

Katendi deformatsioonid – 3 etapp

Sisukord

Sissejuhatus.....	2
Katselõikude konstruktsioonid	2
Roopa mõõteviisid	2
Liiklus ja koormus valitud teelõikudel.....	6
Ristlõigete mõõtmistulemused Gapman seadmega.....	6
Õismäe betoontee	7
Gapman koondtulemused	8
Pinnasevee taseme mõõtmistulemused vaatluskaevudes	12
KOKKUVÕTE	13
LISA – Gapman mõõtetulemused tavaristlõigetes.....	14
Ranna tee – Muuli tee ristmik.....	14
Ehitajate tee – Õismäe tee ristmik.....	16
Tartu mnt – Kanali tee ristmik	19
Tehnika tänav – Veskiposti ristmik	22
Männiku tee – Kauge bussipeatus	25
Suur-Sõjamäe – Smuuli tee ristmik.....	27
Tammsaare tee – Pärnu mnt viadukti all.....	29
Akadeemia tee – Vilde tee ristmik.....	31
Sõle tänav – Nisu bussipeatus.....	32
Mustamäe tee – Välja peatuse tasku.....	33
LISA 2. Kaevude seire	34
Ehitajate tee kaevukonstruktsioon	34
Punase tänava kaevukonstruktsioonid	36
LISA 3. Paldiski maantee betoonkatendi katselõik	41
Asfaltbetoonist ülekattega betoonkatte lõik	41
Betonist kattega lõik	45
Asfaltkattega lõik peale betoonist katselõiku.....	48

Sissejuhatus

Seiret on sama teema varasemates uuringutes teostatud laserskaneerimise teel (skaneeritud punktipilv), käesolevas uuringus on lisandund Englo Gapman-seade¹. Punktipilve tehnoloogia osas vahetati partnerit – TTÜ asemel on mõõtmised teostanud erafirma DataCap OÜ². Gapman seade on esimene Eestis ja kuigi seadet on müüdud teistesse riikidesse, on ilmne, et kasutajaliidesed vajavad arendamist ja kasutajajuhised täpsustamist.

Gapman võimaldab mõõtmist teostada kiiresti – põhimõtteliselt piisab suhteliselt aeglasema jalakäija kiirusega (3 km/h) tee ületamisest. Väikeseks takistuseks on vaid see, et tänastes seadetes tuleb sõidurajad ületada ühekaupa, peatudes kahe raja vahel ja alustades uut katset.

Katselõikude konstruktsioonid

		asfalt	alus (killustik)	liiv	E (soome)	Evaj
1	Ranna	4+5			235-626	257
2	Ehitajate	4+6+6	25	20+20	598-753	266
3	Tartu mnt	4+4+6	6 MUK + 12+13	25+55	482-516	295
4	Tehnika	5+5+6	10+13 + vörk	20	687-741	257
5	Männiku	4+5+7	25	30	593-718	254
6	Suur-Sõjamäe	5+5+7	7 MUK + 20 +geotex	20	687-754	281
7	Tammsaare	5+5+vörk+2+frees 5+5+7	30+vörk		541-757	307
8	Akadeemia	5+6+frees			919-1237	272
9	Punane kaevud					275
10	Sõle Nisu BP	5+20bet+6 24bet+5	40 30			256
11	Mustamäe tee Välja BP	5+20bet	geotex+20 TS+13			250
12	Paldiski mnt betoon	25bet 5+20bet 5+6+frees			Asfaldil 460-1664	265

Märkus: kandevõimet ei ole mõõdetud betoonist lõikudel (Paldiski mnt ja bussipeatused).

Roopa mõõteviisid

Erinevaid roopasügavuse mõõtmise viise on tutvustatud Teede Tehnokeskuse uuringus "Sõidutee roopa sügavuse mõõtmistulemuste kasutamine" (2007)³ ning täiendatud ka uuringus "Põikiebatasasuste arengu analüüs", 2019⁴. Käesolevas refereerime mõlema uuringu osas olulist käesoleva uuringu jaoks.

