b>                                                  |                       |

**Tabel 11 - E5 tänane**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,05                  | 10,14        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,45                  | 2,48         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>24,86</b>                                                  |                       |

**Tabel 12 - E5 tüüpkatend**

| Katendikiht         | Katendikihi paksus, m | Ühikmaksumus | Ühik                     | Katendikihi maksumus, 3m laiune sõidurada, EUR/m <sup>2</sup> | Ühikmaksumuse allikas |
|---------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| AC surf             | 0,07                  | 10,98        | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Paekivikillustik    | 0,25                  | 8,64         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Liiv                | 0,25                  | 3,60         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| Jäme kerge saviliiv | 0,43                  | 2,45         | EUR/m <sup>2</sup>       |                                                               | TPJ 2015              |
| <b>KOKKU</b>        |                       |              | <b>EUR/m<sup>2</sup></b> | <b>25,67</b>                                                  |                       |

## 5 AASTAKULUDE VÕRDLUS

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus A koormusklass (betoon).

| Aasta | A1 tüüp (frees, täisfrees)    | A1 betoon                                     | A1 tüüp (var.remix)        |
|-------|-------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| 0     | 60,70 (investeering)          | 68,18 (investeering)                          | 60,70 (investeering)       |
| 1     |                               |                                               |                            |
| ...   |                               |                                               |                            |
| 10    |                               |                                               |                            |
| 11    | 6,20 (212a)*                  |                                               | 4,35 (211a)*               |
| 12    |                               |                                               |                            |
| 13    |                               |                                               |                            |
| 14    |                               | 8,40                                          |                            |
| 15    |                               | Teemantfrees, vuukide rem                     |                            |
| 16    |                               |                                               |                            |
| 17    |                               |                                               |                            |
| 18    |                               |                                               | 10,26 (211b)*              |
| 19    | 16,52 (212b)*                 |                                               |                            |
| 20    |                               |                                               |                            |
| ...   |                               |                                               |                            |
| 27    |                               |                                               |                            |
| 28    | 6,20 (212c)*                  |                                               | 10,26 (211c)*              |
| 29    |                               | 8,40                                          |                            |
| 30    |                               | Teemantfrees, vuukide rem                     |                            |
| 31    |                               |                                               |                            |
| ...   |                               |                                               |                            |
| 35    |                               |                                               |                            |
|       | Rekonstrueerimine             | Teekonstr, jääkväärtus 25%                    | Rekonstrueerimine          |
|       | SMA frees + paigaldamine      |                                               | SMA frees + paigaldamine   |
|       | 21,50                         |                                               |                            |
|       |                               |                                               |                            |
|       | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood                     | *sulgudes remonditöö kood  |
|       | Vaata remonditööde kirjeldusi |                                               |                            |
| KOKKU | <b>89,62</b> (60,70+28,92)    | <b>67,94</b> (51,14+16,80)<br>68,18*75%=51,14 | <b>85,57</b> (60,70+24,87) |

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus A koormusklass.

| Aasta | A1 tüüp (frees, täisfrees)    | A1 tänane                              | A1 tüüp (var.remix)       |
|-------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| 0     | 60,70 (investeering)          | 46,61 (investeering)                   | 60,70 (investeering)      |
| 1     |                               |                                        |                           |
| ...   |                               |                                        |                           |
| 7     |                               | 10,17 (11a)*                           |                           |
| 8     |                               |                                        |                           |
| 9     |                               |                                        |                           |
| 10    |                               |                                        |                           |
| 11    | 6,20 (212a)*                  |                                        | 4,35 (211a)*              |
| 12    |                               |                                        |                           |
| 13    |                               |                                        |                           |
| 14    |                               |                                        |                           |
| 15    |                               | 18,58 (11b)*                           |                           |
| 16    |                               |                                        |                           |
| 17    |                               |                                        |                           |
| 18    |                               |                                        | 10,26 (211b)*             |
| 19    | 16,52 (212b)*                 |                                        |                           |
| 20    |                               |                                        |                           |
| 21    |                               |                                        |                           |
| 22    |                               |                                        |                           |
| 23    |                               | 7,73 (11c)*                            |                           |
| ...   |                               |                                        |                           |
| 27    |                               |                                        |                           |
| 28    | 6,20 (212c)*                  |                                        |                           |
| 29    |                               | 18,58 (11d)*                           | 10,26 (211c)*             |
| 30    |                               |                                        |                           |
| 31    |                               |                                        |                           |
| ...   |                               |                                        |                           |
| 35    |                               |                                        |                           |
|       | Rekonstrueerimine             | Rekonstrueerimine                      | Rekonstrueerimine         |
|       | 21,50                         | Killustikukihi ja kattekihtide vahetus | 21,50                     |
|       |                               |                                        |                           |
|       |                               |                                        |                           |
|       | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood              | *sulgudes remonditöö kood |
|       | Vaata remonditööde kirjeldusi |                                        |                           |
| KOKKU | <b>89,62(60,70+28,92)</b>     | <b>101,77(46,61+55,16)</b>             | <b>85,57(60,70+24,87)</b> |

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus B koormusklass.

| Aasta | B2 tüüp (frees, täisfrees)    | B2 tänane                 | B2 tüüp (var.remix)       |
|-------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0     | 57,32 (investeering)          | 44,90 (investeering)      | 57,32 (investeering)      |
| 1     |                               |                           |                           |
| ...   |                               |                           |                           |
| 7     |                               | 10,17 (12a)*              |                           |
| 8     |                               |                           |                           |
| 9     |                               |                           |                           |
| 10    |                               |                           |                           |
| 11    | 6,20 (222a)*                  | 1,52 (12e)*               | 4,35 (221a)*              |
| 12    |                               | 0,13 (12g)*               |                           |
| 13    |                               |                           |                           |
| 14    |                               |                           |                           |
| 15    |                               | 18,58 (12b)*              |                           |
| 16    |                               |                           |                           |
| 17    |                               |                           | 10,26 (211b)*             |
| 18    | 16,52 (222b)*                 |                           |                           |
| 19    |                               |                           |                           |
| 20    |                               |                           |                           |
| 21    |                               |                           |                           |
| 22    |                               | 4,64 (12c)*               |                           |
| 23    |                               |                           |                           |
| 24    |                               |                           |                           |
| 25    |                               | 1,52 (12e)*               |                           |
| 26    |                               | 0,13 (12g)*               |                           |
| 27    |                               |                           |                           |
| 28    | 6,20 (212c)*                  |                           |                           |
| 29    |                               | 16,72 (12d)*              | 10,26 (221c)*             |
| 30    |                               |                           |                           |
| 31    |                               |                           |                           |
| ...   |                               |                           |                           |
| 35    |                               |                           |                           |
|       | Rekonstrueerimine             | Rekonstrueerimine         | Rekonstrueerimine         |
|       | 21,50                         | 44,30                     | 21,50                     |
|       |                               |                           |                           |
|       |                               |                           |                           |
|       | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood | *sulgudes remonditöö kood |
|       | Vaata remonditööde kirjeldusi |                           |                           |
| KOKKU | <b>86,24(57,32+28,92)</b>     | <b>98,83(44,90+53,93)</b> | <b>82,19(57,32+24,87)</b> |

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus C koormusklass.

| Aasta        | C3 tüüp                       | C3 tänane                 |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|
| 0            | 44,62 (investeering)          | 35,41 (investeering)      |
| 1            |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 7            |                               | 9,43 (13a)*               |
| 8            |                               |                           |
| 9            |                               |                           |
| 10           |                               |                           |
| 11           | 7,08 (23a)*                   | 2,28 (13d)*               |
| 12           |                               | 0,78 (13e)*               |
| 13           |                               |                           |
| 14           |                               |                           |
| 15           |                               |                           |
| 16           |                               | 18,58 (13b)*              |
| 17           |                               |                           |
| 18           |                               |                           |
| 19           | 16,52 (23b)*                  |                           |
| 20           |                               |                           |
| 21           |                               |                           |
| 22           |                               |                           |
| 23           |                               | 2,28 (13d)*               |
| 24           | 1,35 (23d)*                   | 0,78 (13e)*               |
| 25           | 0,26 (23e)*                   |                           |
| 26           |                               |                           |
| 27           |                               |                           |
| 28           |                               |                           |
| 29           | 7,08 (23c)*                   | 15,79 (13c)*              |
| 30           |                               |                           |
| 31           |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 35           |                               |                           |
|              | Rekonstrueerimine             | Rekonstrueerimine         |
|              | 18,58                         | 31,96                     |
|              | 4cm AC surf, frees            |                           |
|              |                               |                           |
|              | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood |
|              | Vaata remonditööde kirjeldusi |                           |
| <b>KOKKU</b> | <b>76,91(44,62+32,29)</b>     | <b>85,33(35,41+49,92)</b> |

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus D koormusklass.

| Aasta        | D4 tüüp                       | D4 tänane                 |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|
| 0            | 35,32 (investeering)          | 33,21 (investeering)      |
| 1            |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 7            |                               | 9,62 (14a)*               |
| 8            |                               |                           |
| 9            |                               |                           |
| 10           |                               |                           |
| 11           | 8,26 (24a)*                   | 6,07 (14d)*               |
| 12           |                               | 0,78 (14e)*               |
| 13           |                               |                           |
| 14           |                               |                           |
| 15           |                               |                           |
| 16           |                               | 18,58 (14b)*              |
| 17           |                               |                           |
| 18           |                               |                           |
| 19           | 16,52 (24b)*                  |                           |
| 20           |                               |                           |
| 21           |                               |                           |
| 22           |                               | 6,07 (14d)*               |
| 23           |                               | 0,78 (14e)*               |
| 24           | 1,35 (24d)*                   |                           |
| 25           | 0,26 (24e)*                   |                           |
| 26           |                               |                           |
| 27           |                               |                           |
| 28           |                               |                           |
| 29           | 8,26 (24c)*                   | 7,43 (14c)*               |
| 30           |                               |                           |
| 31           |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 35           |                               |                           |
|              | Rekonstrueerimine             | Rekonstrueerimine         |
|              | 18,58                         | 30,36                     |
|              | 4cm AC surf, frees            |                           |
|              |                               |                           |
|              | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood |
|              | Vaata remonditööde kirjeldusi |                           |
| <b>KOKKU</b> | <b>69,97(35,32+34,65)</b>     | <b>79,75(33,21+46,54)</b> |

Aastaste kulude (EUR/m<sup>2</sup>) võrdlus E koormusklass.

| Aasta        | E5 tüüp                       | E5 tänane                 |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|
| 0            | 25,67 (investeering)          | 24,86 (investeering)      |
| 1            |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 7            |                               |                           |
| 8            |                               | 6,07 (15b)*               |
| 9            |                               |                           |
| 10           | 1,35 (25b)*                   | 1,03 (15c)*               |
| 11           |                               |                           |
| 12           | 0,26 (25c)*                   |                           |
| 13           |                               |                           |
| 14           |                               |                           |
| 15           |                               | 18,58 (15a)*              |
| 16           |                               |                           |
| 17           | 16,52 (25a)*                  |                           |
| 18           |                               |                           |
| 19           |                               |                           |
| 20           |                               |                           |
| 21           |                               |                           |
| 22           |                               |                           |
| 23           |                               |                           |
| 24           |                               |                           |
| 25           |                               | 6,07 (15b)*               |
| 26           |                               | 1,03 (15c)*               |
| 27           | 1,35 (25b)*                   |                           |
| 28           | 0,26 (25c)*                   |                           |
| 29           |                               |                           |
| 30           |                               |                           |
| 31           |                               |                           |
| ...          |                               |                           |
| 35           |                               |                           |
|              | Rekonstrueerimine             | Rekonstrueerimine         |
|              | 18,58                         | 21,78                     |
|              |                               |                           |
|              |                               |                           |
|              | *sulgudes remonditöö kood     | *sulgudes remonditöö kood |
|              | Vaata remonditööde kirjeldusi |                           |
| <b>KOKKU</b> | <b>45,41(25,67+19,74)</b>     | <b>57,64(24,86+32,78)</b> |

## 6 KASUTATUD INFOALLIKAD

1. Guidelines for routine maintenance of concrete pavement. Texas Transportation Institute. The Texas A&M University System College Station, Texas 77843-3135. 2008.
2. The analysis of concrete pavement application possibilities for road pavement structures. Road Research Institute, Vilnius Gediminas Technical University. The XXVIII International Baltic Road Conference. 2011
3. Tallinna tänavate ja rajatiste säilitusremondi teostamine. Riigihanke maksumuse esildis. Tallinna Kommunaalamet 2014-2015.
4. Teede Projektijuhtimise AS ühikhindade tabel 2014-2015.
5. Tallinna Kommunaalameti kiri 12.01.2015.a
6. AS Lemminkäinen Eesti pakkumine remix tehnoloogiate kohta.
7. Eesti tingimustele vastava betoonkatendi projekteerimine ja selle tasuvusanalüüs. Ramboll Eesti AS. Maanteeamet 2013.
8. Tallinna tsementbetoontee katselõigu ja betoonkattega ühistranspordipeatuste projekteerimise ning ehitamise lähteülesande koostamine ja selle koostamiseks vajalike uurimistööde ja konsultatsioonide läbiviimine, 1. etapp. TTÜ Teedeinstituut. Tallinna Kommunaalamet 2013.. Tallinna tüüpkatendid v0.9. TTÜ Teedeinstituut 2015
9. Elastsete teekatenditeprojekteerimise juhend. 2001-52. Tallinn 2001

**LISA 2**

## TEEHOIU FINANTSEERIMINE TALLINNAS 2015.A HINDADES (SISALDAB KM)

Tallinna kohalike teede pikkus = 1015586 m

$$\text{pindala} = 8387086 \text{ m}^2$$

Teepinna jaotus koormusklasside järgi (sulgudes teede jaotus EPN-17 järgi):

- A1-25% (1.2. Põhitänavad ja Kiirteed)
- B2-18%(1.3.Jaotustänavad v.a 1.3.3.;2.2.Veotänavad)
- C3-18%(1.3.3.jaotustänavad;2.1.1,2.1.2. kõrvaltänavad)
- D4-19% (2.1.3. - 2.1.6. kõrvaltänavad)
- E5-20%(2.3. Kvartalisisesed teed)

Aasta keskmine teehoiu kulu (30 aasta jooksul):

- a) Tänased teekonstruktsioonid - 30 miljonit EUR s.h.:

Ehitus- 15,0 milj.EUR

Remont ja hooldus- 15,0 milj.EUR

- b) Tüüpkatendid - 25 miljonit EUR s.h.:

Ehitas - 16,0 milj.EUR

Remont ja hooldus - 9,0 milj.EUR

Tüüpkatendite kasutuseaks on arvestatud 35 a, s.h. betoonkatenditel 50 a.

Teehoiu kuludesse on arvestatud ka äärekivi, kõnniteede, sillutiste, tavahaljastuse, sildade, viaduktide, truupide ja sademeveekanalisatsiooni vastavad töömahud.

Samuti on lisatud kulud projekteerimisele, järelevalvele ja muudele võimalikele lisatöödele (kuni 5%).

Samas on üleval eelnevate aegade tekkinud remondivõlg - arvestuslikult 85 milj. EUR.

Ettepanek: minna üle tüüpkatenditele 2016. a ja likvideerida remondivõlg 10-12 aasta jooksul (vaata ettepanek tabel lisa 2).

Selleks suurendada tehoiu iga-aastast finantseerimist 33-34 miljoni euron. Aastal 2028 väheneks tehoiu rahastamine 25 miljoni euron.

## LISA 3

### TÄNASTE JA TÜÜPKATENDITE EHTUS- JA REMONTHOOLDUSKULUDE VÕRDLUS MILJ.EUR

| 1.Ehitus, rek., kap.remont              | Täna sed konstr. | Tüüpkonstr. |
|-----------------------------------------|------------------|-------------|
| – Teepind koos kaevetöödega             | 11,0             | 12,0        |
| – Kõnnitee, äärekivi, haljastus ja muud | 2,1              | 2,1         |
| – Sademevesi, kaevud                    | 0,3              | 0,3         |
| – Sillutiskatted                        | 0,4              | 0,4         |
| – Projekteerimine                       | 0,4              | 0,45        |
| – Järelevalve                           | 0,4              | 0,45        |
| – Muud                                  | 0,4              | 0,3         |
| ○ <b>Kokku:</b>                         | <b>15,0</b>      | <b>16,0</b> |
|                                         |                  |             |
| 2.Hooldusremont                         |                  |             |
| – Teepind                               | 13,1             | 7,1         |
| – Sillad, truubid, tunnelid             | 0,7              | 0,7         |
| – Sademevesi                            | 0,4              | 0,4         |
| – Tänavavalgustus                       | 0,4              | 0,4         |
| – Liikluskorraldusvahendid              | 0,2              | 0,2         |
| – Muud                                  | 0,2              | 0,2         |
| ○ <b>Kokku:</b>                         | <b>15,0</b>      | <b>9,0</b>  |
|                                         |                  |             |
| <b>Kõik kokku:</b>                      | <b>30,0</b>      | <b>25,0</b> |

Lisa 4

## **Väljavõte Tallinna 2014.a liiklusmudelist ja tänavate koormusklassid**

Väljavõtte 2014.aasta Tallinna liiklusmudelitest ja vastavad koormusklassid.

| JRK | Koht                                              | Aasta keskmine<br>ööpäevane<br>liiklussagedus<br>(AKÖL)<br>füüsilistes<br>ühikutes<br>kulum 12 a mm | Koormussagedus<br>100KN<br>normtelgedes,<br>ristlõikes/ööpäevas | Rajategur | Koormussagedus<br>enimkoormatud<br>sõidurajale<br>Tüüpkat.klass/tegelik |
|-----|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Ranna tee - Muuli tee ristmik 2014                | 16159 15                                                                                            | 688                                                             | 0,45      | 310 B2/C3                                                               |
| 2   | Ehitajate tee -tulevase Maxima lõikes 2015        | 17479 15                                                                                            | 1093                                                            | 0,45      | 492 B2/C3                                                               |
| 3   | Tartu mnt-Kanali tee ristmik 2014                 | 37446 30                                                                                            | 2902                                                            | 0,45      | 1306 A1/B2                                                              |
| 4   | Tehnika tn-Veskiposti ristmik 2014                | 15755 15                                                                                            | 866                                                             | 0,45      | 390 B2/B2                                                               |
| 5   | Männiku tee -Säästumarketi juures 2014            | 38152 30                                                                                            | 1623                                                            | 0,45      | 730 A1/C3                                                               |
| 6   | Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku 2015    | 4900 15                                                                                             | 1642                                                            | 0,55      | 903 A1/B2                                                               |
| 7   | Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all 2015         | 56040 40                                                                                            | 4203                                                            | 0,45      | 1891 A1/C3                                                              |
| 8   | Akadeemia tee-Vilde tee ristmik 2015              | 14235 12                                                                                            | 1531                                                            | 0,55      | 842 A1/A1                                                               |
| 9   | Punane tn - Selveri juures 2014                   | 12066 16                                                                                            | 1387                                                            | 0,45      | 624 B2/C3                                                               |
| 10  | Sõle tn. - Nisu peatus - äärmised sõidurajad 2014 | 19209 12                                                                                            | 1104                                                            | 0,45      | 497 B2/A1                                                               |
| 11  | Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv 2014     | 37320 14                                                                                            | 2332                                                            | 0,45      | 1049 A1/C3;A1<br>peatus                                                 |
| 12  | Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama 2015             | 6598 <10                                                                                            | 149                                                             | 0,55      | 82 C3/C3                                                                |
| 13  | Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku 2014          | 4027 <10                                                                                            | 312                                                             | 0,55      | 172 C3/C3                                                               |

Väljavõte 2014.aasta Tallinna liiklusmudelitest ja koormusklasside määramine.

| JRK | Koht                                         | Aasta keskmine<br>ööpäevane<br>liiklussagedus (AKÖL)<br>füüsilistes ühikutes | Koormussagedus<br>100KN normtelgedes,<br>ristlõikes/ööpäevas | Rajategur | Koormussagedus<br>enimkoormatud<br>sõidurajale |
|-----|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------|
| 1   | Ranna tee - Muuli tee ristmik                | 16159                                                                        | 688                                                          | 0,45      | 310                                            |
| 2   | Ehitajate tee -tulevase Maxima lõikes        | 17479                                                                        | 1093                                                         | 0,45      | 492                                            |
| 3   | Tartu mnt-Kanali tee ristmik                 | 37446                                                                        | 2902                                                         | 0,45      | 1306                                           |
| 4   | Tehnika tn-Veskiposti ristmik                | 15755                                                                        | 866                                                          | 0,45      | 390                                            |
| 5   | Männiku tee -Säästumarketi juures            | 38152                                                                        | 1623                                                         | 0,45      | 730                                            |
| 6   | Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku    | 4900                                                                         | 1642                                                         | 0,55      | 903                                            |
| 7   | Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all         | 56040                                                                        | 4203                                                         | 0,45      | 1891                                           |
| 8   | Akadeemia tee-Vilde tee ristmik              | 14235                                                                        | 1531                                                         | 0,55      | 842                                            |
| 9   | Punane tn - Selveri juures                   | 12066                                                                        | 1387                                                         | 0,45      | 624                                            |
| 10  | Sõle tn. - Nisu peatus - äärmised sõidurajad | 19209                                                                        | 1104                                                         | 0,45      | 497                                            |
| 11  | Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv     | 37320                                                                        | 2332                                                         | 0,45      | 1049                                           |
| 12  | Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama             | 6598                                                                         | 149                                                          | 0,55      | 82                                             |
| 13  | Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku          | 4027                                                                         | 312                                                          | 0,55      | 172                                            |

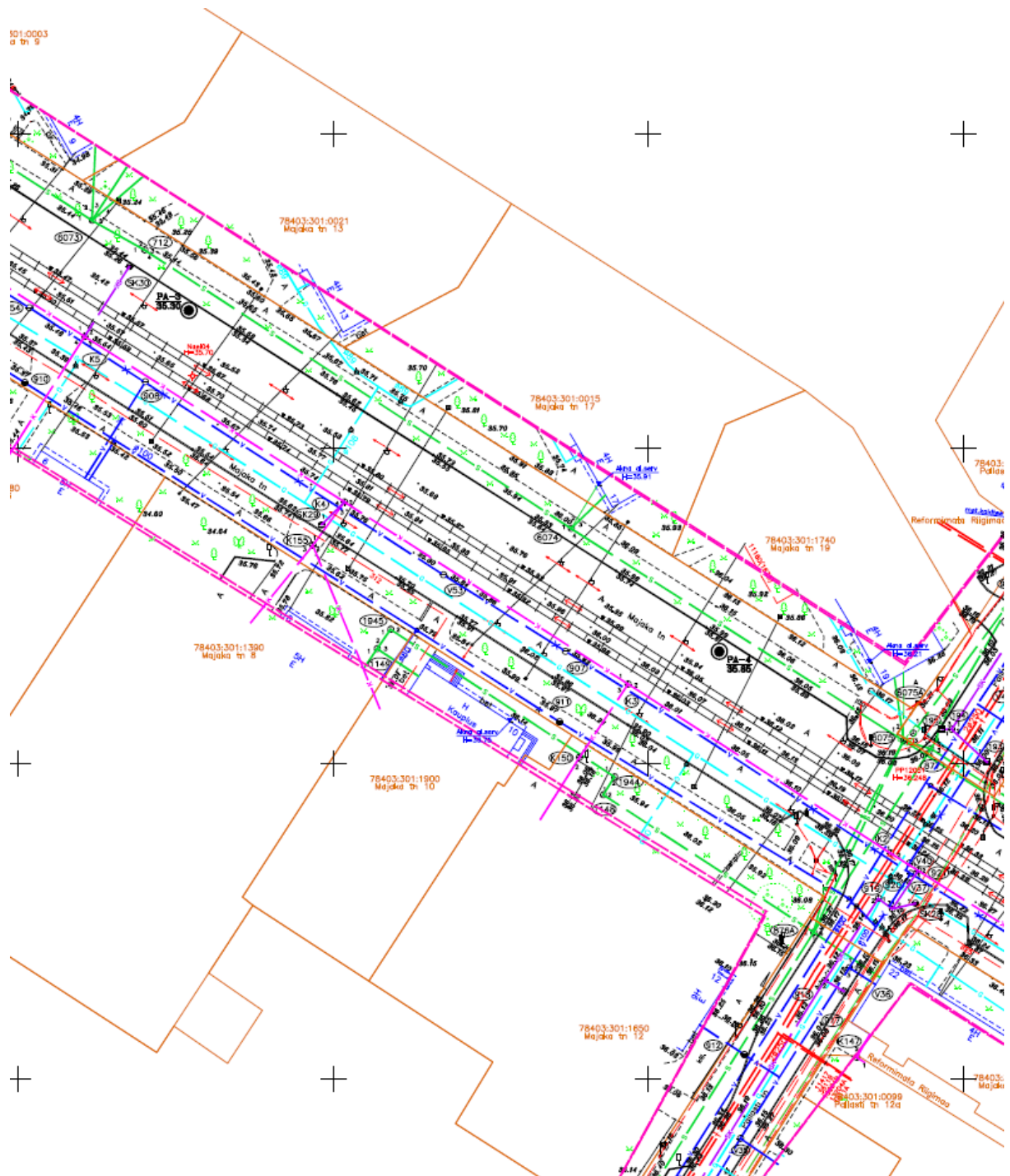
Märkused.