Osaliselt teoreetiline on teema, millisel viisil mõõdetakse roopasügavust, sest lisaks tavapärasele 3-meetrise lati alt kiiluga mõõtmisele (tuntud ka kui "wire method" ehk profiili järgiv meetod) on olemas ka rida erinevaid meetodeid, mida kasutatakse vastavalt mõõtmise eesmärgile. Siiski on siin eripära

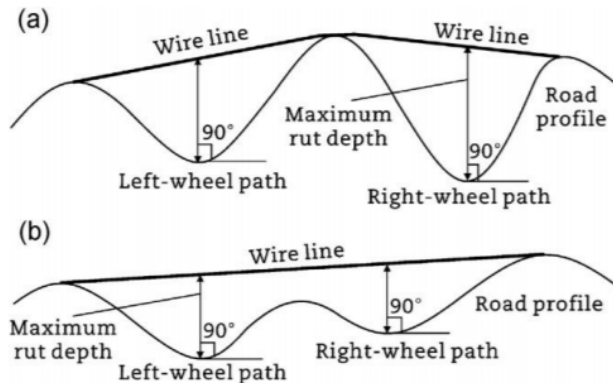
¹ <https://et.englo.eu/products-estonian/GAPMAN>

² <https://datacap.ee/>

³ <https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/roobas-2007.pdf>

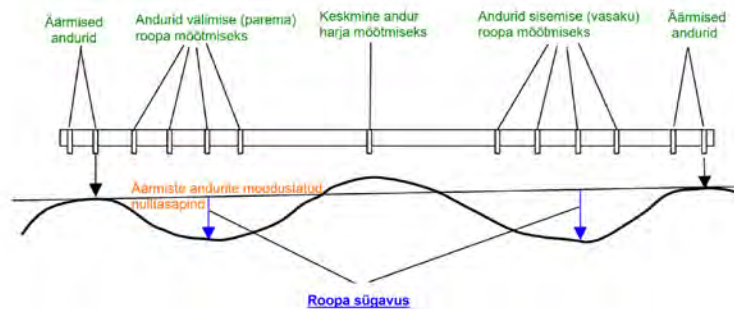
⁴ https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/191108_poikiebatasasuste_arengu_analuus_-_lopparuanne.pdf

latiga mõõtmisega võrreldes – kui sõidujälgede vaheline hari on kõrgem, on mõlemal pool äärtes latt siiski vastu maad (traat mis paindub ümber harja).



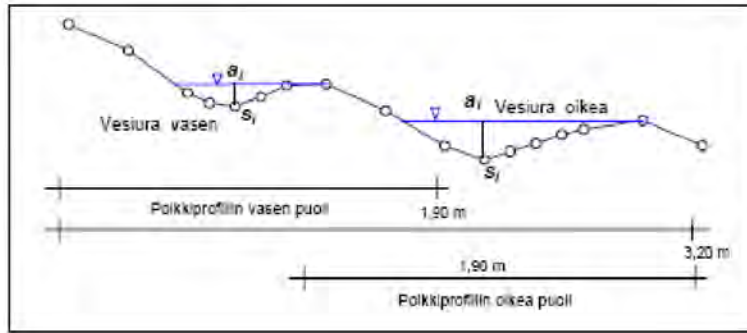
Joonis 1. Profiili järgiv meetod (MNT 2018 tööst)

Kui tegemist ei ole ainult kulumisega vaid ka materjali nihkumisega, muuhulgas "kõrvale ja üles", tekivad sõidujälje kõrvale laineharjad. Kui eesmärgiks on hinnata teelt ärakandunud materjali koguseid, on oluline ka nende laineharjadega seotud mahtude mahaarvestamine sest osa materjali on vaid nihkunud teekatte sees ("straight-edge method" ehk profiili lõikav meetod). Kui aga küsimus on sõiduohutusest, on tõenäoliselt lati meetod õigem.



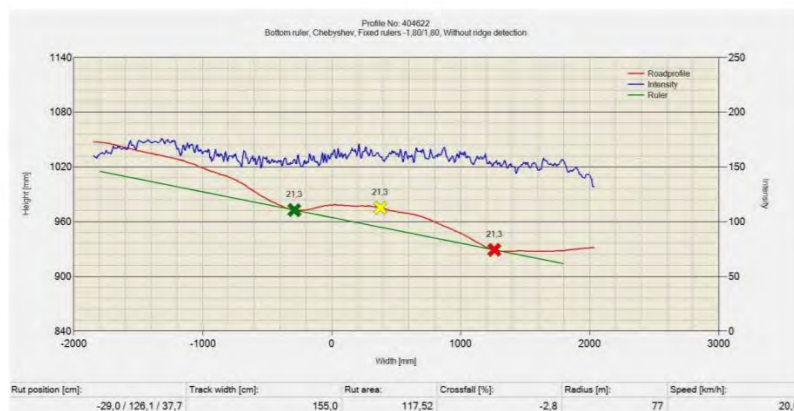
Joonis 2. Profiili lõikav meetod (MNT 2007-26 tööst)

Lisaks on Soomes kasutusel ka täpsem, veeroopa sügavuse määramine – see arvestab ka tee põikkallet. Kõik need võimalused ilmnevad siis, kui ristlõikes mõõdetud punktide arv on suurem – see tähendab, mõõtmised on automatiseeritud.



Joonis 3. Veeroopa sügavuse määramine (Soome uuring)

Põhjalati („bottom ruler“) meetodil loetakse tee kaldeks sõidujälgede põhjatasemeid ühendav joon, roopa sügavuseks on selle joone ja nendevahelise harja vaheline kaugus (joonisel – kollase punkti kaugus rohelisest joonest)



Joonis 4. Põhjalati meetod (MNT 2018 tööst)

Hinnates eeltoodud meetodite adekvaatsust liiklusohutuse seisukohast on olulised nii veeroopa sügavus (Soome näide, mujal seda üldjuhul ei kasutata) kui põhjalati meetod.

2019 uuring keskendus põikiebatasuste arengule 2012, 2017 ja 2018 andmete baasil (2019). Töö põhiline järeldus on, et suurim roll roopa arengul on tee kandevõimel ja liiklussagedusel. Soovitatakse mõõta peale tee valmimist algkandevõime ning algroopa sügavus, mis tuleks mõõta paari kuu jooksul katte valmisest. Oluline on seejuures, et mõõtmist ei teostataks enne kui kattemarkeringu järgi on välja kujunenud sõidujäljed, sest kui mõõta varem, on jäljed moodustunud markeeringutega piiramatat trajektoories mis ei kattu hilisema sõidurajaga.

Kandevõime mõõtmisel FWD seadmega arvutatakse andurite deformatsioonide vahel SCI, BDI ja BCI indeksid, selgub et roopa arengul on kõige suurem korrelatsioon BDI indeksiga ($r^2=0,55$) mis viitab rohkem alusest tulenevatele probleemidele, mitte niivõrd SCI indeksiga ($r^2=0,36$) mis peaks kirjeldama just katte ülakehtidest tulenevat. Töös leiti ka seos liiklussagedusega ($r^2=0,42$) kuid ei leitud seost raskeliikluse arvu ja roopa sügavuse vahel. Kasutatud asfaldisegu ja roopasügavuse uurimisel selgus, et suurema terasuurusega segude puhul (kõigis katte kihtides) on roopa areng aeglasem.

Seitsme uuritud maanteelõigu puhul võrreldi erinevaid roopa sügavuse mõõtmise meetodeid, suhteliselt sarnased on tulemused kirjeldatud profiili järgival (4,66 mm) ja profiili lõikaval meetodil (4,51 mm), "bottom"-meetod (4,1 mm) arvestab ka katte vuugi koha kõrguserisust nagu ka regressioonmeetod (2,5 mm). Kõik loetletud viisid on siiski sõidurajakesksed. On ilmne, et eriti termoplastist kattermarkeeringute puhul on ka mõõdetav roopasügavus mõjutatud juhul, kui mõõtejoon ületab markeeringu. Sellepärast ehk kasutatakse ka virtuaalset mõõtelatti pikkuses 3,2 meetrit (Soome) või 3,6 meetrit (Eesti).