1. Mudel põhineb 2013-2014 aasta loendusandmetel ja osaliselt <https://seire.tallinn.ee> andmetel.
2. Mudelist saadud väärtused on toodud ümardamata, tulemuste täpsus on ~3 tüvenumbrit.
3. Koormussagedus on toodud nii kogu ristlõike kohta kui ka taandatult enimkoormatud sõidurajale.

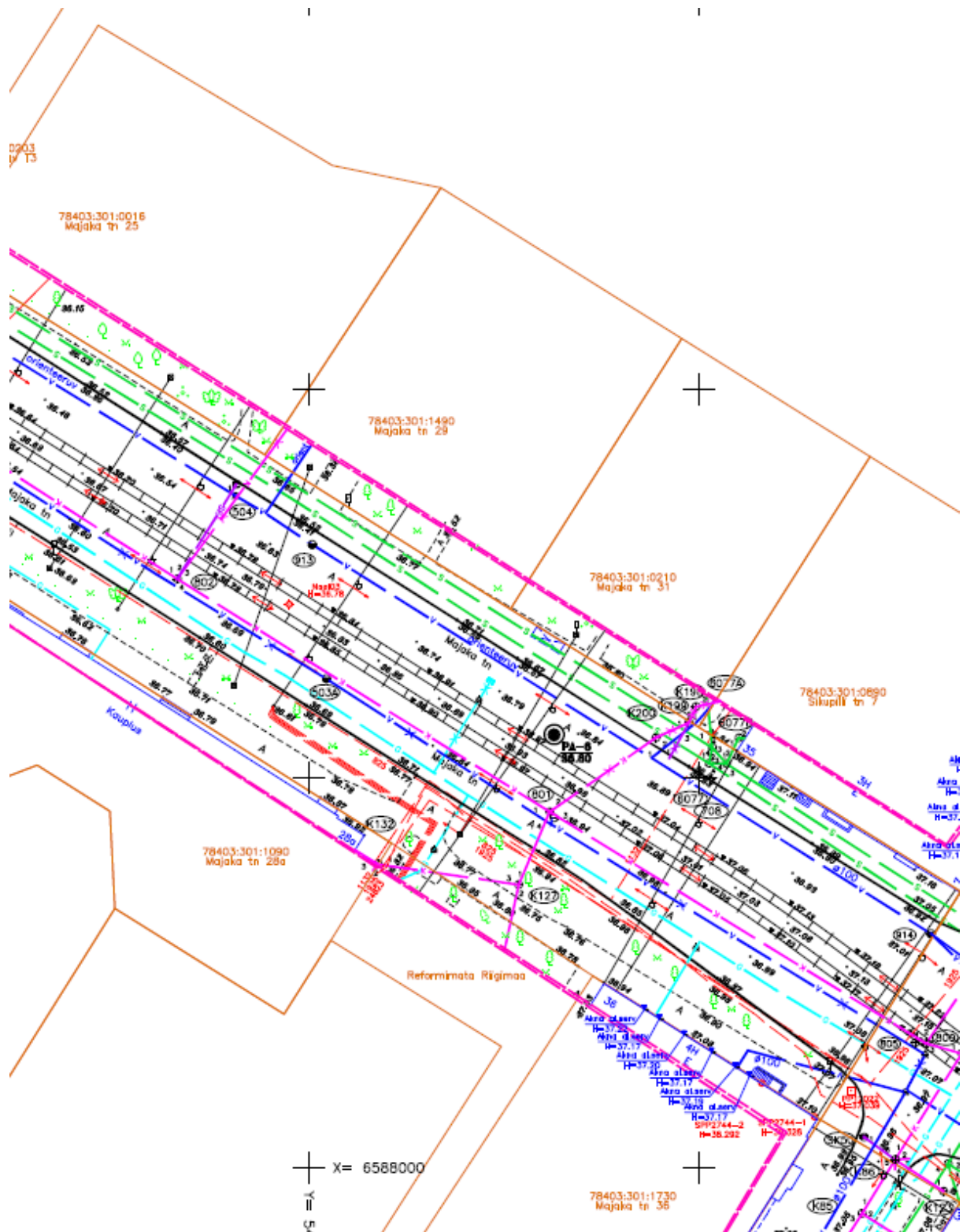
Lisa 5

## **Majaka tn plaatkoormuskatse**

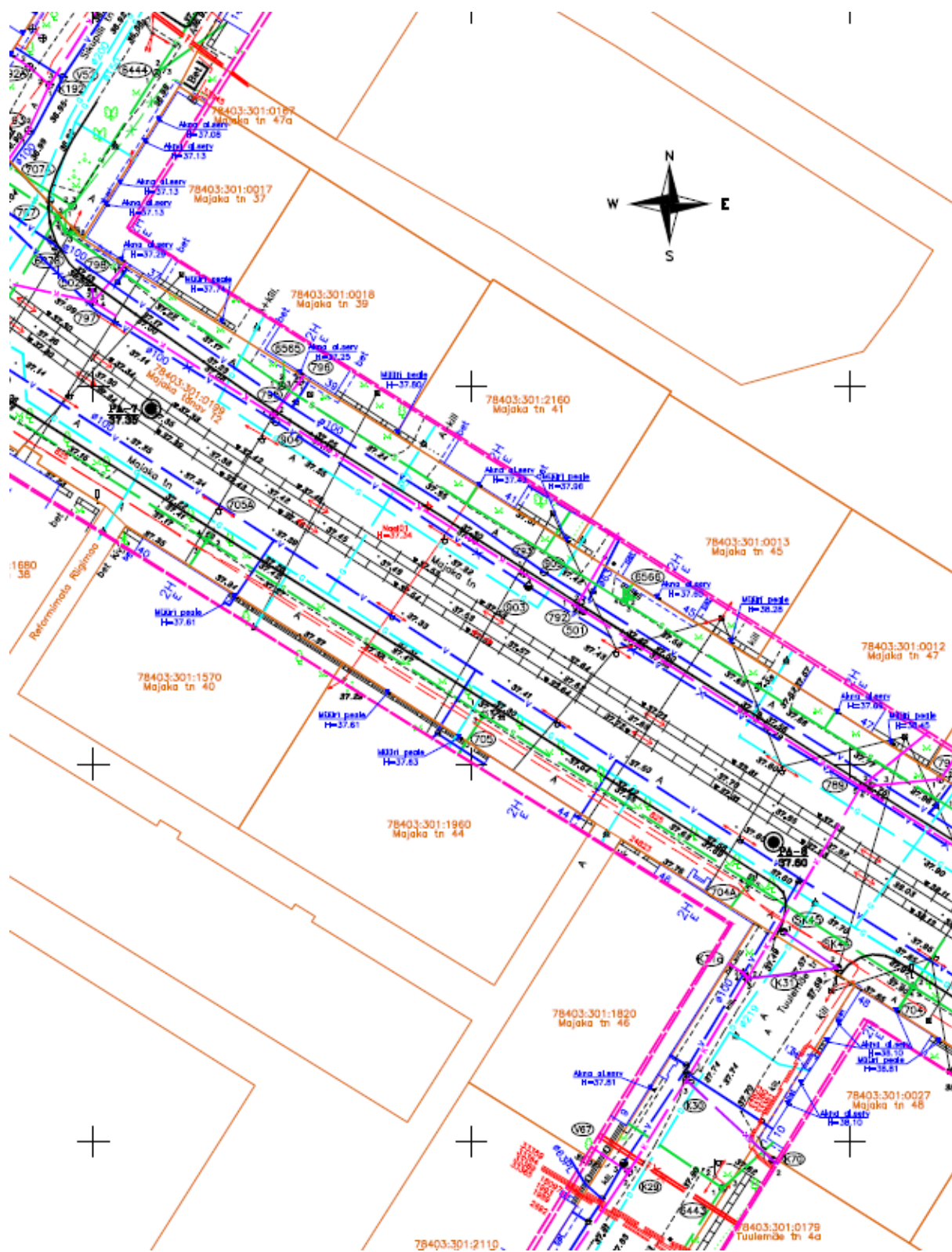








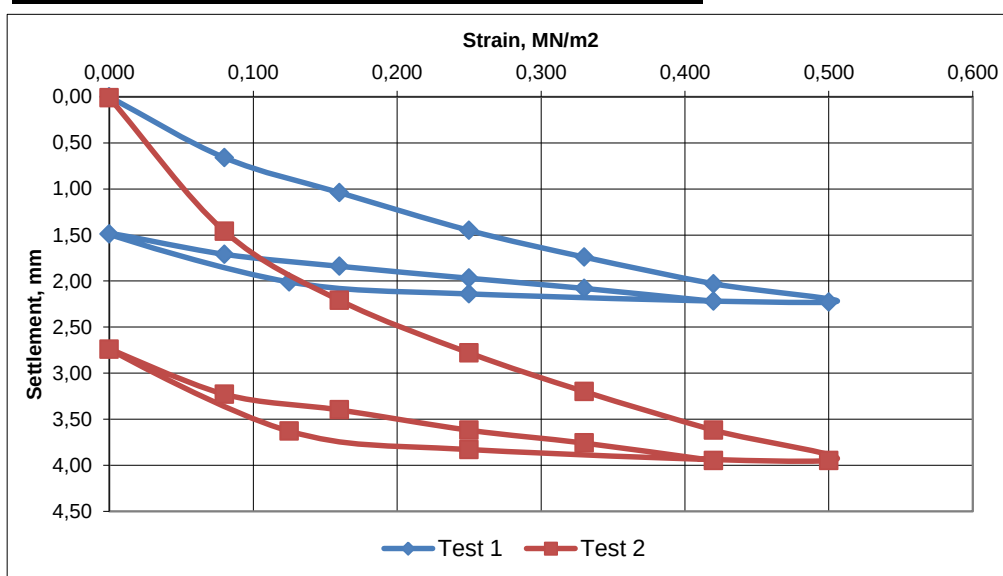




**Test Report no 02/15**

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Place of Test       | Majaka tn, Tallinn                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Description of Test | Tests were done on 09.03.2015, first test 10:00-11:30, second test 12:00-13:30. Tests were carried out according Plate loading test standard DIN 18134:2001-09                                                                                                                                                                  |
| Testing device      | Test was carried out with Infratest plate loading test device, which has one dial gauge and max load of 160kN. Hydraulic system is produced by Lukas Hydraulik GmbH, type LZM16/160PN500, serial no. of manometer is 120350211 and cilinder 00183965. Dialgauge is Käfer's, serial no. WB364992. The plate diameter was 300 mm. |

| Results                        | No of cycle | Load, Mpa | Test 1      |           | Test 2      |           |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                                |             |           | Reading, mm | Shear, mm | Reading, mm | Shear, mm |
|                                | 1           | 0,000     | 0,01        | 0,00      | 0,02        | 0,01      |
|                                | 2           | 0,080     | 0,67        | 0,66      | 1,47        | 1,46      |
|                                | 3           | 0,160     | 1,05        | 1,04      | 2,22        | 2,21      |
|                                | 4           | 0,250     | 1,46        | 1,45      | 2,79        | 2,78      |
|                                | 5           | 0,330     | 1,75        | 1,74      | 3,21        | 3,20      |
|                                | 6           | 0,420     | 2,04        | 2,03      | 3,63        | 3,62      |
|                                | 7           | 0,500     | 2,24        | 2,23      | 3,96        | 3,95      |
|                                | 8           | 0,250     | 2,15        | 2,14      | 3,84        | 3,83      |
|                                | 9           | 0,125     | 2,02        | 2,01      | 3,64        | 3,63      |
|                                | 10          | 0,000     | 1,50        | 1,49      | 2,75        | 2,74      |
|                                | 11          | 0,080     | 1,72        | 1,71      | 3,24        | 3,23      |
|                                | 12          | 0,160     | 1,85        | 1,84      | 3,41        | 3,40      |
|                                | 13          | 0,250     | 1,98        | 1,97      | 3,63        | 3,62      |
|                                | 14          | 0,330     | 2,09        | 2,08      | 3,77        | 3,76      |
|                                | 15          | 0,420     | 2,23        | 2,22      | 3,96        | 3,95      |
| First modulus, $E_1$ [Mpa]     |             |           | 54,9        |           | 38,5        |           |
| Secondary modulus, $E_2$ [Mpa] |             |           | 160,7       |           | 107,1       |           |
| Modulus ratio                  |             |           | 2,93        |           | 2,79        |           |



Tests were carried out by Elmo Einberg

Signature:

Test report was made by Timo Vares

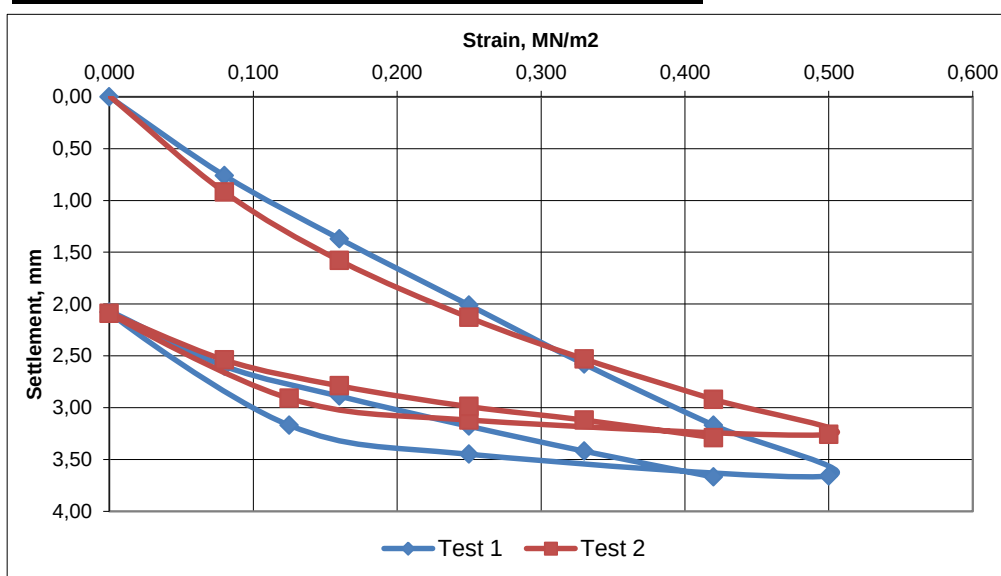
Signature:



**Test Report no 03/15**

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Place of Test       | Majaka tn, Tallinn: 1. test - PK 110+85 olemasolevalt killustikaluselt, kõrgus asfaltkatte pinnast ca 40cm; 2. test - PK 110+95 aluspinnaselt, kõrgus asfaltkatte pinnast ca 140cm                                                                                                                                              |
| Description of Test | Tests were done on 10.03.2015, first test 11:30-12:45, second test 13:20-14:40. Tests were carried out according Plate loading test standard DIN 18134:2001-09                                                                                                                                                                  |
| Testing device      | Test was carried out with Infratest plate loading test device, which has one dial gauge and max load of 160kN. Hydraulic system is produced by Lukas Hydraulik GmbH, type LZM16/160PN500, serial no. of manometer is 120350211 and cilinder 00183965. Dialgauge is Käfer's, serial no. WB364992. The plate diameter was 300 mm. |

| Results                        | No of cycle | Load, Mpa | Test 1      |           | Test 2      |           |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                                |             |           | Reading, mm | Shear, mm | Reading, mm | Shear, mm |
|                                | 1           | 0,000     | 0,02        | 0,00      | 0,01        | -0,01     |
|                                | 2           | 0,080     | 0,78        | 0,76      | 0,94        | 0,92      |
|                                | 3           | 0,160     | 1,39        | 1,37      | 1,60        | 1,58      |
|                                | 4           | 0,250     | 2,03        | 2,01      | 2,15        | 2,13      |
|                                | 5           | 0,330     | 2,60        | 2,58      | 2,55        | 2,53      |
|                                | 6           | 0,420     | 3,19        | 3,17      | 2,94        | 2,92      |
|                                | 7           | 0,500     | 3,68        | 3,66      | 3,28        | 3,26      |
|                                | 8           | 0,250     | 3,47        | 3,45      | 3,14        | 3,12      |
|                                | 9           | 0,125     | 3,19        | 3,17      | 2,93        | 2,91      |
|                                | 10          | 0,000     | 2,10        | 2,08      | 2,11        | 2,09      |
|                                | 11          | 0,080     | 2,62        | 2,60      | 2,56        | 2,54      |
|                                | 12          | 0,160     | 2,91        | 2,89      | 2,81        | 2,79      |
|                                | 13          | 0,250     | 3,20        | 3,18      | 3,01        | 2,99      |
|                                | 14          | 0,330     | 3,44        | 3,42      | 3,14        | 3,12      |
|                                | 15          | 0,420     | 3,69        | 3,67      | 3,31        | 3,29      |
| First modulus, $E_1$ [Mpa]     |             |           | 31,9        |           | 40,2        |           |
| Secondary modulus, $E_2$ [Mpa] |             |           | 72,6        |           | 109,8       |           |
| Modulus ratio                  |             |           | 2,27        |           | 2,73        |           |



Tests were carried out by Elmo Einberg

Signature:

Test report was made by Timo Vares

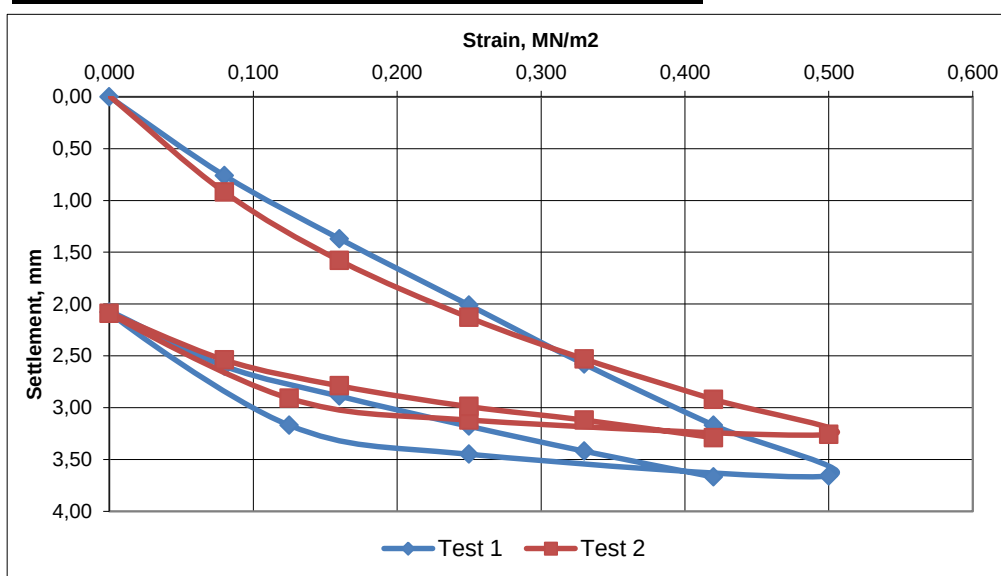
Signature:



**Test Report no 03/15**

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Place of Test       | Majaka tn, Tallinn: 1. test - PK 110+85 olemasolevalt killustikaluselt, kõrgus asfaltkatte pinnast ca 40cm; 2. test - PK 110+95 aluspinnaselt, kõrgus asfaltkatte pinnast ca 140cm                                                                                                                                              |
| Description of Test | Tests were done on 10.03.2015, first test 11:30-12:45, second test 13:20-14:40. Tests were carried out according Plate loading test standard DIN 18134:2001-09                                                                                                                                                                  |
| Testing device      | Test was carried out with Infratest plate loading test device, which has one dial gauge and max load of 160kN. Hydraulic system is produced by Lukas Hydraulik GmbH, type LZM16/160PN500, serial no. of manometer is 120350211 and cilinder 00183965. Dialgauge is Käfer's, serial no. WB364992. The plate diameter was 300 mm. |

| Results                        | No of cycle | Load, Mpa | Test 1      |           | Test 2      |           |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                                |             |           | Reading, mm | Shear, mm | Reading, mm | Shear, mm |
|                                | 1           | 0,000     | 0,02        | 0,00      | 0,01        | -0,01     |
|                                | 2           | 0,080     | 0,78        | 0,76      | 0,94        | 0,92      |
|                                | 3           | 0,160     | 1,39        | 1,37      | 1,60        | 1,58      |
|                                | 4           | 0,250     | 2,03        | 2,01      | 2,15        | 2,13      |
|                                | 5           | 0,330     | 2,60        | 2,58      | 2,55        | 2,53      |
|                                | 6           | 0,420     | 3,19        | 3,17      | 2,94        | 2,92      |
|                                | 7           | 0,500     | 3,68        | 3,66      | 3,28        | 3,26      |
|                                | 8           | 0,250     | 3,47        | 3,45      | 3,14        | 3,12      |
|                                | 9           | 0,125     | 3,19        | 3,17      | 2,93        | 2,91      |
|                                | 10          | 0,000     | 2,10        | 2,08      | 2,11        | 2,09      |
|                                | 11          | 0,080     | 2,62        | 2,60      | 2,56        | 2,54      |
|                                | 12          | 0,160     | 2,91        | 2,89      | 2,81        | 2,79      |
|                                | 13          | 0,250     | 3,20        | 3,18      | 3,01        | 2,99      |
|                                | 14          | 0,330     | 3,44        | 3,42      | 3,14        | 3,12      |
|                                | 15          | 0,420     | 3,69        | 3,67      | 3,31        | 3,29      |
| First modulus, $E_1$ [Mpa]     |             |           | 31,9        |           | 40,2        |           |
| Secondary modulus, $E_2$ [Mpa] |             |           | 72,6        |           | 109,8       |           |
| Modulus ratio                  |             |           | 2,27        |           | 2,73        |           |



Tests were carried out by Elmo Einberg

Signature:

Test report was made by Timo Vares

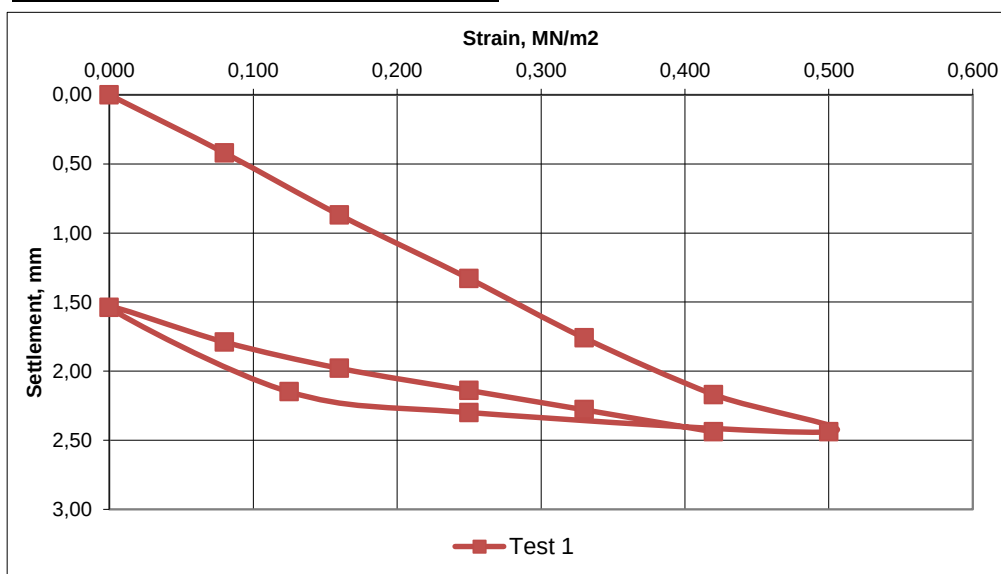
Signature:



**Test Report no 05/15**

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Place of Test       | Majaka tn, pk 110+25, olemasolevalt killustikaluselt, kõrgus olemasolevast kattest ca 40cm.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Description of Test | Test was done on 13.03.2015; 10:50-12:10. Test was carried out according Plate loading test standard DIN 18134:2001-09                                                                                                                                                                                                          |
| Testing device      | Test was carried out with Infratest plate loading test device, which has one dial gauge and max load of 160kN. Hydraulic system is produced by Lukas Hydraulik GmbH, type LZM16/160PN500, serial no. of manometer is 120350211 and cilinder 00183965. Dialgauge is Käfer's, serial no. WB364992. The plate diameter was 300 mm. |

| Results                        | No of cycle | Load, Mpa | Test 1      |           |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                                |             |           | Reading, mm | Shear, mm |
|                                | 1           | 0,000     | 0,00        | 0,00      |
|                                | 2           | 0,080     | 0,42        | 0,42      |
|                                | 3           | 0,160     | 0,87        | 0,87      |
|                                | 4           | 0,250     | 1,33        | 1,33      |
|                                | 5           | 0,330     | 1,76        | 1,76      |
|                                | 6           | 0,420     | 2,17        | 2,17      |
|                                | 7           | 0,500     | 2,44        | 2,44      |
|                                | 8           | 0,250     | 2,30        | 2,30      |
|                                | 9           | 0,125     | 2,15        | 2,15      |
|                                | 10          | 0,000     | 1,54        | 1,54      |
|                                | 11          | 0,080     | 1,79        | 1,79      |
|                                | 12          | 0,160     | 1,98        | 1,98      |
|                                | 13          | 0,250     | 2,14        | 2,14      |
|                                | 14          | 0,330     | 2,28        | 2,28      |
|                                | 15          | 0,420     | 2,44        | 2,44      |
| First modulus, $E_1$ [Mpa]     |             |           | 43,7        |           |
| Secondary modulus, $E_2$ [Mpa] |             |           | 125,0       |           |
| Moduluses ratio                |             |           | 2,86        |           |



Tests were carried out by Elmo Einberg

Signature:

Test report was made by Timo Vares

Signature:

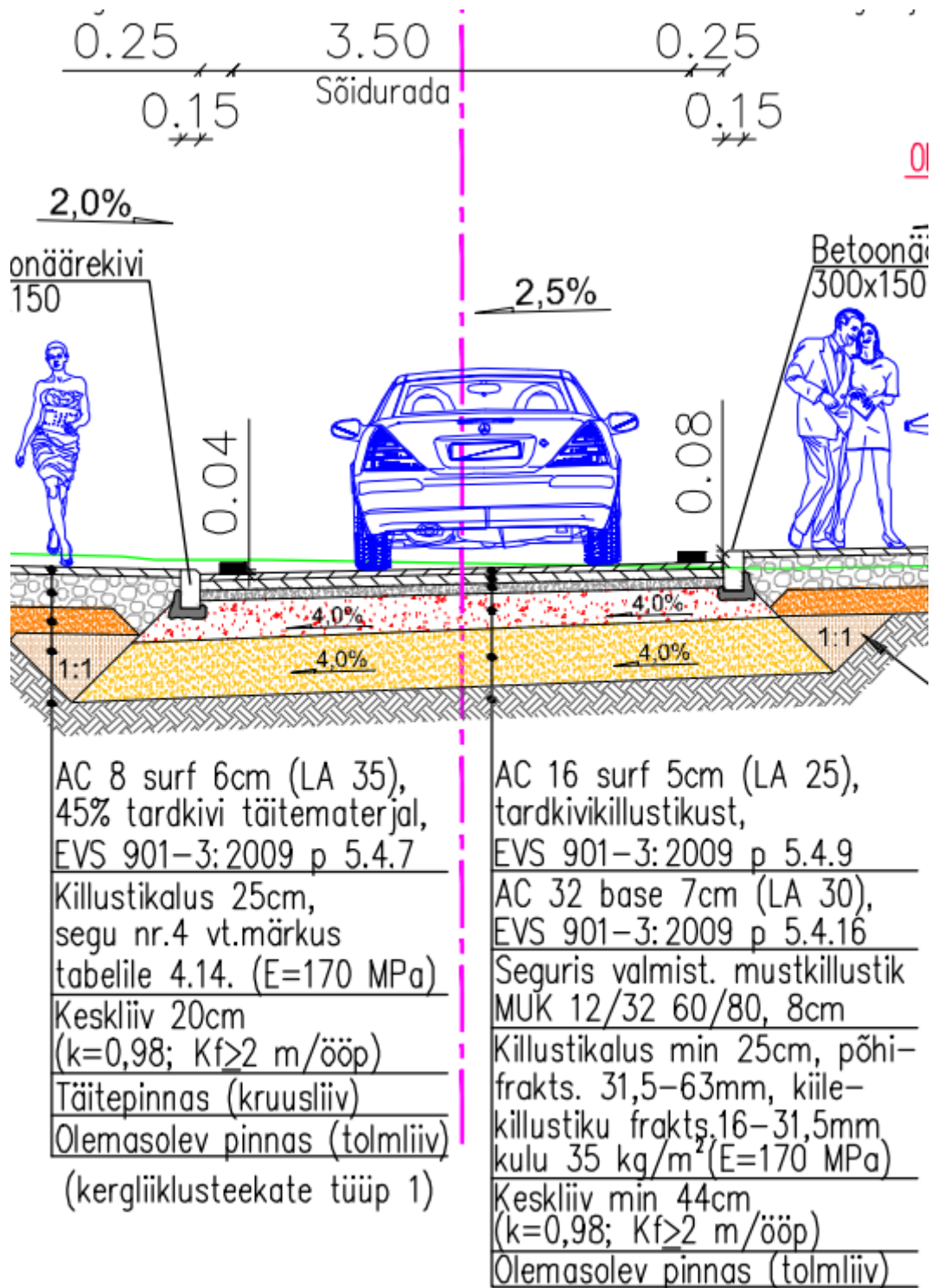


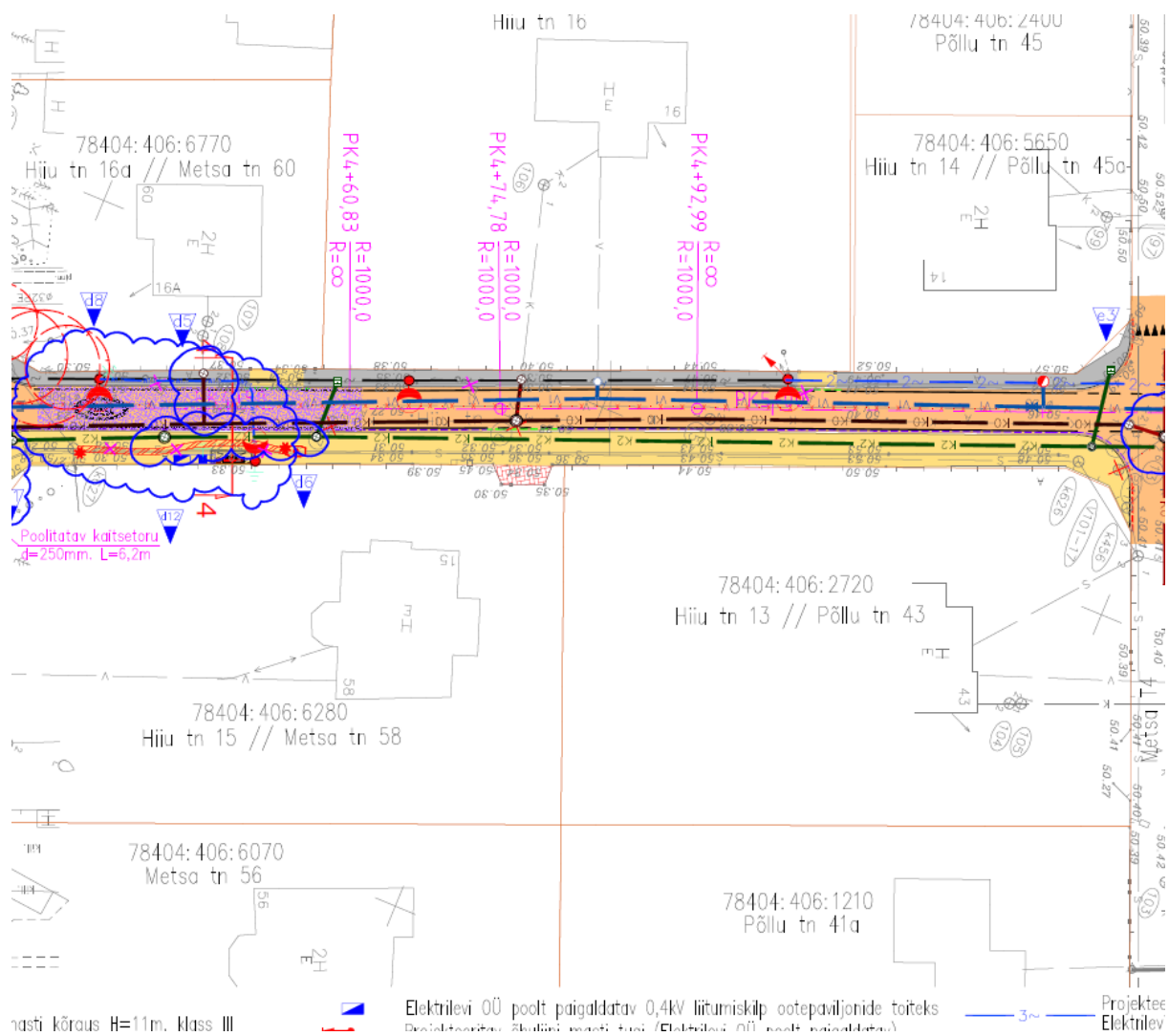
Lisa 6

**Hiiu tn plaatkoormuskatsed**

**Plaatkoormuskatse teostamine asukohas nr.1 – Hiiu tn Pk 4+75:**

1. Künnapõhja pealt - Katseprotokoll nr 10/15
2. Liivaluse pealt - Katseprotokoll nr 14/15
3. Killustikaluse pealt - Katseprotokoll nr 18/15





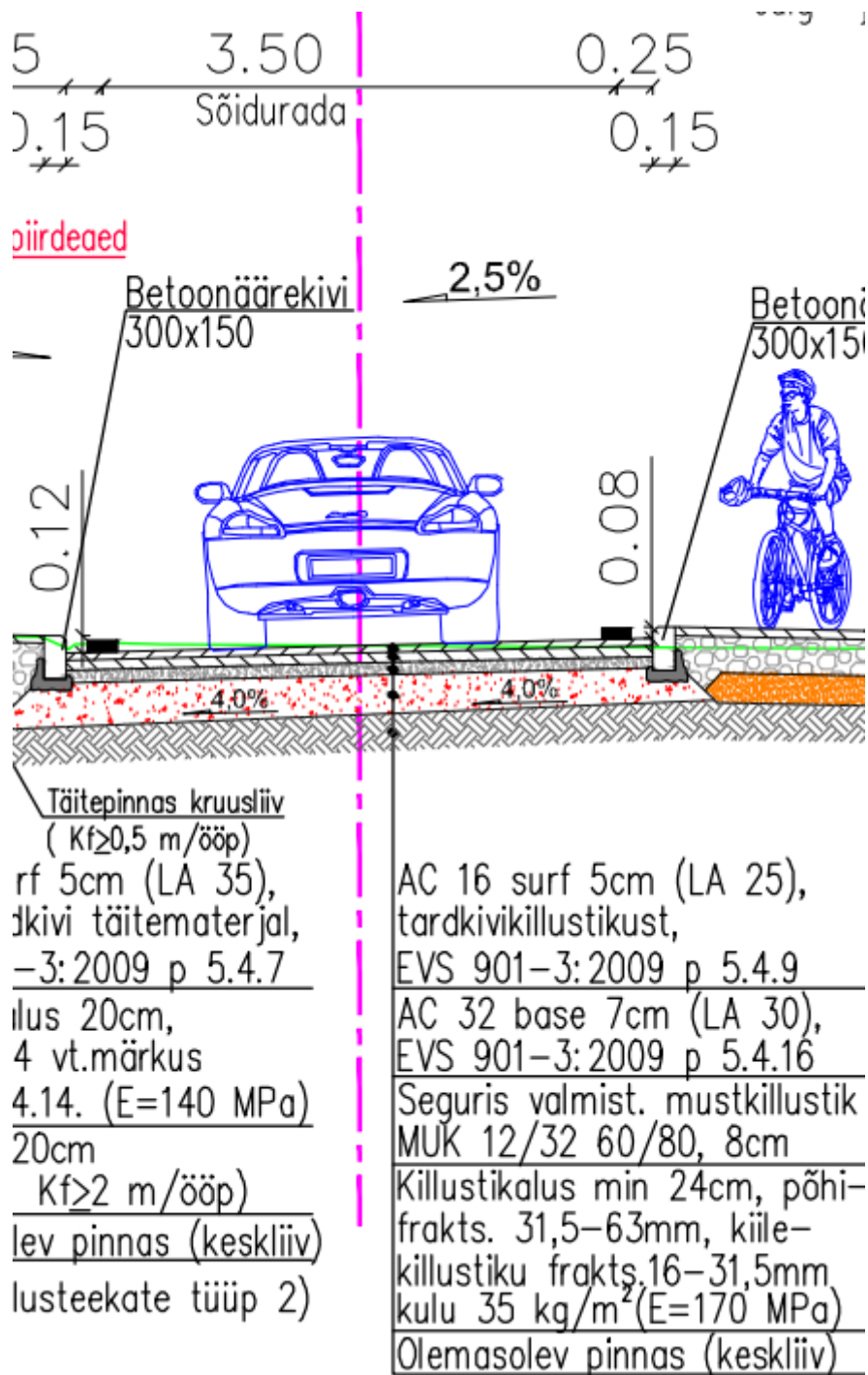
Kp 10/15

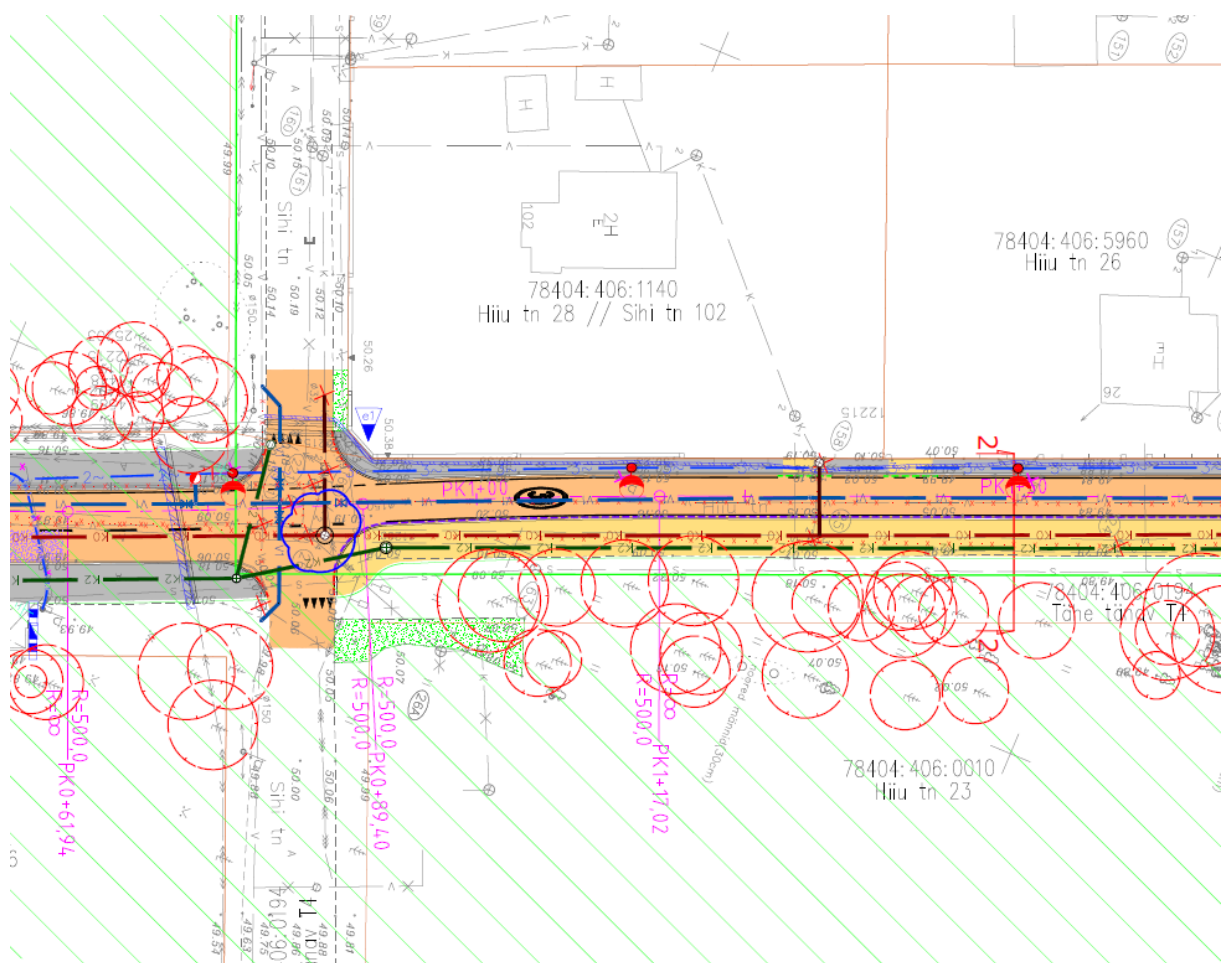
Kp 14/15

Kp 18/15

**Plaatkoormuskatse teostamine asukohas nr.2 – Hiiu tn Pk 0+95:**

1. Künnapõhja pealt - Katseprotokoll nr 23/15
2. Killustikaluse pealt - Katseprotokoll nr 23/15



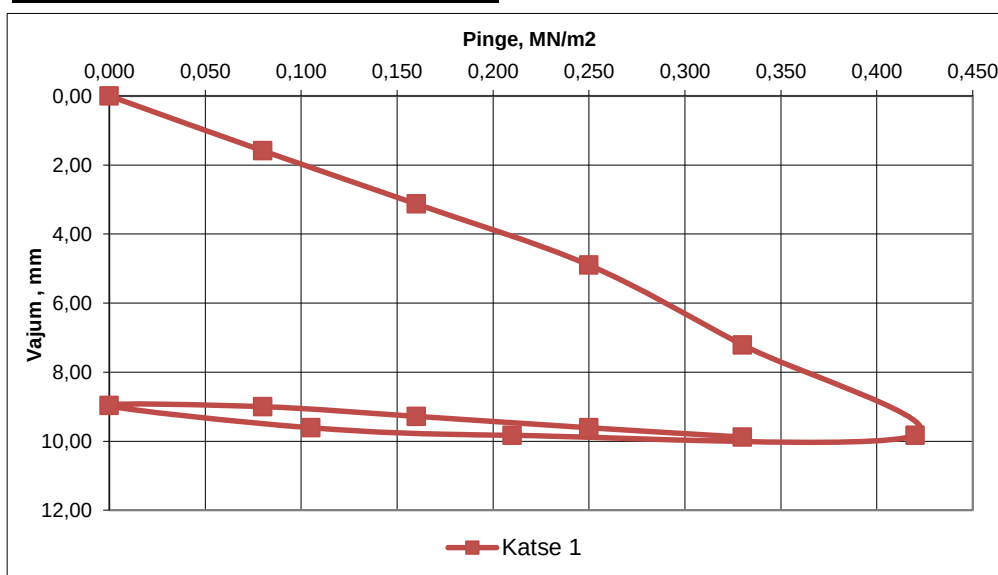




**Katseprotokoll nr 10/15**

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Katse asukoht    | Hiiu tn 15 ees, tee telg - künapõhja pealt                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Katse tingimused | Katseid teostati 29.04.2015, kell 9.00 - 11.00. Plaatkoormuskatset teostati DIN 18134 järgi.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Katse seade      | Katset teostati Infratesti plaatkoormusseadmega, millel on üks mõõtekell ja maksimaalne jõud 160 kN. Hüdraulilise jõu-süsteemi on valmistanud Lukas Hydraulik GmbH, tüüp LZM 16/160 PN500, manomeetri seerianumber 120350211 ja silindril 001183965. Mõõtekell on Käferi toode, seerianumbriga WB364992. Plaadi diameeter on 600 mm. |

| Tulemus                     | Koormamise jrk | Pinge, Mpa | Katse 1   |          |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------|----------|
|                             |                |            | Lugem, mm | Nihe, mm |
|                             | 1              | 0,000      | 0,32      | 0,00     |
|                             | 2              | 0,080      | 1,91      | 1,59     |
|                             | 3              | 0,160      | 3,45      | 3,13     |
|                             | 4              | 0,250      | 5,22      | 4,90     |
|                             | 5              | 0,330      | 7,53      | 7,21     |
|                             | 6              | 0,420      | 10,15     | 9,83     |
|                             | 8              | 0,210      | 10,15     | 9,83     |
|                             | 9              | 0,105      | 9,93      | 9,61     |
|                             | 10             | 0,000      | 9,29      | 8,97     |
|                             | 11             | 0,080      | 9,32      | 9,00     |
|                             | 12             | 0,160      | 9,60      | 9,28     |
|                             | 13             | 0,250      | 9,93      | 9,61     |
|                             | 14             | 0,330      | 10,20     | 9,88     |
|                             |                |            |           |          |
| Esmane moodul, $E_1$ [Mpa]  |                |            | 11,4      |          |
| Teisene moodul, $E_2$ [Mpa] |                |            | 42,9      |          |
| Moodulite suhe              |                |            | 3,76      |          |



Testi viis läbi Siim Säde

Protokolli koostas Timo Vares

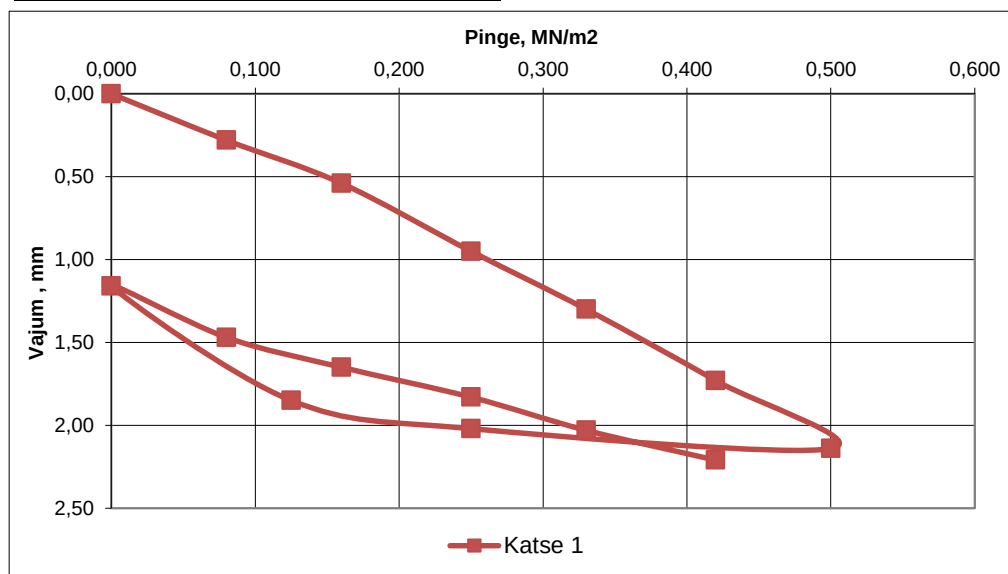
Allkiri:



**Katseprotokoll nr 14/15**

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Katse asukoht    | Hiiu tn - liivaluse pealt                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Katse tingimused | Katse teostati 11.05.2015, kell 8.00 - 10.00. Plaatkoormuskatset teostati DIN 18134 järgi.                                                                                                                                                                                                                                           |
| Katseseade       | Katset teostati Infratesti plaatkoormusseadmega, millel on üks mõõtekell ja maksimaalne jõud 160 kN. Hüdraulilise jõu-süsteemi on valmistanud Lukas Hydraulik GmbH, tüüp LZM 16/160 PN500, manomeetri seerianumber 120350211 ja silindril 001183965. Mõõtekell on Käferi toode, seerianumbriga WB364992. Plaadi diameeter on 300 mm. |

| Tulemus                     | Koormamise jrk | Pinge, Mpa | Katse 1   |          |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------|----------|
|                             |                |            | Lugem, mm | Nihe, mm |
|                             | 1              | 0,000      | 0,00      | 0,00     |
|                             | 2              | 0,080      | 0,28      | 0,28     |
|                             | 3              | 0,160      | 0,54      | 0,54     |
|                             | 4              | 0,250      | 0,95      | 0,95     |
|                             | 5              | 0,330      | 1,30      | 1,30     |
|                             | 6              | 0,420      | 1,73      | 1,73     |
|                             | 8              | 0,500      | 2,14      | 2,14     |
|                             | 9              | 0,250      | 2,02      | 2,02     |
|                             | 10             | 0,125      | 1,85      | 1,85     |
|                             | 11             | 0,000      | 1,16      | 1,16     |
|                             | 12             | 0,080      | 1,47      | 1,47     |
|                             | 13             | 0,160      | 1,65      | 1,65     |
|                             | 14             | 0,250      | 1,83      | 1,83     |
|                             | 15             | 0,330      | 2,03      | 2,03     |
|                             | 16             | 0,420      | 2,21      | 2,21     |
|                             |                |            |           |          |
| Esmane moodul, $E_1$ [Mpa]  |                |            | 50,0      |          |
| Teisene moodul, $E_2$ [Mpa] |                |            | 102,3     |          |
| Moodulite suhe              |                |            | 2,05      |          |



Testi viis läbi Elmo Einberg

Protokolli koostas Timo Vares

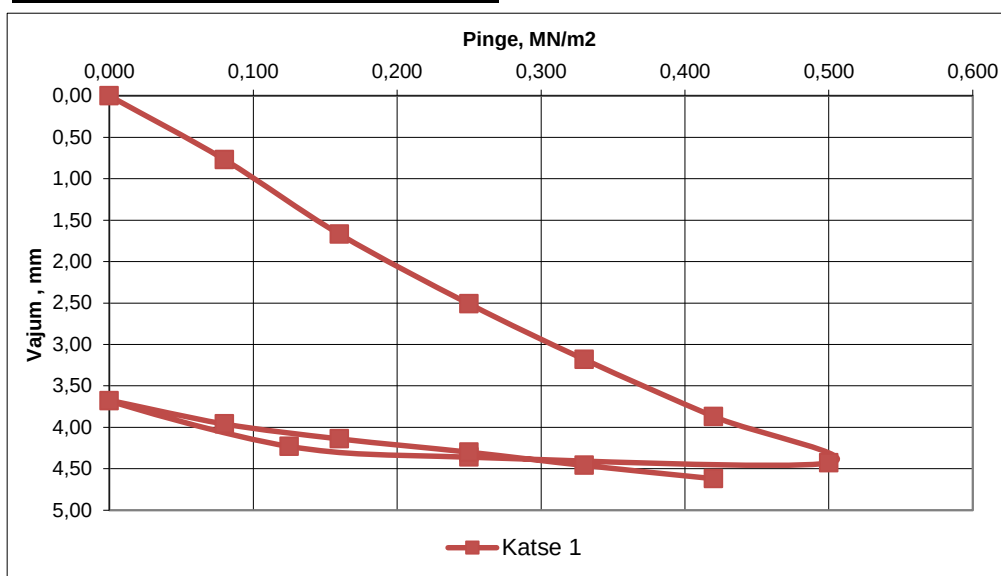
Allkiri:



**Katseprotokoll nr 18/15**

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Katse asukoht    | Hiiu tn - killustikaluse pealt                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Katse tingimused | Katse teostati 15.05.2015, kell 11.25 - 12.35. Plaatkoormuskatset teostati DIN 18134 järgi.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Katseseade       | Katset teostati Infratesti plaatkoormusseadmega, millel on üks mõõtekell ja maksimaalne jõud 160 kN. Hüdraulilise jõu-süsteemi on valmistanud Lukas Hydraulik GmbH, tüüp LZM 16/160 PN500, manomeetri seerianumber 120350211 ja silindril 001183965. Mõõtekell on Käferi toode, seerianumbriga WB364992. Plaadi diameeter on 300 mm. |

| Tulemus                     | Koormamise jrk | Pinge, Mpa | Katse 1   |          |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------|----------|
|                             |                |            | Lugem, mm | Nihe, mm |
|                             | 1              | 0,000      | 0,04      | 0,00     |
|                             | 2              | 0,080      | 0,81      | 0,77     |
|                             | 3              | 0,160      | 1,71      | 1,67     |
|                             | 4              | 0,250      | 2,55      | 2,51     |
|                             | 5              | 0,330      | 3,22      | 3,18     |
|                             | 6              | 0,420      | 3,91      | 3,87     |
|                             | 8              | 0,500      | 4,47      | 4,43     |
|                             | 9              | 0,250      | 4,40      | 4,36     |
|                             | 10             | 0,125      | 4,27      | 4,23     |
|                             | 11             | 0,000      | 3,72      | 3,68     |
|                             | 12             | 0,080      | 4,00      | 3,96     |
|                             | 13             | 0,160      | 4,18      | 4,14     |
|                             | 14             | 0,250      | 4,34      | 4,30     |
|                             | 15             | 0,330      | 4,50      | 4,46     |
|                             | 16             | 0,420      | 4,66      | 4,62     |
|                             |                |            |           |          |
| Esmane moodul, $E_1$ [Mpa]  |                |            | 25,6      |          |
| Teisene moodul, $E_2$ [Mpa] |                |            | 118,4     |          |
| Moodulite suhe              |                |            | 4,63      |          |



Testi viis läbi Elmo Einberg

Protokolli koostas Timo Vares

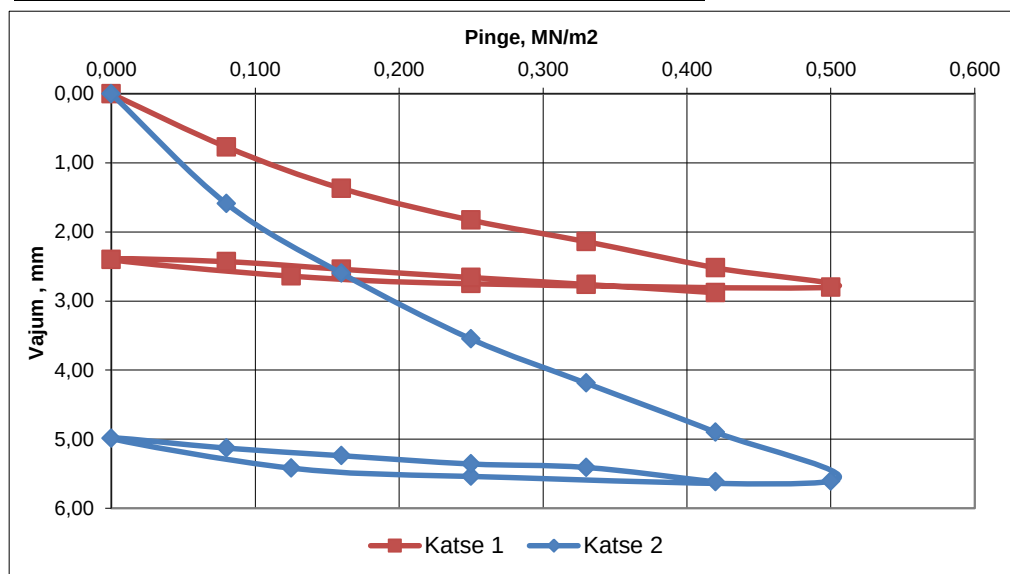
Allkiri:



**Katseprotokoll nr 23/15**

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Katse asukoht    | Katse nr 1 - Hiiu tn ja Sihi tn ristmik, a. künapõhja pealt, katse nr 2 - Hiiu tn ja Sihi tn ristmik keset teed, b. killustikaluse pealt                                                                                                                                                                                             |
| Katse tingimused | Katseid teostati 26.05.2015: katse nr 1 kell 12.00 - 13.00; katse nr 2 kell 13.10 - 14.10. Plaatkoormuskatset teostati DIN 18134 järgi.                                                                                                                                                                                              |
| Katseseade       | Katset teostati Infratesti plaatkoormusseadmega, millel on üks mõõtekell ja maksimaalne jõud 160 kN. Hüdraulilise jõu-süsteemi on valmistanud Lukas Hydraylik GmbH, tüüp LZM 16/160 PN500, manomeetri seerianumber 120350211 ja silindril 001183965. Mõõtekell on Käferi toode, seerianumbriga WB364992. Plaadi diameeter on 300 mm. |

| Tulemus                     | Koormamise jrk | Pinge, Mpa | Katse 1   |          | Katse 2   |          |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------|----------|-----------|----------|
|                             |                |            | Lugem, mm | Nihe, mm | Lugem, mm | Nihe, mm |
|                             | 1              | 0,000      | 0,08      | 0,00     | 0,40      | 0,00     |
|                             | 2              | 0,080      | 0,85      | 0,77     | 1,99      | 1,59     |
|                             | 3              | 0,160      | 1,45      | 1,37     | 3,00      | 2,60     |
|                             | 4              | 0,250      | 1,91      | 1,83     | 3,95      | 3,55     |
|                             | 5              | 0,330      | 2,22      | 2,14     | 4,59      | 4,19     |
|                             | 6              | 0,420      | 2,60      | 2,52     | 5,30      | 4,90     |
|                             | 8              | 0,500      | 2,88      | 2,80     | 6,01      | 5,61     |
|                             | 9              | 0,250      | 2,83      | 2,75     | 5,94      | 5,54     |
|                             | 10             | 0,125      | 2,72      | 2,64     | 5,82      | 5,42     |
|                             | 11             | 0,000      | 2,48      | 2,40     | 5,39      | 4,99     |
|                             | 12             | 0,080      | 2,51      | 2,43     | 5,53      | 5,13     |
|                             | 13             | 0,160      | 2,62      | 2,54     | 5,64      | 5,24     |
|                             | 14             | 0,250      | 2,74      | 2,66     | 5,76      | 5,36     |
|                             | 15             | 0,330      | 2,84      | 2,76     | 5,81      | 5,41     |
|                             | 16             | 0,420      | 2,96      | 2,88     | 6,02      | 5,62     |
|                             |                |            |           |          |           |          |
| Esmane moodul, $E_1$ [Mpa]  |                |            | 48,9      |          | 24,3      |          |
| Teisene moodul, $E_2$ [Mpa] |                |            | 173,1     |          | 195,7     |          |
| Moodulite suhe              |                |            | 3,54      |          | 8,04      |          |



Testi viis läbi Siim Säde

Protokolli koostas Timo Vares

Allkiri:





## Lisa 7

### Kandevõimemõõtmised Tammsaare teel Analüüs



Tallinn 2015

## Sisukord

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Sissejuhatus .....                                         | 3  |
| 1. Staatiline koormusplaat ja kaasaskantavad seadmed ..... | 4  |
| 2. FWD mõõtmised .....                                     | 7  |
| 2.2. FWD mõõtetulemuste võrdlus.....                       | 10 |
| Kokkuvõte .....                                            | 15 |

## Sissejuhatus

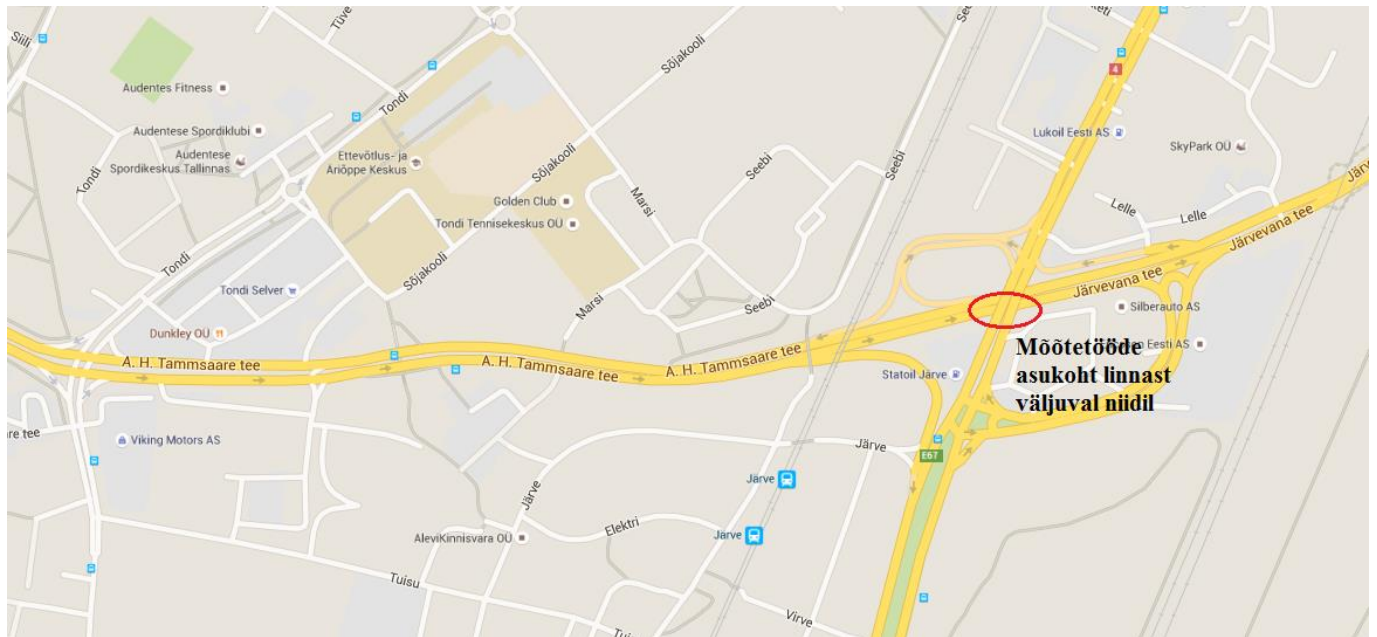
Aastal 2015 on koostatud Tallinna tänavate tüüpkatendite juhendmaterjal, mille koostamisel on arvestatud teatud materjalide elastsusmoodulitega ning sellega, et katendi all on kandevõimeks 45 MPa. Toodud eelduste kontrollimiseks ja ka ehituse kvaliteedi monitoorimiseks on vaja regulaarseid kandevõimemõõtmisi.

Kandevõimeid on võimalik mõõta mitmel viisil – raske langeva koormusega seadmega ehk FWD, kaasaskantavate kergete langeva koormusega seadmetega ehk LWD ja staatilise koormusplaadiga. FWD on nendest kõige kallim, samas kogutavate andmete hulk on suurim, LWDd on kõige odavamad, kuid nende poolt avaldatud koormus mõõdetavale pinnale on võikseim ja staatiline plaat on kõige otsesem viis mõõta kandevõimet, kuid ka kõige ajamahukam.

Käesolev aruanne käsitleb kandevõimemõõtmisi kõikide nimetatud seadmetega Tammsaare tee rekonstrueerimisel. Tegemist on esimese taoliste andmete kogumise ja erinevaid seadmeid võrdleva tööga Tallinnas.

## 1. Staatiline koormusplaat ja kaasaskantavad seadmed

Tammsaare teel keskenduti mõõtetöödega Pärnu mnt viadukti alusele piirkonnale, kuna seal oli ilmnunud vanas teekattes kõige suuremad defektid. Viadukti all mõõdeti kandevõimed linnast väljuval suunal (joonis 1) killustikaluse pealt nii staatilise koormusplaadi, Inspector III, HMP, Prima 100, kui FWDga. Mõõtetulemused on esitatud tabelites 1 ja 2.



Joonis 1. Tammsaare tee mõõtekoht asetses linnast väljuval suunal Pärnu mnt viadukti all.



Joonis 2 ja 3. Mõõtmine killustiku pealt ja selle alt. Killustikukihi paksus oli ca 80 cm.



Joonis 4 ja 5. Mõtetepunktide üldiseloostus ja FWD mõdetepunkti nr 5 asukoht (tabel 5)

Tabel 1

Mõtetetulemused Tammsaare tee killustikaluse pealt ja alt

| Staatiline plaat/FWD                                                       | Inspector III      | HMP                          | PRIMA 100                 |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|
| Küna põhjast, 1 m katte pinnast, niiske keskliiv                           |                    |                              |                           |
| $E_{v1} = 37,4 \text{ MPa}$                                                | 128 MPa, Tf = 1,10 | $E_{vd} = 35,65 \text{ MPa}$ | $E_v = 79,41 \text{ MPa}$ |
| <b><math>E_{v2} = 132,8 \text{ MPa}</math></b>                             |                    |                              |                           |
| $E_{v2}/E_{v1} = 3,55$                                                     |                    |                              |                           |
| Vana killustikaluse pealt, fr 16/32, ca 80 cm                              |                    |                              |                           |
| $E_{v1} = 36,1 \text{ MPa}$                                                | 213 MPa, Tf = 1,38 | $E_{vd} = 47,83 \text{ MPa}$ | $E_v = 90,58 \text{ MPa}$ |
| <b><math>E_{v2} = 260,7 \text{ MPa}^*</math></b>                           |                    |                              |                           |
| $E_{v2}/E_{v1} = 7,21^*$                                                   |                    |                              |                           |
| FWD <sub>5</sub> = 145 MPa                                                 | -                  | -                            | -                         |
| FWD <sub>6</sub> = 149 MPa                                                 |                    |                              |                           |
| FWD <sub>7</sub> = 143 MPa                                                 |                    |                              |                           |
| Uue killustikaluse pealt (18 cm paekivikillustik + 12 cm graniitkillustik) |                    |                              |                           |
| $E_{v1} = 43,3 \text{ MPa}$                                                | 165 MPa, Tf = 1,27 | $E_{vd} = 32,76 \text{ MPa}$ | $E_v = 55,1 \text{ MPa}$  |
| <b><math>E_{v2} = 167,1 \text{ MPa}</math></b>                             |                    |                              |                           |
| $E_{v2}/E_{v1} = 3,86$                                                     |                    |                              |                           |

\*Mõdetetulemus ei ole usaldusväärne, kuna  $E_{v2}/E_{v1} = 7,21$  on olemasoleva killustikaluse kohta liiga suur. Seega tuleks siin vaadelda FWD mõdetetulemusi staatilise koormusplaadi asemel, mis on esitatud tabelis 2.

Tabel 2

FWD mõdetetulemused Tammsaare tee vana killustikaluse pealt

| Punkti nr | Kpv      | Temperatuur, C |         |      | Jõud   |       | Läbivajumine, mikromeetrit |     |     |     |     |    |    | Emod, MPa | Min vajalik Emod, MPa | Mõdetud Emod-i erinevus arvutatust |      | SCI (piir 151) | BDI (piir 74) | BCI (piir 15) |
|-----------|----------|----------------|---------|------|--------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----------|-----------------------|------------------------------------|------|----------------|---------------|---------------|
|           |          | Asphalt        | Surface | Air  | Stress | Force | D1                         | D2  | D3  | D4  | D5  | D6 | D7 |           |                       | %                                  | MPa  |                |               |               |
| 5         | 21.07.15 | 22,0           | 18,0    | 19,1 | 703    | 50    | 794                        | 288 | 82  | 48  | 25  | 2  | 3  | 145       | 260                   | -44%                               | -115 | 509            | 207           | -1            |
| 6         | 21.07.15 | 22,0           | 17,6    | 19,2 | 695    | 49    | 756                        | 276 | 81  | 37  | 20  | 3  | 3  | 149       | 260                   | -43%                               | -111 | 488            | 199           | -1            |
| 7         | 21.07.15 | 22,0           | 19,5    | 18,9 | 688    | 49    | 786                        | 348 | 175 | 137 | 101 | 52 | 24 | 143       | 260                   | -45%                               | -117 | 449            | 178           | 28            |

Mõõtmistulemuste alusel nähtub, et küna põhjas on kandevõime väga hea (ca 130 MPa). FWD mõõtmised tabelis 2 näitavad andurite D6 ja D7 juures väga väikest läbipainet, mis viitab jäiga kihi, tõenäoliselt paelademe olemasolule ca 1,2 m sügavusel killustikkihi pinnast, mis selgitab suuri kandevõimeväärtusi. Kahjuks ei ole staatilise plaadiga mõõdetud kandevõimeväärtused kasutatavad, kuna  $E_{v2}/E_{v1}$  suhe on ebaloogiliselt suur. Samas näitavad mõõtetulemused, et Inspectori väärtused on peaaegu samad, mis mõõdetud staatilise plaadiga. Ka Soomes on leitud, et Inspector ja staatiline plaat annavad samu tulemusi, kui mõõdetava kihi paksus on suurem, kui mõõteseadme mõjuulatus (300 mm läbimõõduga plaadil ca 60 cm):

- Kasutades Odemarki meetodit ja võttes aluse kandevõimeks 128 MPa ning 80 cm paksuse killustikaluse peale 213 MPa, saadakse **vana killustiku mooduliks 220 MPa**.

FWD mõõtetulemused näitavad samas vanalt killustikult väga madalat mõõtetulemust – kuni 150 MPa. Staatilise plaadi ja FWD erinevus on see, et esimene mõõdab aeglase koormamise tulemusel, kuid FWD impulsskoormusest tulenevat läbipainet. FWD iseloomustab seega liikluskoormust ja võimaldab hinnata oluliselt täpsemalt sellest tulenevat mõju mõõdetavalt materjalile.

Kuna PRIMA 100 töötab FWDga samal põhimõttel (FWD mõõdab oluliselt suurema koormusega mõjudes sügavamale), saaks vana killustikukihi elastsusmooduli arvutamiseks kasutada selle ja FWD mõõtetulemusi. Kasutades Odemarki meetodit ja võttes aluse kandevõimeks 79 MPa ning 80 cm paksuse killustikaluse peale 150 MPa, saadakse vana killustiku elastsusmooduliks 160 MPa, mis on oluliselt madalam tulemus, kui staatilise plaadiga saadud mõõtetulemuste analüüsil. FWDga saavutatu vana killustiku madalam elastsusmoodul on loogiline, kui analüüsida FWD mõõtetulemusi peatükis 2 ja killustikukihi olukorda joonistel 14 ja 15.

Mõõtetulemused uue killustikaluse pealt näitavad kihi madalat tihedustegurit. Tulemust võib mõjutada kasutatud geovõrk, mis tihendades ja kandevõimet mõõtes veidi vetrub moonutades mõõtetulemusi, aga mis tegelikkuses kandevõimet ei halvenda.

Arvestades uue killustikukihi peal mõõdetud kandevõimet 167 MPa, saadakse paigaldatud 17 cm asfaltbetooniga arvutuslik kandevõime 439 MPa. Peatükis 2 esitatakse FWD mõõtetulemused ja sarnases olukorras (ehk viadukti all uuele killustikalusele ehitatud 17 cm paksune asfaltbetoonikiht) on järgmised mõõtepunktid koos mõõdetud elastsusmooduliga:

- 2 – 293 MPa;
- 3 – 264 MPa;
- 12 – 247 MPa;
- 13 – 276 MPa;
- 19 – 326 MPa;
- 20 – 256 MPa.

Keskmiseks mõõtetulemuseks tuleb 277 MPa, mis peaks killustikaluse arvutuslikuks elastsusmooduliks Odemarkiga arvutades tegema vaid ca 85 MPa. Arvestades killustikaluse kandevõimeks mõõdetud 167 MPa ja 17 cm paksuse asfaltbetoonkihiga, saadakse viimase keskmiseks elastsusmooduliks ebaloogiliselt madalad 650 MPa, mis viitab sellele, et ehitamise käigus ei saavutatud asfaltbetooni all piisavat kandevõimet. FWD tulemused viitavad, et sügavusest 300 mm allpool on probleeme materjali

kvaliteediga ja arvatavasti pärineb madal kandevõime sealt. Õnneks kasutati teekonstruktsiooni ehitamisel killustiku all stabiliseerivat geovõrku ja asfaltbetoonkihis asfaldivõrku, mis ei vähenda mõõdetavaid läbipaindeid (seetõttu ei suuda FWD registreerida võrgust tekkivat kasu), kuid mis takistab kihtide laialivajumisi ja pragude teket asfaltbetoonis.

## 2.FWD mõõtmised

Tammsaare teel teostati FWD mõõtmised linna siseneval ja väljuval suunal vastavalt joonistele 8 ja 9. Tulemused on esitatud tabelites 3 ja 4. Linna siseneval suunal mõõdeti kandevõime valmis teekatendi pealt ja linnast väljuval suunal freesitud pinnalt ja vanalt killustikaluselt.