Liiklus ja koormus valitud teelõikudel

On hinnatud liiklus- ja koormussagedused mõõdetud teelõikudel. Lähtuvalt konkreetsete objektide ehitusaegadest on võrreldud roopa arengut ajas sõltuvalt koormusest. 2020 liiklus- ja koormussagedused on esitatud järgnevas tabelis:

JRK	Koht	AKÖL	Koormussagedus ristlõikes
		füüsilised ühikud	100kN
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik	15817	1862
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes	19995	3106
3	Tartu mnt - Kanali tee ristmik	34570	7215
4	Tehnika tn - Veskiposti ristmik	17393	2238
5	Männiku tee - MiniRimi	9342	2344
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	4803	3628
7	Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all	57901	9623
8	Akadeemia tee - Vilde tee ristmik	17062	5064
9	Punane tn - Polikliiniku juures	6318	2720
10	Sõle tn. - Nisu peatus - äärmised sõidurajad	21321	3647
11	Mustamäe tee - Välja peatus linna suunduv	35133	5457
12	Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	5860	470
13	Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	5362	1391
14	Paldiski mnt.	20360	4854

Ristlõigete mõõtmistulemused Gapman seadmega

Gapman seade mõõdab sõidutee ristlõiget andes iga 10 cm tagant tee pinna suhtelise kõrguse alguspunkti suhtes. Mõõtmistulemused töödeldi programmis MS Excel. Iga mõõdetud raja ristlõike kuju on töös graafiliselt välja toodud (sinised jooned) ja vastavalt igale lõikele asetatud sirge joon mis puutub lõike graafikuga kahes punktis. Kahe joone maksimaalsed hälbed eeldatavates sõidujälgede asukohtades loeti sõidujälgede sügavuseks ja maksimaalsete hälvete vahe loeti sõidujälgede vahekauguseks.

Iga ristlõike puhul on toodud viimase asukoht ortofotol ja nooled näitavad mis pidi on graafikutel ristlõiget kujutatud.

Parema ja vasaku sõidujälje nimetamisel lähtuti sõidusuunast vastaval rajal, ehk vaadates rajale sõidusuunas on vastavalt tuletatud vasak ja parem sõidujalg.

Projekti raames tehtud tähelepanekute alusel korrigeeriti Gapman seadme tarkvara, nüüd kasutatakse 5 cm sammu mis võimaldab järgnevatel töodes täpsemalt hinnata jälgede tsentrite vahet.

Seade sobib hästi pisteliseks roopasügavuse kontrolliks aga ka näiteks kaevetööde järel taastatud katendite kaeveala vajumise ulatuse hindamiseks näiteks enne garantiiperioodi lõppu.

Koostamisel on TTÜ magistritöö (Mattias Einstein) Gapmani kasutusega, töö kokkuvõtte lisatakse käesolevale aruandele pärast töö kaitsmist (eeldatav kuupäev 11.01.2022).