Tabelis 3 on esitatud linna siseneval suunal mõõdetud kandevõime, millekohaselt madalaim väärtus on 232 MPa punktis 11 ja kõrgeim 427 MPa punktis 8. Üldiselt on linna siseneval suunal ca pooltes mõõtepunktides madalam kandevõime, kui 260 MPa, mis vastavalt Elastsete teekatendite projekteerimise juhendile on minimaalne väärtus põhitänavale. Suurem osa BDI ja BCI arvudest ületab piirväärtuse, mis näitab, et alates 300 mm katte pinnast sügavamal toimuvad lubatust suuremad läbipainded kas halvakvaliteediliste materjalide, tihedusprobleemide või muude põhjuste tõttu. Kasutades asfaltbetoonkihis asfaldivõrku, nagu Tammsaare tee rekonstrueerimisel tehti, tõstetakse kihi väsimuskindlust, mistõttu võivad aluse kõverdustegurid olla tavalisest suuremad.

SCI väärtused ehk katendi olukord ülemise 300 mm paksuses kihis on üldiselt hea, kuigi uue teekatendi puhul peaksid ka need väärtused olema madalamad.



Joonis 6. Mõõtepunkt nr 10 linna siseneval suunal. Joonis 7. Mõõtepunkt nr 10 linnast väljuval suunal.



PUNKTIID 1 - 7 JA 16 MÕÕDETUD PAREMPOOLSE  
SÕIDURAJA PAREMAS JÄLTES.

PUNKTIID 8 - 15 MÕÕDETUD VASAKPOOLSE  
SÕIDURAJA VASAKUS JÄLTES

PUNKTIID 17 - 22 MÕÕDETUD PAREMPÖÖRDE  
SÕIDURAJA PAREMAS JÄLTES

PUNKTIID 14 - 18 JA 1 KOHAKUTI LATERNA  
POSTIDEGA

PUNKTIID 2; 3; 12; 13; 19; 20 KOHAKUTI  
SILLA SAMMASTEGA.

Joonis 8. FWD mõõtepunktide asukohad Tammsaare tee linna siseneval suunal

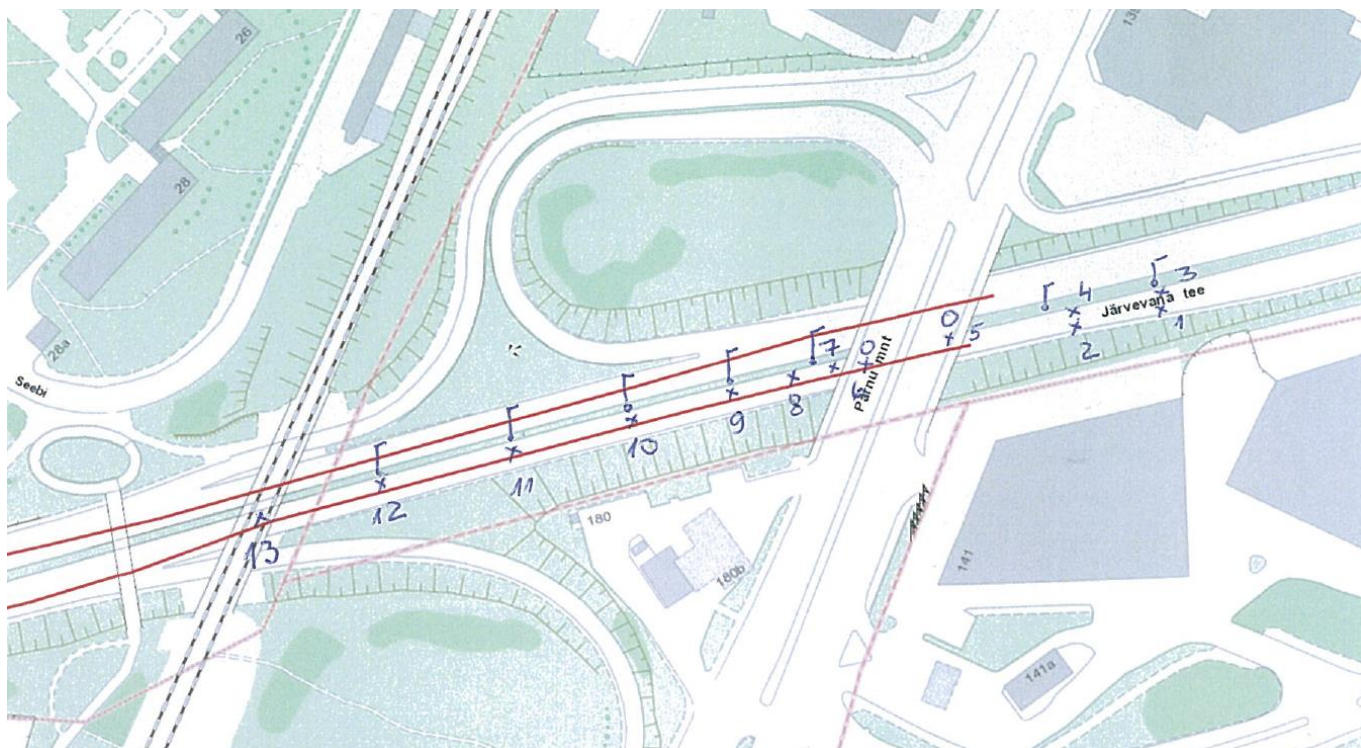
Tabel 3

## Tammsaare tee linna siseneval suunal FWD mõõtetulemused

| Punkti nr | Kpv      | Temperatuur, C |         |      | Jõud   |       | Läbivajumine, mikromeetrit |     |     |     |     |    |    | Emod, MPa | Min vajalik Emod, MPa | Mõõdetud Emod-i erinevus arvutatust |     | SCI (piir 151) | BDI (piir 74) | BCI (piir 15) |
|-----------|----------|----------------|---------|------|--------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----------|-----------------------|-------------------------------------|-----|----------------|---------------|---------------|
|           |          | Asphalt        | Surface | Air  | Stress | Force | D1                         | D2  | D3  | D4  | D5  | D6 | D7 |           |                       | %                                   | MPa |                |               |               |
| 1         | 16.07.15 | 17,0           | 16,7    | 13,9 | 703    | 50    | 417                        | 281 | 174 | 140 | 114 | 80 | 60 | 234       | 260                   | -10%                                | -26 | 136            | 108           | 21            |
| 2         | 16.07.15 | 17,0           | 15,1    | 13,8 | 699    | 49    | 313                        | 225 | 142 | 113 | 91  | 59 | 40 | 293       | 260                   | 13%                                 | 33  | 89             | 84            | 20            |
| 3         | 16.07.15 | 17,0           | 15,9    | 14,1 | 701    | 50    | 359                        | 255 | 158 | 124 | 98  | 59 | 37 | 264       | 260                   | 1%                                  | 4   | 105            | 98            | 23            |
| 4         | 16.07.15 | 17,0           | 17,1    | 14,0 | 704    | 50    | 384                        | 256 | 158 | 126 | 99  | 66 | 43 | 250       | 260                   | -4%                                 | -10 | 129            | 98            | 23            |
| 5         | 16.07.15 | 17,0           | 17,5    | 14,4 | 702    | 50    | 323                        | 197 | 106 | 80  | 60  | 35 | 22 | 287       | 260                   | 10%                                 | 27  | 127            | 91            | 14            |
| 6         | 16.07.15 | 17,0           | 17,5    | 14,7 | 704    | 50    | 258                        | 129 | 66  | 51  | 39  | 24 | 16 | 344       | 260                   | 32%                                 | 84  | 130            | 63            | 8             |
| 7         | 16.07.15 | 17,0           | 15,7    | 14,3 | 704    | 50    | 203                        | 113 | 48  | 29  | 17  | 6  | 1  | 415       | 260                   | 60%                                 | 155 | 91             | 65            | 4             |
| 8         | 16.07.15 | 17,0           | 15,8    | 14,9 | 706    | 50    | 196                        | 104 | 45  | 28  | 18  | 6  | 2  | 427       | 260                   | 64%                                 | 167 | 92             | 60            | 4             |
| 9         | 16.07.15 | 17,0           | 17,2    | 14,8 | 704    | 50    | 258                        | 151 | 82  | 60  | 45  | 26 | 16 | 343       | 260                   | 32%                                 | 83  | 108            | 69            | 10            |
| 10        | 16.07.15 | 17,0           | 17,2    | 14,7 | 704    | 50    | 280                        | 169 | 86  | 61  | 44  | 23 | 13 | 322       | 260                   | 24%                                 | 62  | 111            | 83            | 10            |
| 11        | 16.07.15 | 17,0           | 17,1    | 15,1 | 706    | 50    | 423                        | 289 | 173 | 131 | 100 | 55 | 29 | 232       | 260                   | -11%                                | -28 | 135            | 116           | 26            |
| 12        | 16.07.15 | 17,0           | 16,9    | 14,7 | 702    | 50    | 390                        | 273 | 166 | 129 | 100 | 58 | 34 | 247       | 260                   | -5%                                 | -13 | 118            | 108           | 25            |
| 13        | 16.07.15 | 17,0           | 15,3    | 14,7 | 695    | 49    | 335                        | 238 | 145 | 112 | 88  | 51 | 30 | 276       | 260                   | 6%                                  | 16  | 98             | 95            | 21            |
| 14        | 16.07.15 | 17,0           | 16,2    | 14,8 | 702    | 50    | 357                        | 243 | 146 | 113 | 88  | 54 | 35 | 265       | 260                   | 2%                                  | 5   | 115            | 98            | 19            |
| 15        | 16.07.15 | 17,0           | 16,5    | 14,4 | 700    | 49    | 358                        | 238 | 140 | 110 | 87  | 58 | 42 | 263       | 260                   | 1%                                  | 3   | 122            | 99            | 16            |
| 16        | 16.07.15 | 17,0           | 16,9    | 14,7 | 700    | 49    | 389                        | 252 | 151 | 119 | 97  | 68 | 54 | 247       | 260                   | -5%                                 | -13 | 139            | 102           | 15            |
| 17        | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 14,6 | 694    | 49    | 385                        | 263 | 162 | 128 | 104 | 71 | 51 | 247       | 260                   | -5%                                 | -13 | 124            | 102           | 20            |
| 18        | 16.07.15 | 17,0           | 16,5    | 14,3 | 695    | 49    | 390                        | 265 | 158 | 122 | 96  | 59 | 38 | 245       | 260                   | -6%                                 | -15 | 127            | 109           | 21            |
| 19        | 16.07.15 | 17,0           | 15,1    | 14,5 | 698    | 49    | 273                        | 204 | 131 | 103 | 81  | 48 | 27 | 326       | 260                   | 25%                                 | 66  | 70             | 74            | 21            |
| 20        | 16.07.15 | 17,0           | 15,7    | 14,5 | 701    | 50    | 372                        | 259 | 155 | 118 | 90  | 51 | 28 | 256       | 260                   | -2%                                 | -4  | 114            | 105           | 23            |
| 21        | 16.07.15 | 17,0           | 16,9    | 14,6 | 703    | 50    | 377                        | 247 | 141 | 103 | 76  | 38 | 18 | 254       | 260                   | -2%                                 | -6  | 131            | 107           | 21            |
| 22        | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 14,6 | 698    | 49    | 408                        | 250 | 148 | 114 | 90  | 55 | 32 | 237       | 260                   | -9%                                 | -23 | 160            | 104           | 23            |
| KESKMINE: |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 285       | 260                   | 10%                                 | 25  | 117            | 93            | 18            |
| Min:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 232       |                       | -11%                                | -28 | 70             | 60            | 4             |
| Max:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 427       |                       | 64%                                 | 167 | 160            | 116           | 26            |

Linnast väljuval suunal mõõdeti kandevõimed freesitud pinnalt ja Pärnu mnt all olevalt vanalt killustikult (joonis 9 ja tabel 4, killustikult mõõdetud punktid on 5...7). Objektil visuaalse vaatluse tulemusena vana asfaltbetooni paksus varieerus tugevalt, mis on arvatav põhjus ka mõõtetulemuste suurele varieerumisele. Jättes arvestamata killustikukihi mõõtepunkte, saadi väikseimaks mõõtetulemuseks 172 MPa punktis 8 ja suurimaks 340 MPa punktis 13.

BCI väärtused on enamuse väga madalad, mis viitab jäiga kihi olemasolule alates 1200 mm sügavusest. Kõik SCI ja BDI väärtused on väga suured, mis viitab olemasoleva killustiku halvale seisukorrale, mida nähti ka mõõtes kandevõimet FWDga otse killustikult. Lisaks võimaldas kandevõime mõõtmine killustiku all näha killustikukihi läbilõiget hinnates kihi seisukorda. Fotod nendest on esitatud joonistel 14 ja 15, mis näitab, et paekivikillustik on ristlõikes väga halvas seisukorras, ülemine ca 15 cm on väga savine ja purunenud, allpool olevad killustikuterad on täis lõhesid ja pudenevad väga kergelt. Seetõttu on igati põhjendatud asfaldivõrgu kasutamine asfaltbetoonkihis kohtades, kus killustikalust välja ei vahetatud.



Joonis 9. FWD mõõtepunktid Tammsaare tee linnast väljuval suunal.

Tabel 4

Tammsaare tee linnast väljuval suunal mõõdetud mõõtepunktid

| Punkti nr | Kpv      | Temperatuur, C |         |      | Jõud   |       | Läbivajumine, mikromeetrit |     |     |     |     |    |    | Emod, MPa | Min vajalik Emod, MPa | Mõõdetud Emod-i erinevus arvatutust |      | SCI (piir 151) | BDI (piir 74) | BCI (piir 15) |
|-----------|----------|----------------|---------|------|--------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----------|-----------------------|-------------------------------------|------|----------------|---------------|---------------|
|           |          | Asphalt        | Surface | Air  | Stress | Force | D1                         | D2  | D3  | D4  | D5  | D6 | D7 |           |                       | %                                   | MPa  |                |               |               |
| 1         | 21.07.15 | 22,0           | 22,0    | 19,4 | 699    | 49    | 392                        | 246 | 121 | 89  | 69  | 46 | 35 | 252       | 260                   | -3%                                 | -8   | 148            | 126           | 12            |
| 2         | 21.07.15 | 22,0           | 20,9    | 18,8 | 694    | 49    | 337                        | 163 | 79  | 61  | 50  | 34 | 25 | 283       | 260                   | 9%                                  | 23   | 178            | 85            | 9             |
| 3         | 21.07.15 | 22,0           | 21,0    | 19,0 | 695    | 49    | 552                        | 220 | 87  | 66  | 49  | 31 | 20 | 191       | 260                   | -26%                                | -69  | 337            | 135           | 11            |
| 4         | 21.07.15 | 22,0           | 21,1    | 19,3 | 692    | 49    | 408                        | 236 | 108 | 74  | 57  | 35 | 24 | 242       | 260                   | -7%                                 | -18  | 176            | 131           | 12            |
| 5         | 21.07.15 | 22,0           | 18,0    | 19,1 | 703    | 50    | 794                        | 288 | 82  | 48  | 25  | 2  | 3  | 145       | 260                   | -44%                                | -115 | 509            | 207           | -1            |
| 6         | 21.07.15 | 22,0           | 17,6    | 19,2 | 695    | 49    | 756                        | 276 | 81  | 37  | 20  | 3  | 3  | 149       | 260                   | -43%                                | -111 | 488            | 199           | -1            |
| 7         | 21.07.15 | 22,0           | 19,5    | 18,9 | 688    | 49    | 786                        | 348 | 175 | 137 | 101 | 52 | 24 | 143       | 260                   | -45%                                | -117 | 449            | 178           | 28            |
| 8         | 21.07.15 | 22,0           | 20,9    | 18,5 | 699    | 49    | 528                        | 250 | 68  | 32  | 15  | 3  | 3  | 199       | 260                   | -23%                                | -61  | 281            | 183           | 0             |
| 9         | 21.07.15 | 22,0           | 21,7    | 18,7 | 691    | 49    | 627                        | 350 | 122 | 63  | 30  | 1  | 2  | 172       | 260                   | -34%                                | -88  | 283            | 234           | -1            |
| 10        | 21.07.15 | 22,0           | 20,5    | 18,5 | 693    | 49    | 346                        | 171 | 49  | 31  | 21  | 11 | 5  | 276       | 260                   | 6%                                  | 16   | 179            | 125           | 6             |
| 11        | 21.07.15 | 22,0           | 20,7    | 18,7 | 702    | 50    | 343                        | 196 | 87  | 58  | 41  | 23 | 15 | 281       | 260                   | 8%                                  | 21   | 148            | 111           | 9             |
| 12        | 21.07.15 | 22,0           | 21,6    | 19,0 | 694    | 49    | 309                        | 179 | 79  | 53  | 36  | 18 | 10 | 303       | 260                   | 16%                                 | 43   | 132            | 101           | 9             |
| 13        | 21.07.15 | 22,0           | 18,7    | 19,1 | 691    | 49    | 266                        | 145 | 52  | 29  | 15  | 4  | 1  | 340       | 260                   | 31%                                 | 80   | 124            | 95            | 3             |
| KESKMINE: |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 229       | 260                   | -12%                                | -31  | 264            | 147           | 7             |
| Min:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 143       |                       | -45%                                | -117 | 124            | 85            | -1            |
| Max:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 340       |                       | 31%                                 | 80   | 509            | 234           | 28            |

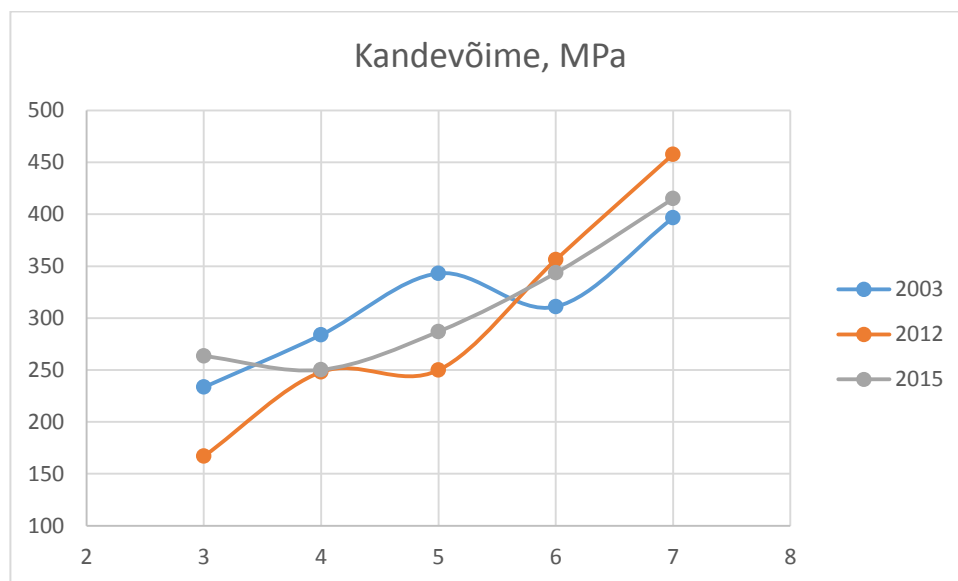
## 2.2. FWD mõõtetulemuste võrdlus

Tammsaare teelt on varem mõõdetud kandevõimeid aastatel 2003 ja 2012 ja praegusel juhul on analüüsiks kasutatavad andmed linna siseneval suunal, täpsemalt mõõtepunktid 3...7. Võrdlus on esitatud joonistel 10...13.

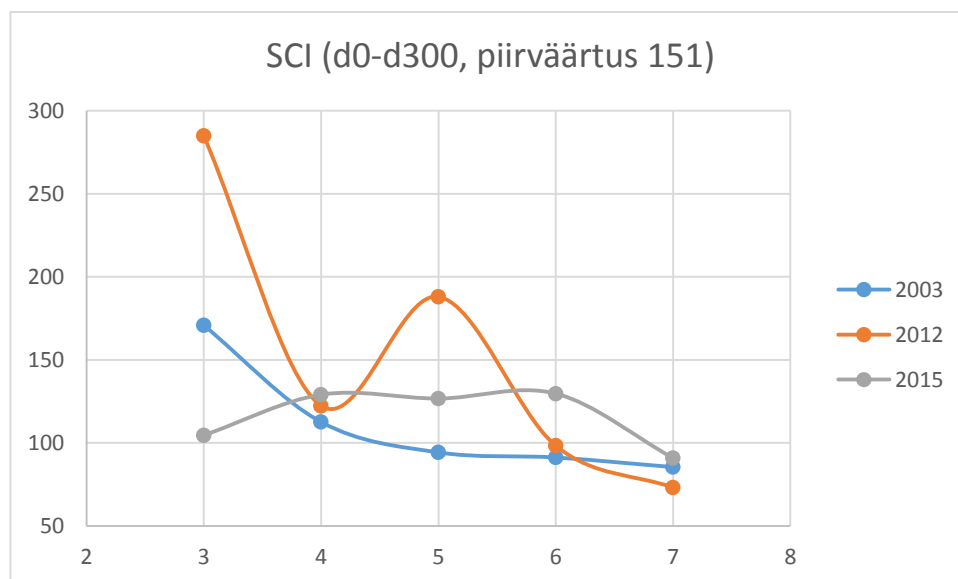
Tulemuste analüüsimisel nähtub, kuidas on muutunud tee seisukord vahemikus 2003 – 2012. Enne rekonstrueerimist oli teada, et kõige probleemsemad punktid olid 3 ja 4, mis asuvad viadukti all. Väga suur muutus on toimunud SCI ja BDI väärtuste osas, mis on tõusnud tugevalt üle soovitatud piirväärtuste ja mis viitab, et asfaltbetooni ja killustikaluse eluead on ammendunud. Samuti on vähenenud tugevalt üldine kandevõime.

Üldiselt on rekonstrueeritud tee näitajad sarnased või paremad, kui aastal 2003 mõõdetud. Probleemne on aasta 2015 mõõdetulemuse BCI näitaja punktides 3 ja 4, mis viitab halvakvaliteediliste materjalide olemasolule sügavusel alates 1200 mm pealt.

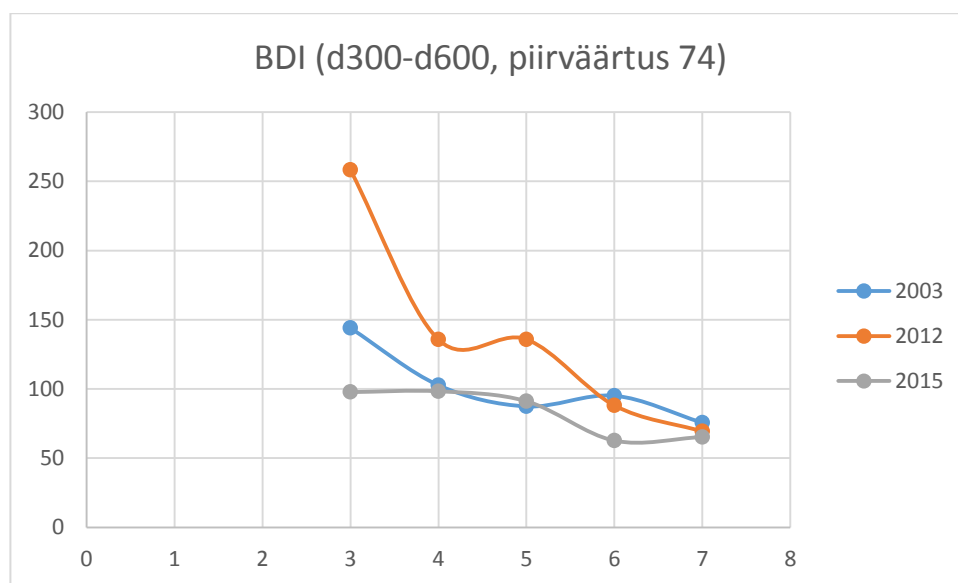
Värskeid mõõtetulemusi mõjutab tõenäoliselt ka see, et kandevõimed mõõdeti suhteliselt vahetult valminud kihtidelt. Küsimusi tekitab SCI väärtused, mis on võrreldes 2003 a mõõteandmetega halvemad, mis võib viidata madalale tihedusele ja mistõttu võivad tee eksploatatsiooni käigus kattesse tekkida järeltihenemisest roopad ja/või ebaühtlased vajumised.



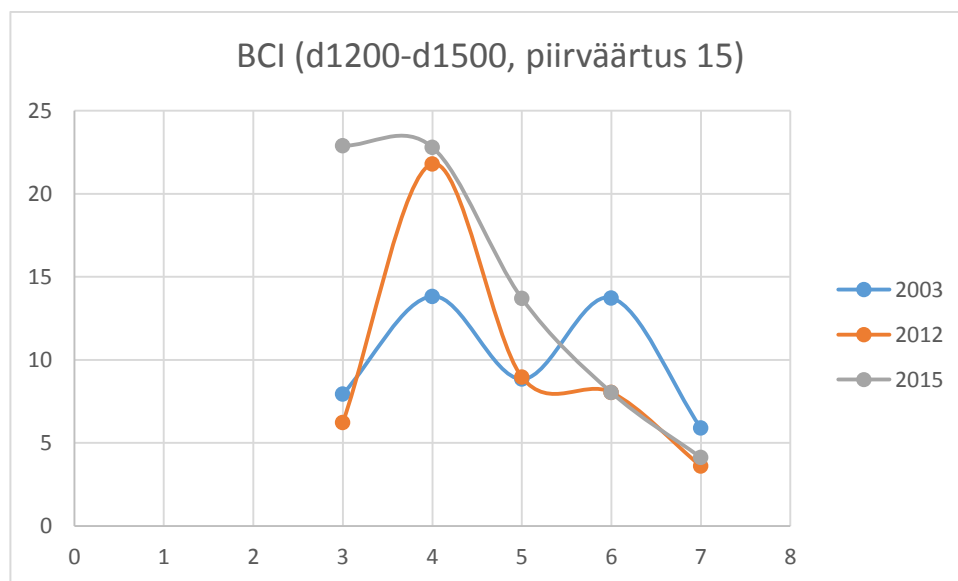
Joonis 10. Kandevõime võrdlus Tammsaare teel linna siseneval suunal punktides 3...7.



Joonis 11. SCI väärtuste võrdlus Tammsaare teel linna siseneval suunal punktides 3...7.



Joonis 12. BDI väärtuste võrdlus Tammsaare teel linna siseneval suunal punktides 3...7.



Joonis 13. BCI väärtuste võrdlus Tammsaare teel linna siseneval suunal punktides 3...7.



Joonis 14. Vanas killustikaluses olev killustik on lõhenenud, purunenud; palju leidub värskeid murdumispindu ja peent puru.



Joonis 15. Killustikalus on justkui kahes osas – pealmises osas on visuaalsel hinnangul suure savi ja peenosisesisaldusega materjal, suured killustikutükid on purunenud või lagunened.

## Kokkuvõte

Kandevõimete mõõtmine objektide projekteerimise, ehitamise ja monitoorimise ajal on oluline saamaks täpset infot eksisteerivast olukorrast, mis võimaldab adekvaatset katendiarvutust ja katendite eluea hindamist. Kokkuvõtteks leiti järgmist:

- Tammsaare teel vana killustiku elastsusmooduliks saadi staatilise koormusplaadiga mõõtes 220 MPa, kuid FWD tulemused näitasid oluliselt madalamat tulemust (ca 160 MPa), mis näitab, et vana paekivikillustik oli täielikult amortiseerunud ja vajab väljavahetamist. Mõõtetulemused kinnitas ka killustikkihi läbilõike visuaalne vaatus.
- Tammsaare teel linna siseneval suunal on rekonstrueeritud katendi kandevõime madalam, kui nõutud. Võimalik, et suuri läbivajumisi mõjutab kihtide tihendus ja alumiste alles jäetud kihtide mõju (alates 300 mm sügavuses katte pinnast). Alles jäetud kihtidest tulenevat negatiivset mõju peaks kõrvaldama kasutatud geosünteedid.
- Tammsaare tee tuleks mõõdetud punktides järgmine aasta uuesti üle mõõta. FWD parameetrite kohaselt algab probleem alates 300 mm sügavuselt katte pinnast.

## Lisa 8

### Kandevõimemõõtmised Akadeemia teel Analüüs



Tallinn 2015

## Sisukord

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Sissejuhatus .....                                         | 3  |
| 1. Staatiline koormusplaat ja kaasaskantavad seadmed ..... | 4  |
| 2. FWD mõõtmised .....                                     | 9  |
| 2.1 FWD mõõtetulemuste võrdlus .....                       | 12 |
| Kokkuvõte .....                                            | 17 |

## Sissejuhatus

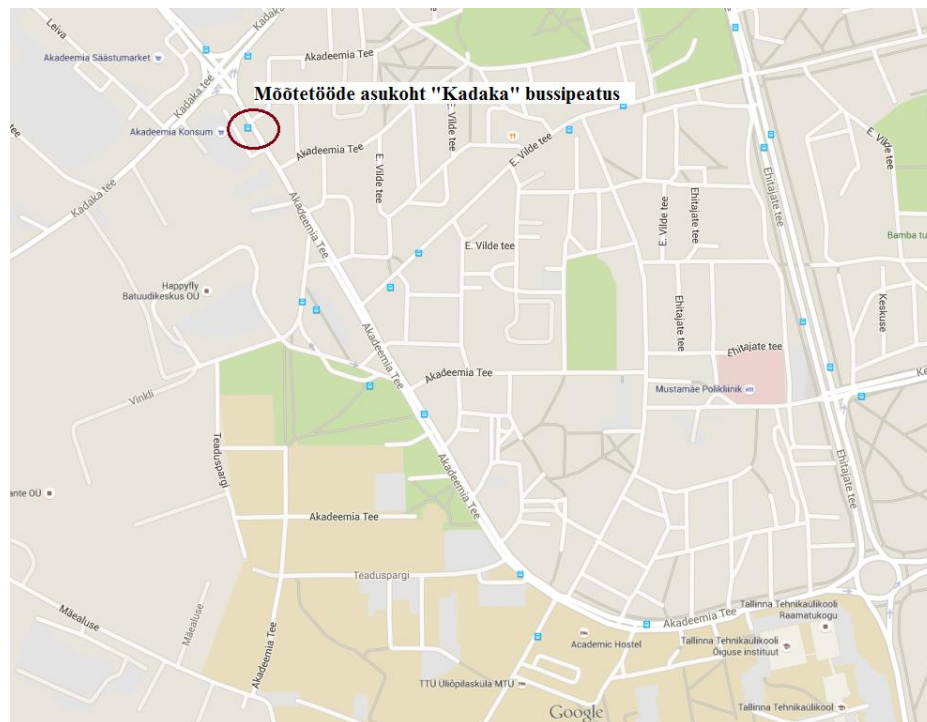
Aastal 2015 on koostatud Tallinna tänavate tüüpkatendite juhendmaterjal, mille koostamisel on arvestatud teatud materjalide elastsusmoodulitega ning sellega, et katendi all on kandevõimeks 45 MPa. Toodud eelduste kontrollimiseks ja ka ehituse kvaliteedi monitoorimiseks on vaja regulaarseid kandevõimemõõtmisi.

Kandevõimeid on võimalik mõõta mitmel viisil – raske langeva koormusega seadmega ehk FWD, kaasaskantavate kergete langeva koormusega seadmetega ehk LWD ja staatilise koormusplaadiga. FWD on nendest kõige kallim, samas kogutavate andmete hulk on suurim, LWDd on kõige odavamad, kuid nende poolt avaldatud koormus mõõdetavale pinnale on võikseim ja staatiline plaat on kõige otsesem viis mõõta kandevõimet, kuid ka kõige ajamahukam.

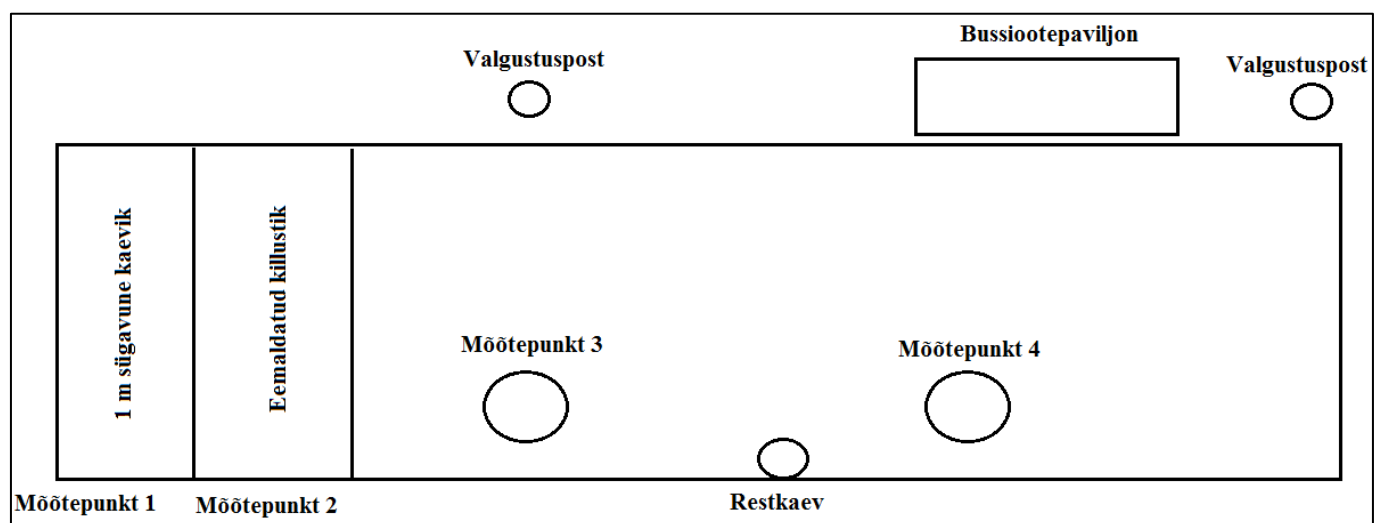
Käesolev aruanne käsitleb kandevõimemõõtmisi kõikide nimetatud seadmetega Akadeemia ja Tammsaare tee rekonstrueerimisel. Tegemist on esimese taoliste andmete kogumise ja erinevaid seadmeid võrdleva tööga Tallinnas.

## 1. Staatileine koormusplaat ja kaasaskantavad seadmed

Akadeemia teel mõõdeti kandevõimeid “Kadaka” bussipeatuses staatilise plaadi (vastavalt DIN 18134, 300 mm läbimõõduga koormusplaadiga), Inspector III, Saksa kerge dünaamilise mõõteseadmega HMP ja Taani LWD PRIMA 100-ga.



Joonis 1. Mõõtetööde asukoht Akadeemia teel “Kadaka” bussipeatuses.



Joonis 2. Mõõtepunktide skemaatiline joonis.



Joonis 3. Objekt mõõtetöödega alustamisel.

Kõigepealt eemaldati bussipeatuse Ehitajate tee poolsest otsast killustik ja sellealune pinnas kuni 1 m sügavuseni mõõdetuna projektse katendi pealt (jooniselt 2 mõõtepunkt 1). Bussipeatuse ehitamisel oli vana killustik eemaldatud ja asendatud uue paekivikillustikuga fr 16/32, kihipaksus 30 cm, kiilumiskihti veel rajatud ei olnud. Vahetult killustiku all paljandus huumusesisaldusega killustiku ja liivaga segamini täitepinnas. 1 m sügavusel oli visuaalsel hinnangul tegemist kõrge huumusesisaldusega niiske peenliivaga.

Mõõtetööd kaevikus teostati 16.07.15, ilm oli kuiv ja soe (ca +25°C). Mõõtmisteks kasutati 300 mm läbimõõduga koormusplaati, Inspector III, PRIMA 100 ja Saksa HMP-d. Mõõtetulemused on esitatud tabelis 1.

Erinevatel põhjustel ei mõõdetud kandevõimet kohe killustiku pealt ja selle alt, vaid need mõõtmised oli plaanis sooritada künnasse tagasitäidetud materjalide pealt (tagasitäide ja killustik), kuid 16.07 õhtul ja 17.07 öösel oli tugevad vihmajärgid, mistõttu küna täitus veega ning väljakaevatud huumuserikas pinnas veeküllastus. Seetõttu ei oleks saanud tagasitäidetud materjalidelt saada usaldusväärseid ja tõeseid mõõtetulemusi, mistõttu otsustati nihutada järgnevad mõõtmised veidi edasi ja mõõta olemasoleva killustiku ja vahetult selle all oleva pinnase pealt (jooniselt 2 mõõtepunkt 2). Mõõtetulemused on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

## Akadeemia tee bussipeatusestmõõdetud tulemused

| Staatileine plaat                                              | Inspector III         | HMP                          | PRIMA 100              |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|
| Küna põhjast, 1 m katte pinnast, huumuserikas peenliiv         |                       |                              |                        |
| $E_{v1} = 11,1 \text{ MPa}$                                    | 57 MPa, $T_f = 0,95$  | $E_{vd} = 14,88 \text{ MPa}$ | $E_0 = 57 \text{ MPa}$ |
| $E_{v2} = 21,4 \text{ MPa}$                                    |                       |                              |                        |
| $E_{v2}/E_{v1} = 1,93$                                         |                       |                              |                        |
| Killustiku alt, huumuserikas täitepinnas liiva ja killustikuga |                       |                              |                        |
| $E_{v1} = 45,0 \text{ MPa}$                                    | 124 MPa, $T_f = 1,18$ | $E_{vd} = 39 \text{ MPa}$    | $E_0 = 82 \text{ MPa}$ |
| $E_{v2} = 107,1 \text{ MPa}$                                   |                       |                              |                        |
| $E_{v2}/E_{v1} = 2,38$                                         |                       |                              |                        |
| Killustiku pealt fr 16/32, ca 30 cm                            |                       |                              |                        |
| $E_{v1} = 62,5 \text{ MPa}$                                    | 153 MPa, $T_f = 1,46$ | $E_{vd} = 47 \text{ MPa}$    | $E_0 = 95 \text{ MPa}$ |
| $E_{v2} = 166,7 \text{ MPa}$                                   |                       |                              |                        |
| $E_{v2}/E_{v1} = 2,67$                                         |                       |                              |                        |

Lisaks mõõdeti 16.07 killustikaluse pealt kahes eri punktis kõigi kolme kaasaskantava seadmega (jooniselt 2mõõdepunktid 3 ja 4), tulemused on esitatud tabelis 2.

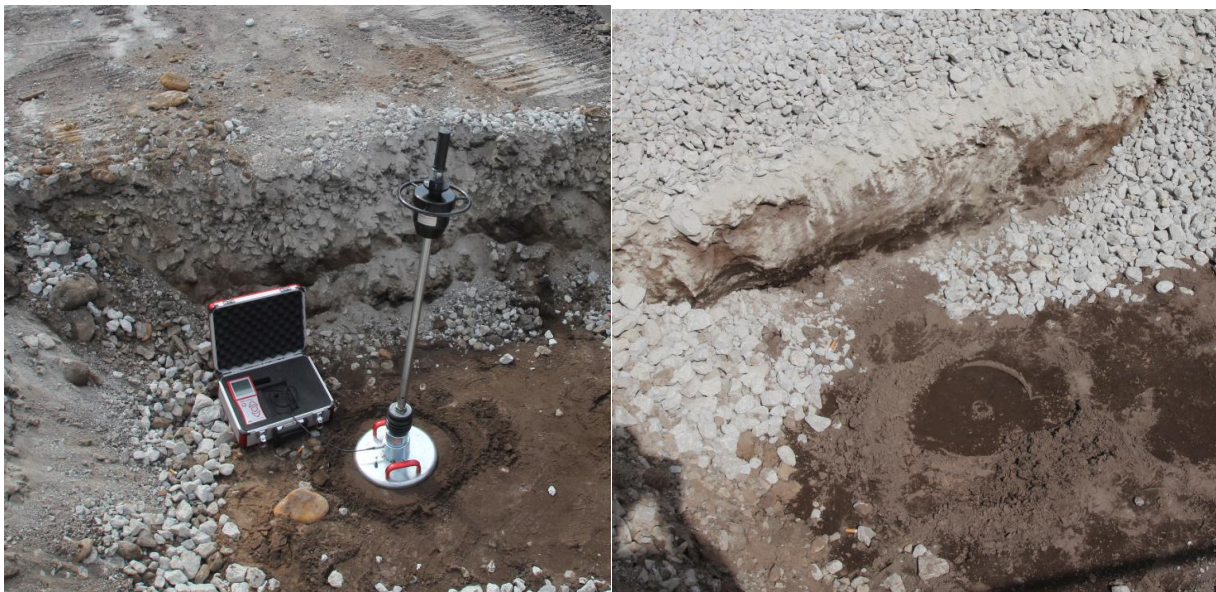
Tabel 2.

## Kaasaskantavate seadmetega saadud mõõtetulemused killustiku pealt

|              | Inspector III         | HMP       | PRIMA 100 |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|
| Mõõdepunkt 3 | 200 MPa, $T_f = 1,61$ | 57,11 MPa | 110 MPa   |
| Mõõdepunkt 4 | 193 MPa, $T_f = 1,42$ | 55,28 MPa | 126 MPa   |

Killustiku pealt mõõdeti kandevõimeks 166,7 MPa ja selle alt 107,1 MPa. Kasutades neid andmeid Odemarki valemis koos killustikukihi paksusega 30 cm, saadakse **killustiku elastsusmooduliks 225 MPa**. Tuleb märkida veel, et killustiku tihendus mõõdetud kohalt ei olnud piisav,  $E_{v2}/E_{v1}$  suhe peaks olema alla 2,20, kuid oli 2,76. Põhjus võib olla selles, et ekskavaatori ülesõidul kobestati tahtmatult killustikukihi ülemist osa, mis mõjutas ka mõõtetulemusi. Vaadeldes kergete seadmetega saadud mõõtetulemusi nähtub, et punktis 3 ja 4 on kandevõimed kõrgemad.

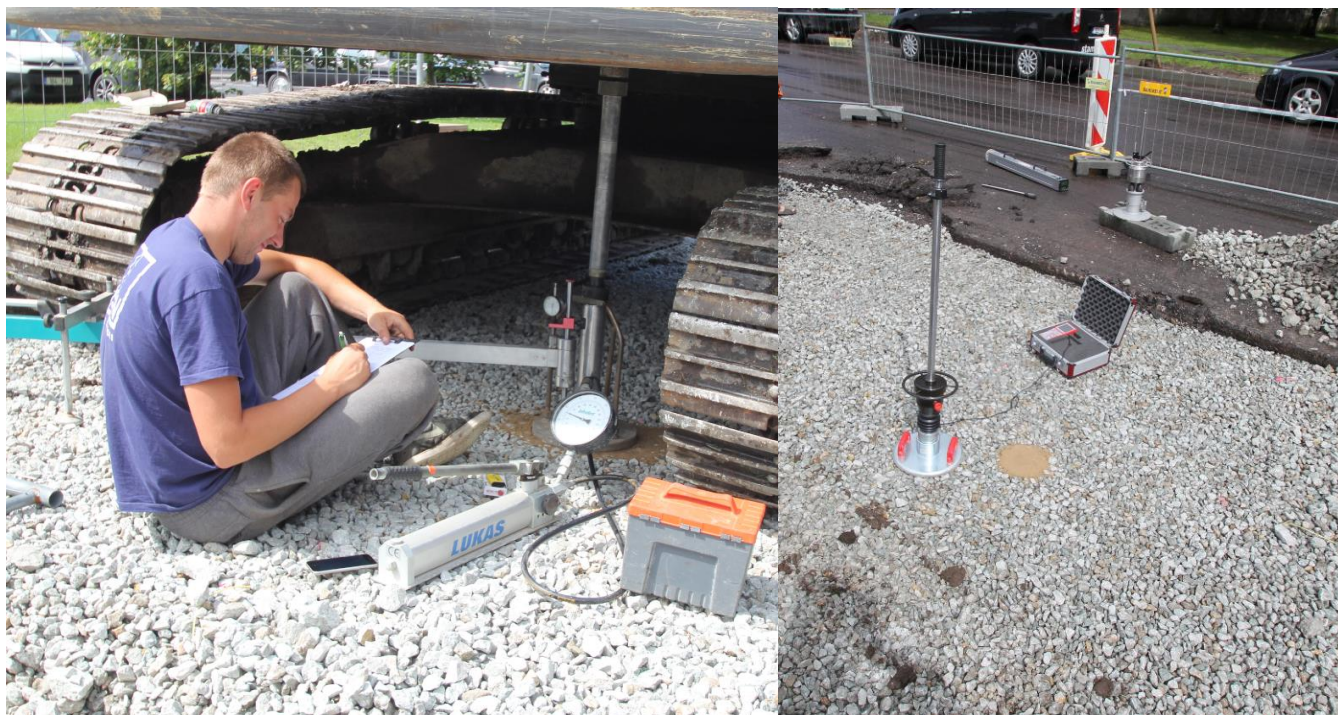
Küna põhjas mõõdeti olemasoleva maapinna kandevõimeks vaid 21,4 MPa, mis on oluliselt madalam, kui tüüpkatendite juhendis eeldatud 45 MPa, kuid mis siiski üldist kandevõimet ei ole mõjutanud; killustiku alt mõõdeti kandevõimeks 107 MPa.



Joonised 4 ja 5. Kuna põhi, kust nähtub Saksa HMP ja seal olnud pinnas, milleks oli visuaalsel hinnangul kõrge huumusesisaldusega peenliiv.



Joonised 6 ja 7. Öösel täitus kuna põhi veega, mistõttu ei olnud võimalik mõõtetöödega jätkata samast kohast ning need nihutati eemale. Jooniselt nähtub Inspector III uuest mõõtetööde asukohast.



Joonised 8 ja 9. Mõõtetööd killustikaluse pealt staatilise plaadi ja Saksa HMP-ga.



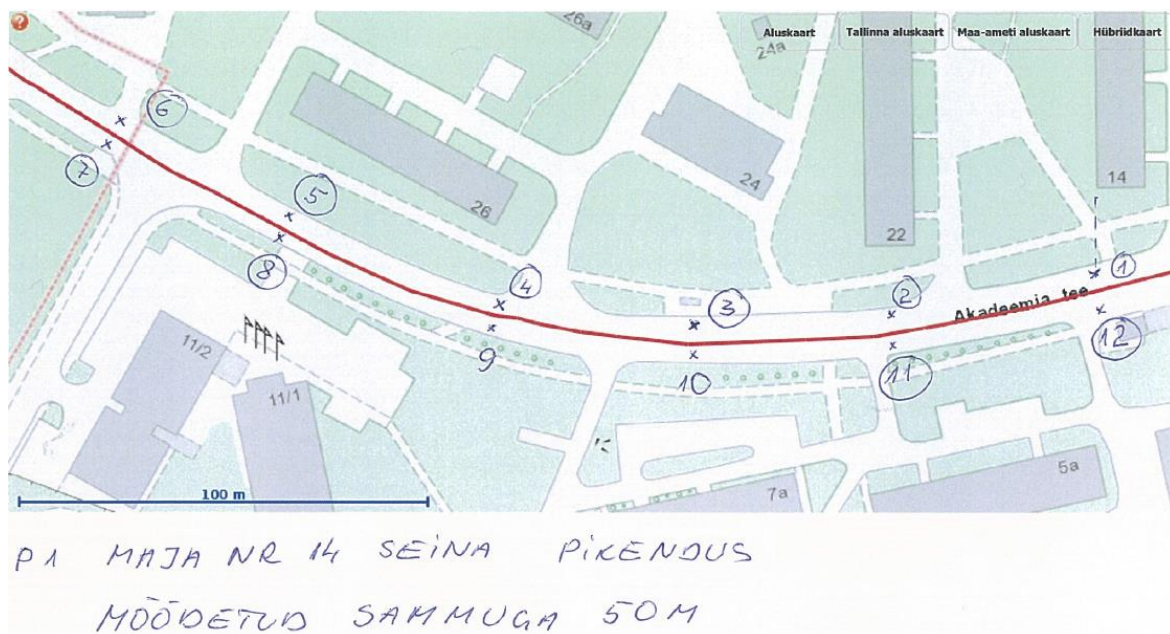
Joonised 10 ja 11. Eemaldatud killustik ja selle all paiknenud huumuse, liiva ja killustiku segu.



Joonised 12 ja 13. Killustiku all toimuvad mõõtetööd staatilise plaadiga ja killustiku pealt mõõtepunktis nr 4 kasutatud kaasaskantavad mõõteseadmed.