Õismäe betoontee

GAP	RL kirj.	Linnast välja			Linna		
		Vasak (mm)	Parem (mm)	vahe (m)	Vasak (mm)	Parem (mm)	vahe (m)
	2 Bet. lõpp	4.9	5.1	1.6	4.0	4.4	1.4
	3 AB algus	12.3	13.7	1.8	15.9	13.3	1.7
	4 AB staat.	17.8	17.2	1.5	17.9	15.7	1.6
5&6	T1, Bet	1.6	4.3	1.6	6.3	5.8	1.5
	7 Bet BP	2.9	4.3	1.6	3.7	2.5	1.7
	8 Ülekatte lõpp, T2	8.9	11.3	1.7	18.2	15.8	1.6
	9 T3	9.7	4.9	1.5	15.4	9.4	1.7
	10 Ülekatte algus	14.1	18.2	1.8	14.8	12.0	1.7
11&12	Õismäe t enne r.	10.9	9.1	1.6	26.2	11.7	1.7
	13 Bet BP vahel	3.9	5.2	1.7	6.5	7.1	1.6
	Ülekatte algus	14.1	18.2	1.8	14.8	12	1.7
	T3	9.7	4.9	1.5	15.4	9.4	1.7
	Ülekatte lõpp, T2	8.9	11.3	1.7	18.2	15.8	1.6
	BP, betoon	2.9	4.3	1.6	3.7	2.5	1.7
	Bet BP vahel	3.9	5.2	1.7	6.5	7.1	1.6
	T1, bet	1.6	4.3	1.6	6.3	5.8	1.5
	Bet lõigu lõpp	4.9	5.1	1.6	4	4.4	1.4
	AB algus	12.3	13.7	1.8	15.9	13.3	1.7
	AB ükr-ootela	17.8	17.2	1.5	17.9	15.7	1.6

Märkused:

- ÜKR – ülekaigurada
- BP - bussipeatus

Olulisemad koondnäitajad betoontee katselt

	Linnast välja	Linna sisenev	Avg
Ülekattega lõik	11,18	14,27	12,7
Betoonkate	4,02	5,04	4,5
Asfaltkate	15,25	15,70	15,5

Üldistatult võib öelda, et betoonkatte roopa sügavus viie aastaga ulatub 5 mm-ni (kulumine 1 millimeeter aastas teel, kus liiklussagedus on 20,000 a/ööp). Traditsioonilisel asfaltkattel on kulumine oodatult kolm korda suurem (15 mm). Üllatavalt suureks osutus mõõdetud jälg ka asfaldist kulumiskihil (13 mm), mis tähendab, et kulumiskihi paksuse ja materjali omadustega tuleb tegeleda.

Gapman koondtulemused

Gap	Vasak rida			Keskmine rida			Parem rida		
	Vas	Par	vahe	Vas	Par	vahe	Vas	Par	vahe
Tammsaare tee									
Ülemiste suund	13.8	11.7	1.6				10.7	13.6	1.6
Tondi suund							P rambile		
	16.5	9.3	1.6	13.7	13.3	1.6	9.3	11	1.7
4 Ranna tee									
Pirita suund	9	9.1	1.5				7.6	5.7	1.7
Viimsi suund	VP rada								
	7.1	9.8	1.8	10.1	9	1.6	12.2	9.2	1.6
7 Suur-Sõjamäe									
							PP rada		
Linna	11.3	10	2				8.7	10.6	1.9
Maale	VP rada						Rada peale bussipeatust		
	8.4	5	1.9	13.1	16	1.4	0.8	2.6	2.3
8 Tartu mnt									
Linna suund							Buss		
	14	12.8	1.6	15.5	11.4	1.6	9.9	7.1	2.7
Maale	VP rada								
	20.7	28.1	2	25.3	20	1.5	28.4	26.5	1.7
9 Tehnika tn									
Kristiine suund	9.2	9.6	1.7				11.1	10.4	1.7
VP rajad	11.2	13.8	1.7				11.2	6.4	1.9
Ülemiste suund	12.3	12.8	1.7	6.2	7.9	1.6			
10&11 Sõle tänav									
Kopli suuna BP							9.5	8.4	1.6
Kristiine suuna BP							10.6	12	1.5
12 Mustamäe tee									
Kesklinna suuna BP							11.9	10.4	1.9
13 Ehitajate tee									
Mustamäe suund	VP rada								
	10.3	8.7	1.6	15.6	16.2	1.6	19.5	19.6	1.7
Haabersti suund	11.3	11.7	1.7				8.6	5.4	1.6
14 Akadeemia tee									
Mustamäe suund	VP rada harjal								
	12.1	4.2	1.7				6.5	5.4	1.8
Harku suund							11.3	8.7	1.7
15 Männiku tee									
Linna suund							19.8	18.4	1.8
Saku suund	VP raja algus						bussipeatus		
	1.2	N/A	N/A	14.8	18.1	1.8	1.2	3.6	1.7