## 2. FWD mõõtmised

Esimesed FWD mõõtmised sooritati Akadeemia teel peale freesimist 16.07 õhtul vastavalt joonisel 14 kujutatud skeemile ja nii, et mõõtepunkt asetseks äärekivist ca 1,5 ...2,0 m eemal. Asfaltkatte pind oli freesitud ja kohati ebatasane, samuti esines teel erinevaid teetöödega seonduvaid piiranguid, mis ei võimaldanud igas mõõtepunktis rangelt kinni pidada 1,5...2,0 m taotlusest. Joonistel 15 ja 16 on kujutatud mõõtepunkte ja teekatteseisukorda. Õhtul sadas tugevalt vihma ja õhutemperatuur oli keskmine (ca +15°C). Mõõtmised teostas AS Teede Tehnokeskus seadmega Dynatest FWD-8002. Tulemused on esitatud tabelis 3.



Joonis 14. FWD-mõõtepunktide asukohad Akadeemia teel.

Tabel 3

Kandevõimemõõtetulemused FWD-ga Akadeemia teelt peale freesimist. Mõõtepunktide asukohad on esitatud joonisel 14

| Punkti nr | Kpv      | Temperatuur, C |         |      | Jõud   |       | Läbivajumine, mikromeetrit |     |     |     |     |    |    | Emod, MPa | Min vajalik Emod, MPa | Mõõdetud Emod-i erinevus arvutatust |     | SCI (piir 151) | BDI (piir 74) | BCI (piir 15) |
|-----------|----------|----------------|---------|------|--------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----------|-----------------------|-------------------------------------|-----|----------------|---------------|---------------|
|           |          | Asphalt        | Surface | Air  | Stress | Force | D1                         | D2  | D3  | D4  | D5  | D6 | D7 |           |                       | %                                   | MPa |                |               |               |
| 1         | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 15,0 | 706    | 50    | 183                        | 113 | 75  | 64  | 57  | 43 | 35 | 452       | 260                   | 74%                                 | 192 | 70             | 38            | 9             |
| 2         | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 14,8 | 705    | 50    | 185                        | 117 | 84  | 74  | 66  | 54 | 45 | 448       | 260                   | 72%                                 | 188 | 68             | 33            | 9             |
| 3         | 16.07.15 | 17,0           | 17,3    | 15,0 | 697    | 49    | 275                        | 206 | 152 | 125 | 107 | 79 | 56 | 324       | 260                   | 25%                                 | 64  | 70             | 55            | 23            |
| 4         | 16.07.15 | 17,0           | 17,4    | 15,3 | 702    | 50    | 212                        | 134 | 98  | 80  | 74  | 55 | 42 | 401       | 260                   | 54%                                 | 141 | 79             | 36            | 13            |
| 5         | 16.07.15 | 17,0           | 17,6    | 15,0 | 703    | 50    | 155                        | 95  | 71  | 63  | 56  | 45 | 36 | 513       | 260                   | 97%                                 | 253 | 60             | 25            | 9             |
| 6         | 16.07.15 | 17,0           | 17,1    | 15,1 | 702    | 50    | 301                        | 132 | 81  | 66  | 55  | 41 | 31 | 303       | 260                   | 17%                                 | 43  | 171            | 51            | 10            |
| 7         | 16.07.15 | 17,0           | 16,8    | 14,8 | 695    | 49    | 345                        | 220 | 145 | 118 | 99  | 70 | 52 | 270       | 260                   | 4%                                  | 10  | 126            | 77            | 19            |
| 8         | 16.07.15 | 17,0           | 17,3    | 15,0 | 693    | 49    | 162                        | 97  | 79  | 70  | 62  | 50 | 41 | 491       | 260                   | 89%                                 | 231 | 66             | 18            | 10            |
| 9         | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 14,9 | 703    | 50    | 217                        | 150 | 108 | 92  | 79  | 59 | 44 | 394       | 260                   | 51%                                 | 134 | 67             | 43            | 14            |
| 10        | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 14,9 | 696    | 49    | 174                        | 120 | 83  | 71  | 60  | 46 | 37 | 464       | 260                   | 79%                                 | 204 | 56             | 37            | 9             |
| 11        | 16.07.15 | 17,0           | 16,6    | 15,2 | 691    | 49    | 188                        | 131 | 93  | 81  | 71  | 56 | 45 | 435       | 260                   | 67%                                 | 175 | 59             | 39            | 11            |
| 12        | 16.07.15 | 17,0           | 17,0    | 15,2 | 699    | 49    | 146                        | 113 | 81  | 72  | 64  | 52 | 42 | 535       | 260                   | 106%                                | 275 | 33             | 33            | 10            |
| KESKMINE: |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 419       | 260                   | 61%                                 | 159 | 77             | 40            | 12            |
| Min:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 270       |                       | 4%                                  | 10  | 33             | 18            | 9             |
| Max:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |     |     |    |    | 535       |                       | 106%                                | 275 | 171            | 77            | 23            |

Freesitud pinnalt saadud mõõtetulemused näitavad enamasti väga suurt teekatendi kandevõimet – minimaalselt 270 MPa punktis 7 ja maksimaalselt 535 MPa punktis 12. Tabelist 3 nähtub, et mõnevõrra probleemsed punktid on 6 ja 7, mille SCI, BDI ja BCI väärtused on märkimisväärselt suuremad, kui mujal. Lisaks on probleemne punkti 3 BCI väärtus.

- SCI iseloomustab teekonstruktsiooni esimest 300 mm ehk kuivõrd suur läbipaine toimub selles ulatuses;
- BDI iseloomustab teekonstruktsiooni vahemikus 300...600 mm mõõdetuna teekatte pinnast;
- BCI iseloomustab teekonstruktsiooni vahemikus 1200...1500 mm mõõdetuna teekatte pinnast.

SCI, BDI ja BCI piirid arvutatakse välja vastavalt teekonstruktsiooni vajaminevale elastsusmoodulile. Kui piir on ületatud (ehk kui tabelis nähtub see punasena), toimub selles vahemikus liiga suur läbipaine, mis näitab, et selles teekonstruktsiooni piirkonnas on puudusi, milleks võivad olla näiteks väsinud katendikihid (eluiga on ammendunud või ammendumas, näiteks asfaltbetoon on pragunenud ja/või killustik purunenud), aladimensioonitud teekatend või halvakvaliteediliste ja üleniiskunud materjalide olemasolu (viimane probleem esineb peamiselt sügavamates kihtides).

Punktid 6 ja 7 asuvad ülekäigurajal. Kuna tee keskel on ohutussaar, toimub seal kanaliseeritud liiklus (st liikluse hajuvust ei toimu), mistõttu kogu liikluskooormus langeb ühte kohta. Seega on liikluse mõju selles piirkonnas oluliselt suurem, kui mujal mõõdetud punktides. Taoline olukord on võinud põhjustada asfaltbetooni ja selle all oleva killustiku omaduste kahanemise oma eluea lõppu. Näiteks võivad asfaldis olla sees mikropraod, mis põhjustavad kahanenud vastupanu koormusele ja mistõttu näitab FWD kihi suurt läbipainet.

BCI lubatust suuremad väärtused võivad olla põhjustatud üleniiskunud pinnastest punktides 3 ja 7. Punkt 3 on mõõdetud bussipeatuse juurest ja võib-olla on kunagi seda kohta laiendatud jättes halvemakvaliteedilise pinnase alla ja mis näitab seetõttu suuremat läbipainet.



Joonised 15 ja 16. Objekti üldine seisukord. Joonistel kujutatud mõõtepunktid 1 ja 6.

Teist korda mõõdeti FWDga kandevõimet 07.09.2015. Varasemalt oli paigaldatud kahekihiline asfaltbetoonkiht, kogupaksusega 11 cm, mille mõlema arvutuslik elastsusmoodul on 2500 MPa (AC surf 20 ja AC base 20). Tulemused on esitatud tabelis 4.

Tabel 4

Kandevõimemõõtetulemused FWD-ga Akadeemia teelt peale kattekihi uuendamist. Mõõtepunktide asukohad on esitatud joonisel 14

| Punkti nr | Kpv      | Temperatuur, C |         |      | Jõud   |       | Läbivajumine, mikromeetrit |     |     |    |    |    |    | Emod, MPa | Min vajalik Emod, MPa | Mõõdetud Emod-i erinevus arvutatust |     | SCI (piir 151) | BDI (piir 74) | BCI (piir 15) |
|-----------|----------|----------------|---------|------|--------|-------|----------------------------|-----|-----|----|----|----|----|-----------|-----------------------|-------------------------------------|-----|----------------|---------------|---------------|
|           |          | Asphalt        | Surface | Air  | Stress | Force | D1                         | D2  | D3  | D4 | D5 | D6 | D7 |           |                       | %                                   | MPa |                |               |               |
| 1         | 07.09.15 | 12,3           | 10,8    | 12,4 | 704    | 50    | 102                        | 85  | 68  | 58 | 54 | 45 | 36 | 701       | 260                   | 169%                                | 441 | 17             | 17            | 9             |
| 2         | 07.09.15 | 12,3           | 10,9    | 12,2 | 694    | 49    | 169                        | 132 | 100 | 88 | 78 | 60 | 46 | 466       | 260                   | 79%                                 | 206 | 38             | 32            | 14            |
| 3         | 07.09.15 | 12,3           | 10,6    | 12,3 | 699    | 49    | 173                        | 142 | 110 | 98 | 87 | 67 | 52 | 459       | 260                   | 76%                                 | 199 | 32             | 32            | 16            |
| 4         | 07.09.15 | 12,3           | 10,7    | 12,3 | 698    | 49    | 159                        | 125 | 95  | 84 | 77 | 59 | 46 | 490       | 260                   | 89%                                 | 230 | 34             | 31            | 14            |
| 5         | 07.09.15 | 12,3           | 10,8    | 12,2 | 696    | 49    | 111                        | 89  | 75  | 67 | 63 | 50 | 40 | 653       | 260                   | 151%                                | 393 | 22             | 15            | 10            |
| 6         | 07.09.15 | 12,3           | 10,5    | 12,3 | 699    | 49    | 123                        | 93  | 69  | 60 | 50 | 42 | 31 | 602       | 260                   | 131%                                | 342 | 31             | 24            | 11            |
| 7         | 07.09.15 | 12,3           | 10,6    | 12,1 | 698    | 49    | 131                        | 98  | 78  | 72 | 64 | 50 | 39 | 573       | 260                   | 120%                                | 313 | 34             | 19            | 11            |
| 8         | 07.09.15 | 12,3           | 10,5    | 12,2 | 698    | 49    | 159                        | 124 | 89  | 83 | 73 | 60 | 46 | 491       | 260                   | 89%                                 | 231 | 35             | 36            | 13            |
| 9         | 07.09.15 | 12,3           | 10,4    | 12,1 | 696    | 49    | 160                        | 124 | 95  | 84 | 76 | 60 | 45 | 488       | 260                   | 88%                                 | 228 | 37             | 29            | 15            |
| 10        | 07.09.15 | 12,3           | 10,6    | 12,1 | 697    | 49    | 118                        | 92  | 67  | 59 | 51 | 40 | 32 | 621       | 260                   | 139%                                | 361 | 27             | 25            | 8             |
| 11        | 07.09.15 | 12,3           | 10,6    | 12,1 | 698    | 49    | 127                        | 99  | 79  | 72 | 67 | 54 | 43 | 587       | 260                   | 126%                                | 327 | 29             | 20            | 11            |
| 12        | 07.09.15 | 12,3           | 10,7    | 12,2 | 699    | 49    | 113                        | 94  | 74  | 64 | 61 | 50 | 40 | 644       | 260                   | 148%                                | 384 | 20             | 20            | 10            |
| KESKMINE: |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |    |    |    |    | 564       | 260                   | 117%                                | 304 | 30             | 25            | 12            |
| Min:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |    |    |    |    | 459       |                       | 76%                                 | 199 | 17             | 15            | 8             |
| Max:      |          |                |         |      |        |       |                            |     |     |    |    |    |    | 701       |                       | 169%                                | 441 | 38             | 36            | 16            |

Uuel asfaltkattelt saadud mõõtetulemused näitavad väga suuri kandevõimeid, samuti on „kadunud“ peaaegu kõik probleemsed punktid. Arvatavasti mõjutaski punkte 7 ja 6 väsinud asfaltbetoonkate, mis nüüdseks on kaetud uue, värske kihiga. Teine võimalus on, et punktides 7 ja 6 oli freesimisest järelejäänud kiht õhem, kui mujal, mis mõjutas mõõtetulemusi.

Kõige suuremaks kandevõimeks mõõdeti uuel asfaltkattelt 701 MPa punktis 1 ja kõige nõrgemaks 459 MPa punktis 3. Nagu eelnevalt mainitud, võib punkt 3 asuda tee laiendusel ja seetõttu näidata ka väiksemaid kandevõimeväärtusi, mis siiski on enam kui piisavad.

## 2.1 FWD mõõtetulemuste võrdlus

AS Teede Tehnokeskus väljastas ka varasemalt Akadeemia teel sooritatud mõõtetulemused, mis on tehtud aasta 2014 augustis ja mis on esitatud tabelis 5. Kahjuks kattuvad mõõtepunktid enam-vähem nüüd mõõdetud punktidega vaid suunal Ehitajate tee – Kadaka tee, mitte vastupidi, mistõttu saab analüüsida vaid neid tulemusi.

Tabel 5

Akadeemia teelt suunas Ehitajate tee – Kadaka tee samades mõõtepunktidest saadud tulemused, kui esitatud tabelites 3 ja 4 aastal 2014

| Punkti nr | Kpv       | Temp | Jõud   | D0     | D300   | D600   | D750  | D900  | D1200 | D1500 | Emod_14 | SCI | BDI | BCI |
|-----------|-----------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|-----|-----|-----|
| 1         | 2.07.2014 | 15   | 712,00 | 173,70 | 125,40 | 87,20  | 75,90 | 72,50 | 50,30 | 40,30 | 471     | 48  | 38  | 10  |
| 2         | 2.07.2014 | 15   | 710,00 | 154,00 | 111,10 | 87,30  | 77,70 | 69,20 | 54,30 | 43,80 | 518     | 43  | 24  | 10  |
| 3         | 2.07.2014 | 15   | 700,00 | 172,70 | 139,50 | 111,10 | 97,80 | 87,10 | 67,40 | 53,40 | 467     | 34  | 29  | 14  |
| 4         | 2.07.2014 | 15   | 705,00 | 249,30 | 163,60 | 110,00 | 92,00 | 78,70 | 57,90 | 45,00 | 351     | 86  | 54  | 13  |
| 5         | 2.07.2014 | 15   | 707,00 | 132,40 | 102,60 | 82,90  | 73,90 | 65,80 | 52,30 | 42,10 | 581     | 30  | 20  | 10  |
| 6         | 2.07.2014 | 15   | 708,00 | 238,00 | 145,40 | 96,40  | 81,50 | 68,40 | 50,20 | 37,90 | 366     | 92  | 49  | 12  |

Lihtsustamaks andmete võrdlust, on need koondatud kokku graafikutele joonistel 17...24, millest esimesel neljal näidatakse suunda Ehitajate tee – Akadeemia tee ja viimasel neljal vastupidist suunda.

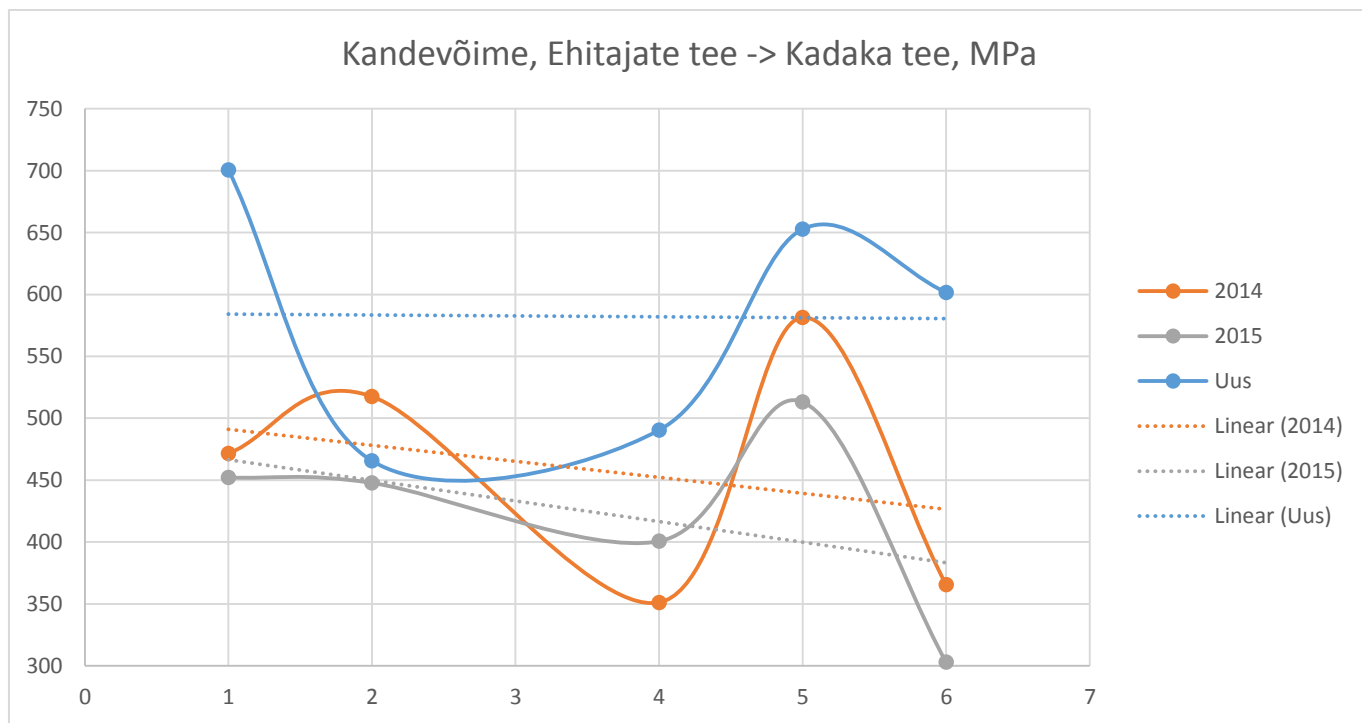
Kandevõimete analüüsimisel nähtub, et aastal 2014 oli kuue punkti keskmiseks kandvõimeks 459 MPa, 2015 mõõdeti freesitud pinnalt 407 MPa ehk erinevuseks tuleb 52 MPa. Mõõtmiste BDI ja BCI keskmised väärtused on praktiliselt võrdsed, v.a punkt 3, mis on põhjustatud arvatavasti kunagisest tee laiendamisest. Kõrvaldades analüüsist punkti 3, mis hõlbib teistest punktidest märkimisväärselt ehk on erandlik, saadakse viie punkti keskmiste väärtuste kandevõimeväärtuste erinevuseks 34 MPa (457 MPa ja 423 MPa vastavalt aastal 2014ja freesitud pinnalt).

Arvestades, et **asfaltbetooni elastsusmooduliks on 2500 MPa**, saadakse 34 MPa erinevus Odemarki meetodiga arvutades ca 4 cm paksuse asfaltbetoonkihiga, mis vastavalt töövõtja poolt esitatud freesimiskaardile ongi umbkaudne keskmine freesitud asfaltbetoonihi paksus kandevõimemõõtmispunktides.

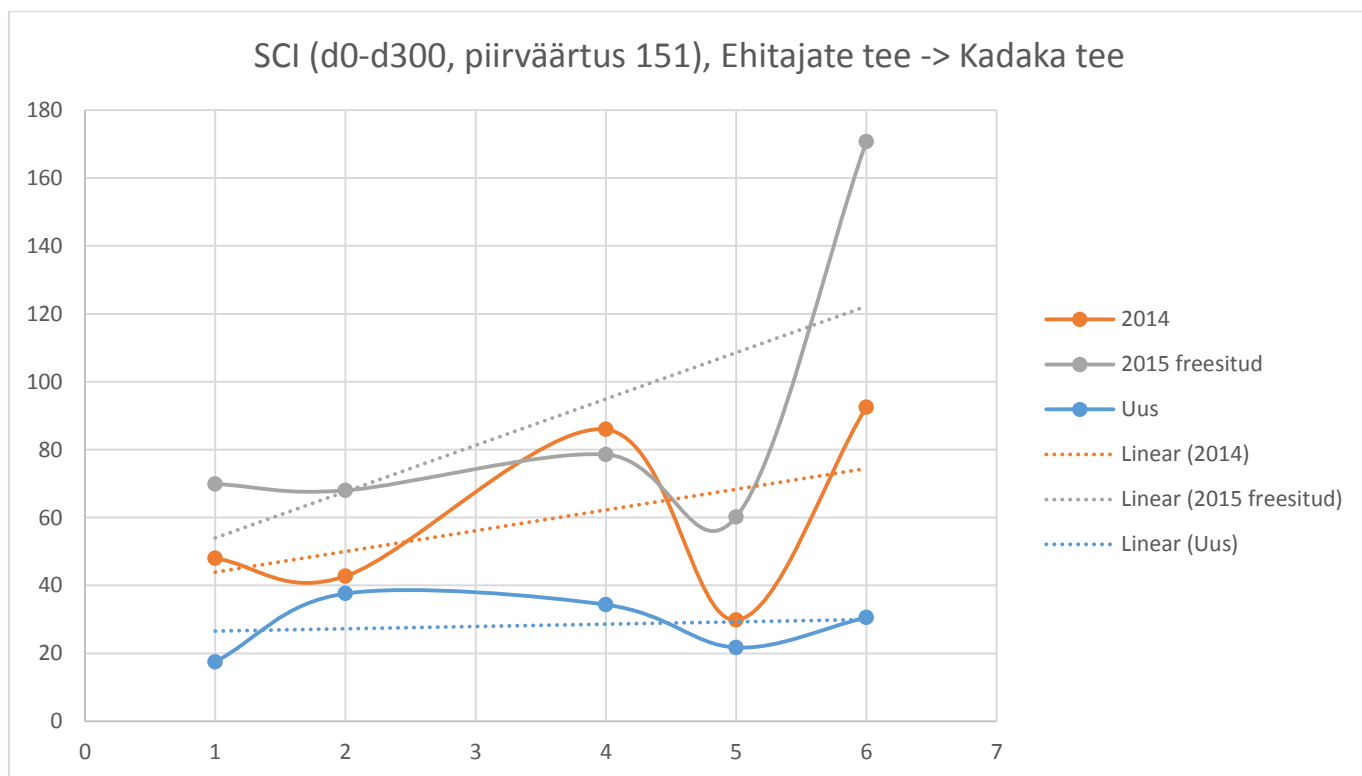
Vaadeldes uult teekatendilt mõõdetud mõõtetulemusi ja võrreldes neid varasemalt saadud tulemustega nähtub, et tee olukord on muutunud väga märkimisväärselt – peaaegu kõik näitajad, v.a BCI väärtused, on läinud mõne erandiga oluliselt paremaks. Sellest võib järeldada, et tee seisukord on edukalt taastatud, eelmiste mõõtmistega ilmunud probleemsed punktid 6 ja 7 on nüüd korras.

Võttes aluseks freesitud pinnalt saadud mõõtetulemused, on keskmine kandevõime kasvanud suunal Ehitajate – Kadaka 407 MPa-lt 562 MPa-ni (ehk erinevus 155 MPa) ja suunal Kadaka – Ehitajate 432 MPa-lt 567 MPa-ni (ehk erinevus 136 MPa). Võttes erinevuste keskmise, saadakse 145,5 MPa.

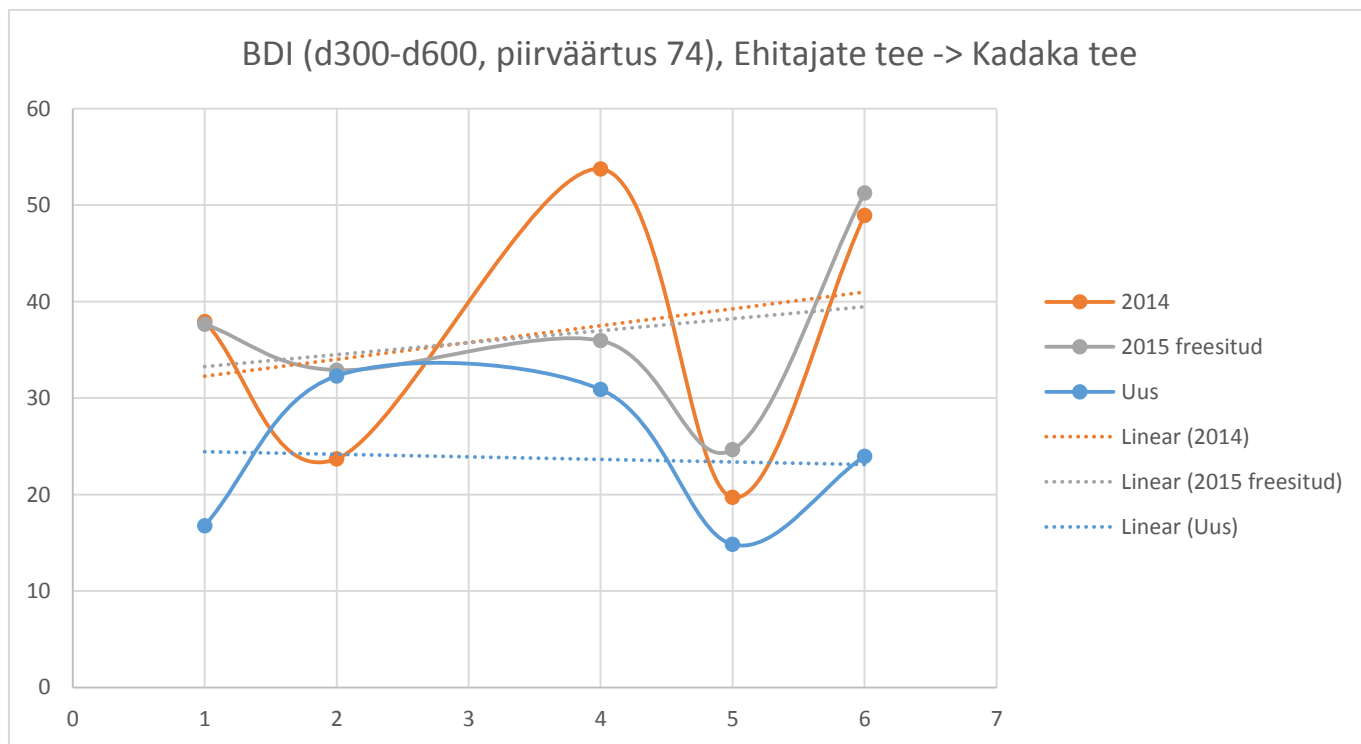
Objektile paigaldati kahekihiline asfaltbetoon, mille elastsusmooduliks on arvestatud 2500 MPa, kogupaksusega 11 cm. Arvestades keskmist mõlema sõidusuuna põhjal arvutatud kandevõimet ehk freesitud pinnalt 419,5 MPa ja uult kattelt 564,5 MPa, tuleb Odemarki põhjal arvutatud **asfaltbetooni elastsusmooduliks 1550 MPa**.



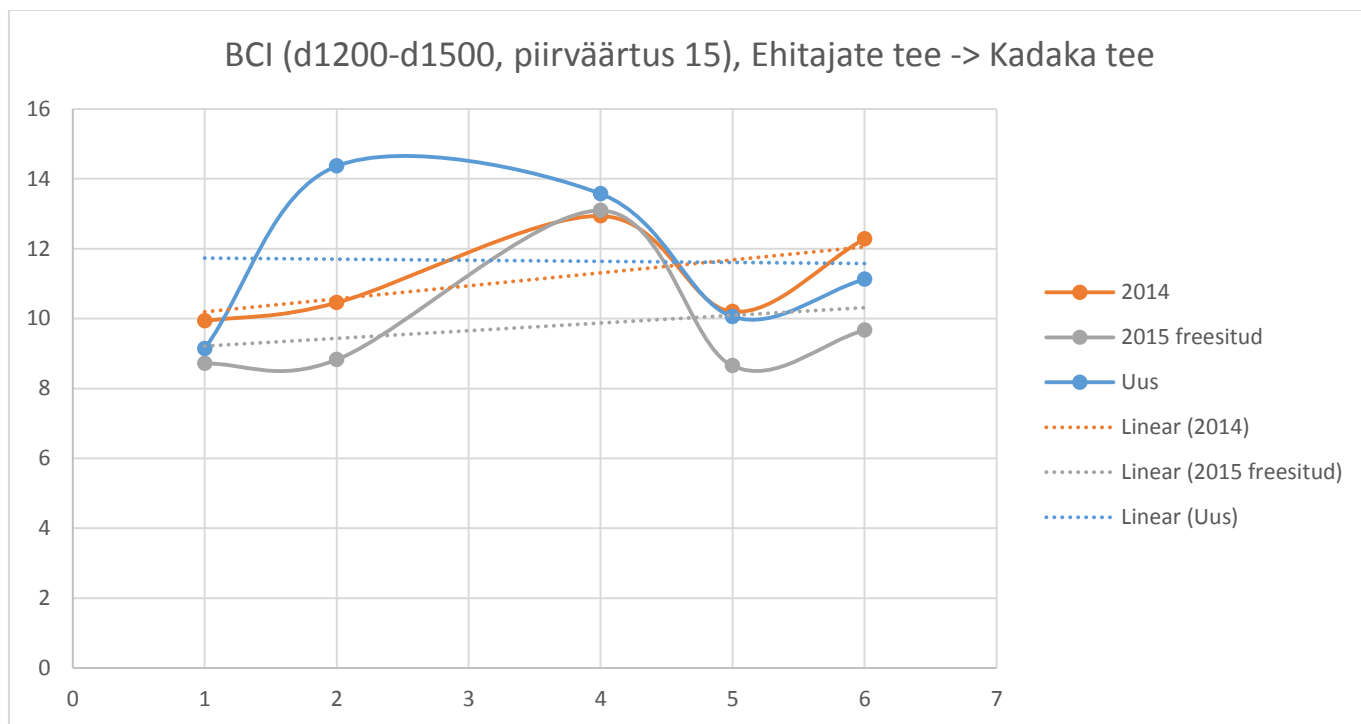
Joonis 17. Kandevõime võrdlus punktide 1 kuni 6 abil Akadeemia teel.



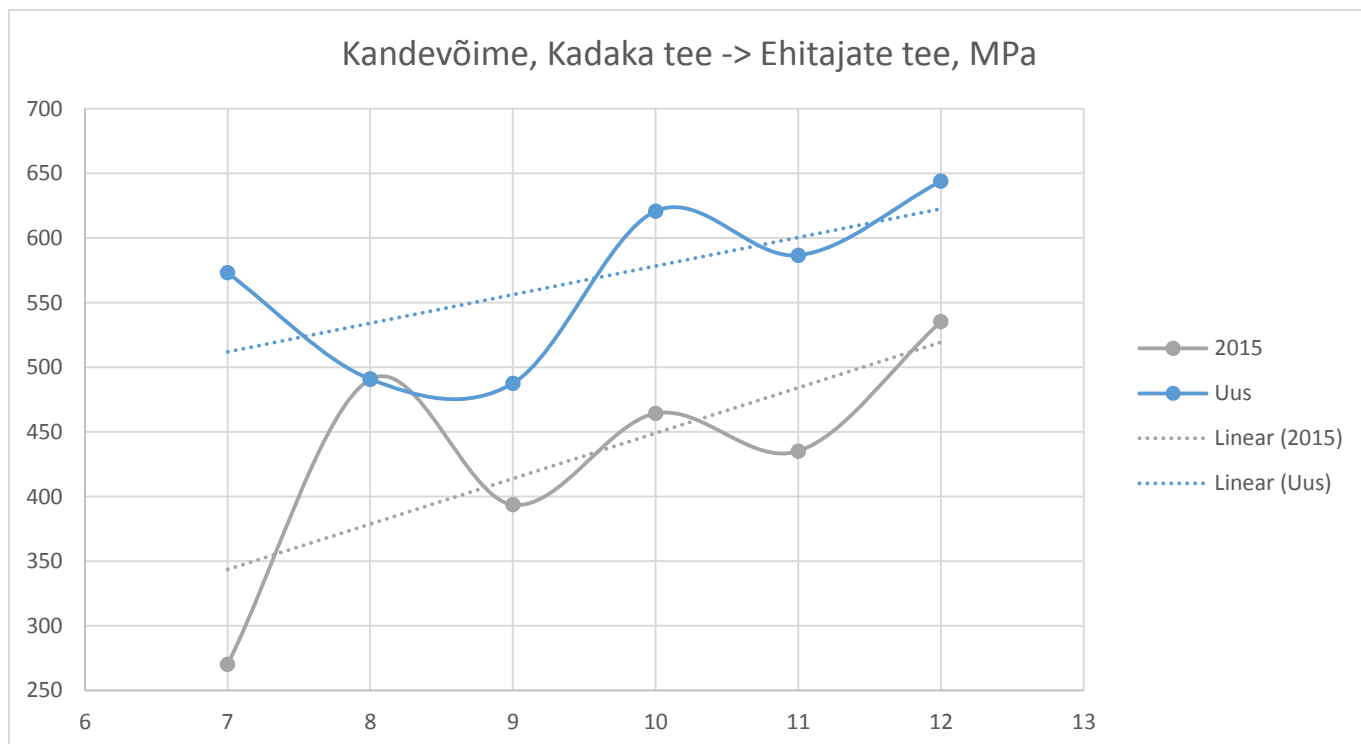
Joonis 18. SCI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 0 ... 300 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 1 kuni 6 abil Akadeemia teel.



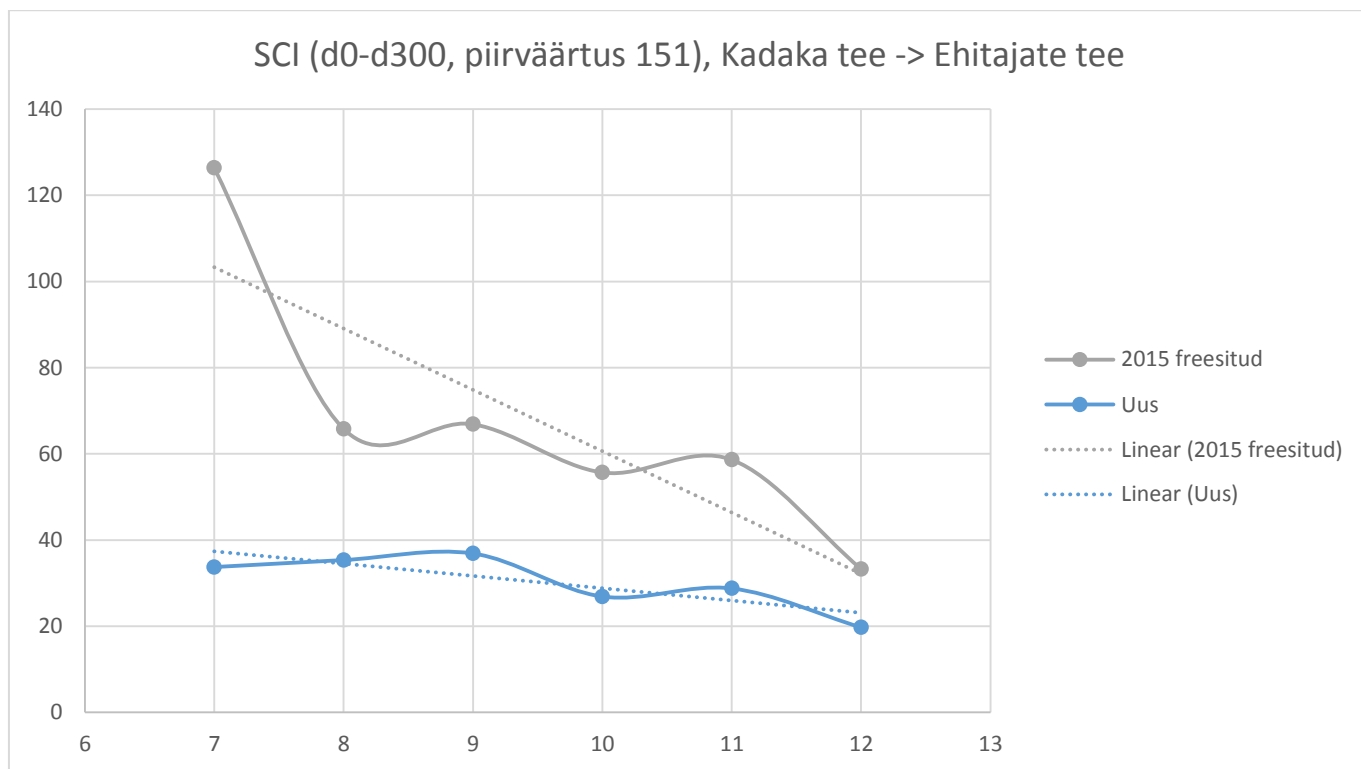
Joonis 19. BDI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 300 ... 600 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 1 kuni 6 abil Akadeemia teel.



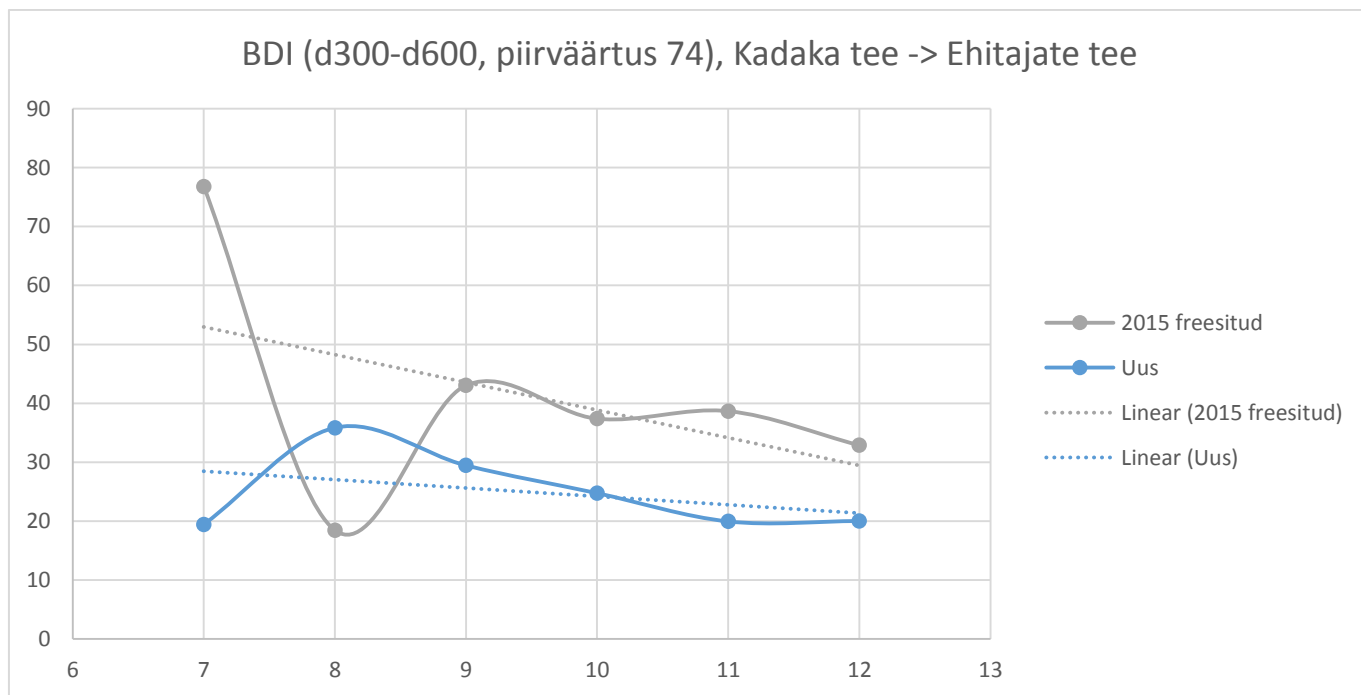
Joonis 20. BCI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 1200 ... 1500 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 1 kuni 6 abil Akadeemia teel.



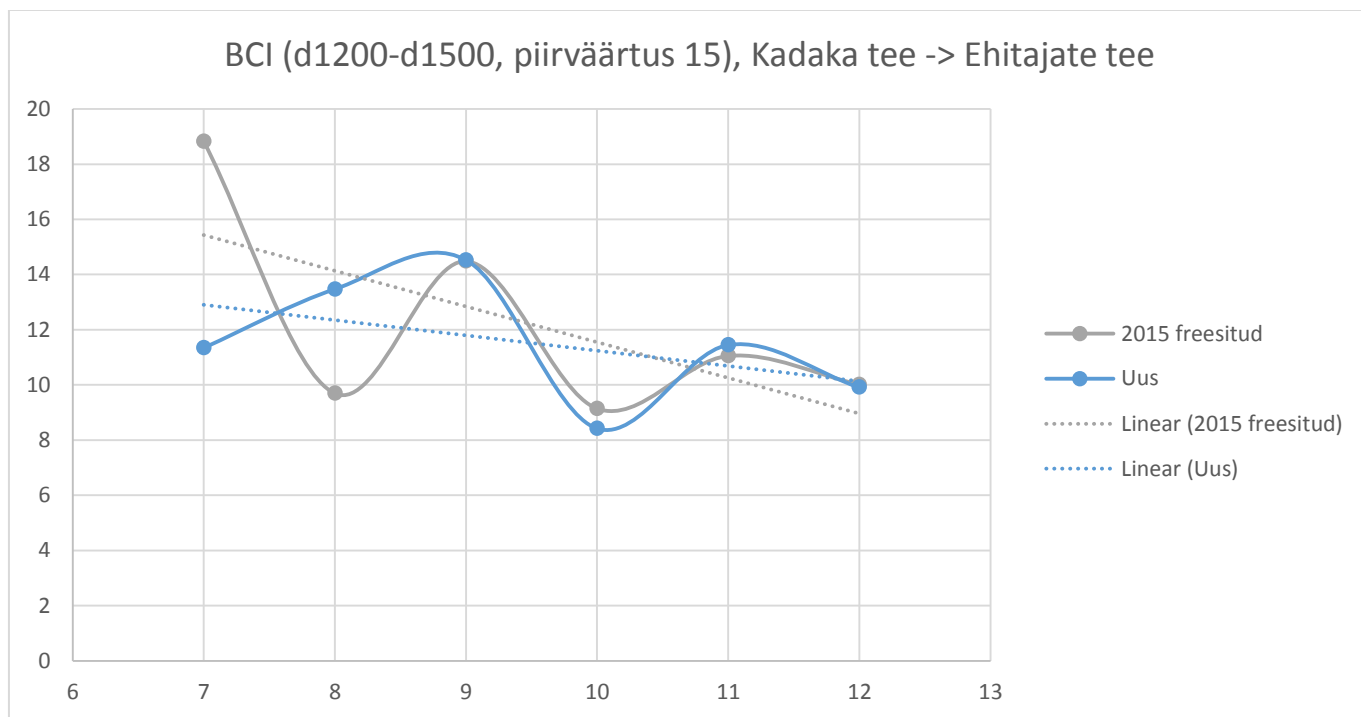
Joonis 21. Kandevõime võrdlus punktide 7 kuni 12 abil Akadeemia teel.



Joonis 22. SCI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 0 ... 300 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 7 kuni 12 abil Akadeemia teel.



Joonis 23. BDI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 300 ... 600 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 7 kuni 12 abil Akadeemia teel.



Joonis 24. BCI parameetrite (teekatendi olukord sügavusel 1200 ... 1500 mm teekatte pinnast) võrdlus punktide 7 kuni 12 abil Akadeemia teel.

## Kokkuvõte

Kandevõimete mõõtmine objektide projekteerimise, ehitamise ja monitoorimise ajal on oluline saamaks täpset infot eksisteerivast olukorrast, mis võimaldab adekvaatset katendiarvutust ja katendite eluea hindamist. Kokkuvõtteks leiti järgmist:

- Akadeemia tee bussipeatuse all olev pinnas oli kandevõimega 21 MPa, mis on oluliselt väiksem, kui tüüpkatendite juhendis nõutud minimaalne 45 MPa;
- Akadeemia tee bussipeatuse killustiku elastsusmooduliks saadi 225 MPa;
- FWD mõõtmised näitasid teekatendi väga suurt kandevõimet ja seda, et uue asfaltkattega on kaotatud ka algselt probleemseks osutunud piirkonnad;
- FWD mõõtetulemused ei korreleerunud Odemarki teoorias kasutatava asfaltbetooni elastsusmooduliga, mis ei tähenda, et see oleks vale. FWD mõõtetulemuste analüüsimiseks on õigem kasutada vastavat tarkvara, mis sobib selle eripäradega.
- FWD on väga kasulik seade teekatendi olukorra hindamiseks ja rekonstrueerimisprojektide koostamisel, mistõttu on soovituslik selle andmeid rohkem kasutada.

Mõõtetöödega tuleb järgnevatel tee-ehitusobjektidel jätkata kogumaks rohkem statistilisi andmeid.

Lisa 9

## **Plaatkoormuskatsed Maarjamäe ja Kuristiku bussipeatustes**

**Maarjamäe:**

Liivalt Ev2 = 60 MPa, Inspectoriga 77 MPa;

Killustikult Ev2 = 140 MPa, Inspectoriga 154 MPa (mõõdetud vahetult peale ägedat hoovihma.

Vahetult enne seda mõõdetud Inspectoriga 210 MPa);

Stabiliseeritud kihilt Ev2 = 1236,9 MPa.

**Kuristiku:**

Liivalt Ev2 = 263,8 MPa, Inspectoriga 109 MPa (paasoli ca 20...30 cm sügavusel, mis mõjutas staatilise plaadi tulemusi, kuid mitte Inspectori tulemusi);

Killustikult Ev2 = 163,1 MPa, Inspectoriga 144 MPa (kildalus vetrus kergelt);

Stabiliseeritud kihilt Ev2 = 492,9 MPa – stabi oli silmnähtavalt halvema kvaliteediga kui Maarjamäel.

Paigaldusel oli vee sisaldus liiga kõrge.

Mõlemad mõõtmised stabiilselt olid tehtud peale 1 nädalast kivistumist.



## **Maarjamäele konstruktsioon**

Betoon C35/45,  $h=0,25\text{m}$ ;

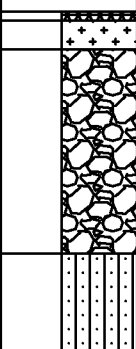
Geotekstiil 5 mm

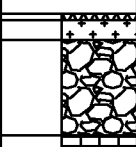
Tsementstabiliseeritud alus TS-32 (tehasest segatud),  $h=0,2\text{m}$

Kiilutud killustikust alus fr. 32-64mm,  $h=15\text{cm}$





| ASU-KOHT        | KIHT                                                                              | TING-MARK                                                                         | SÜGAVUS,<br>m | PAKSUS,<br>m | PROOVID | PINNASEVESI                                       | sügavus 1.80 m, mõõtmise kuup. 26.08.2015 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                 |                                                                                   |                                                                                   |               |              |         | KOORDINAADID                                      | X=6590888<br>Y=545856                     |
| Maarjamäe<br>bp |  |  | 0.06          | 0.06         |         | KIHI VÄLIKIRJELDUS                                |                                           |
|                 |                                                                                   |                                                                                   | 0.25          | 0.19         |         | Teekate<br>Killustik                              |                                           |
|                 |                                                                                   |                                                                                   | 1.60          | 1.35         |         | Mullane killustik ja lubjakivirähk ning -lahmakad |                                           |
|                 |                                                                                   |                                                                                   | 2.25          | 0.65         |         | Saviliivmoreen, peenliiva vahekihtidega           |                                           |

| ASU-KOHT        | KIHT                                                                               | TING-MARK                                                                          | SÜGAVUS,<br>m | PAKSUS,<br>m | PROOVID | PINNASEVESI                         | sügavus >0,95 m, mõõtmise kuup. 26.08.2015 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
|                 |                                                                                    |                                                                                    |               |              |         | KOORDINAADID                        | X=6590517<br>Y=549321                      |
| Kuristiku<br>bp |  |  | 0.04          | 0.04         |         | KIHI VÄLIKIRJELDUS                  |                                            |
|                 |                                                                                    |                                                                                    | 0.17          | 0.13         |         | Teekate<br>Killustik                |                                            |
|                 |                                                                                    |                                                                                    | 0.80          | 0.63         |         | Lubjakivirähk saviliiva vahetäitega |                                            |
|                 |                                                                                    |                                                                                    | 0.95          | 0.15         |         | Lubjakivi murend                    |                                            |