Võttes tulemused koos liiklusega kokku koond-tabelisse, saame

			Gapman		
	AKÖL	telg	roobas avg	roobas max	rattavahe
Ranna tee - Muuli tee ristmik	15817	1862	8.7	10,1	1.7
Ehitajate tee - Maxima lõikes	19995	3106	12.7	19,6	1.9
Tartu mnt - Kanali tee ristmik	34570	7215	18.3	28,2	1.8
Tehnika tn - Veskiposti ristmik	17393	2238	10.2	13,8	1.7
Männiku tee - MiniRimi	9342	2344	12.7	19,8	1.8
Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee risti	4803	3628	7.2	13,1	1.9
Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all	57901	9623	12.3	13,8	1.6
Akadeemia tee - Vilde tee ristmik	17062	5064	8.0	12,1	1.7
Sõle tn. - Nisu peatus - rada BP	21321	3647	10.1	12,0	1.6
Mustamäe tee - Välja linna bet BP	35133	5457	11.2	11,9	1.9
Paldiski mnt. Asfalt	20360	4854	15.5	17,9	1.7
Paldiski mnt. Asf kulumiskiht	20360	4854	12.7	18,2	1.7
Paldiski mnt. Betoon	20360	4854	4.5	7,1	1.6

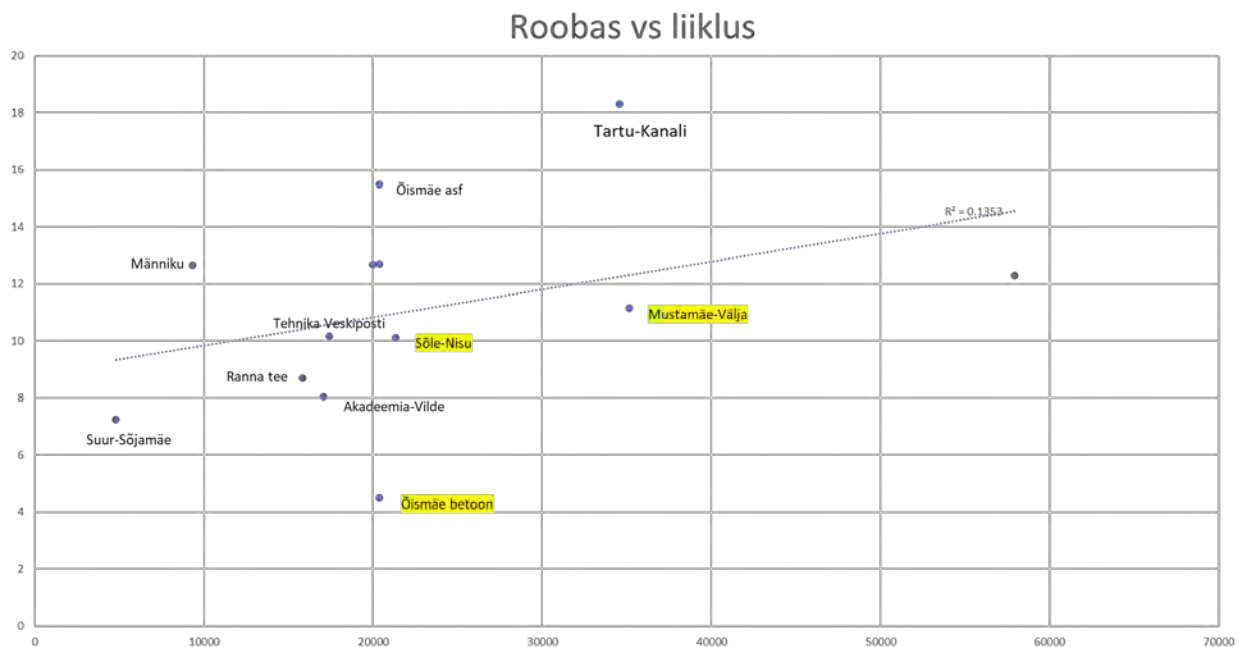
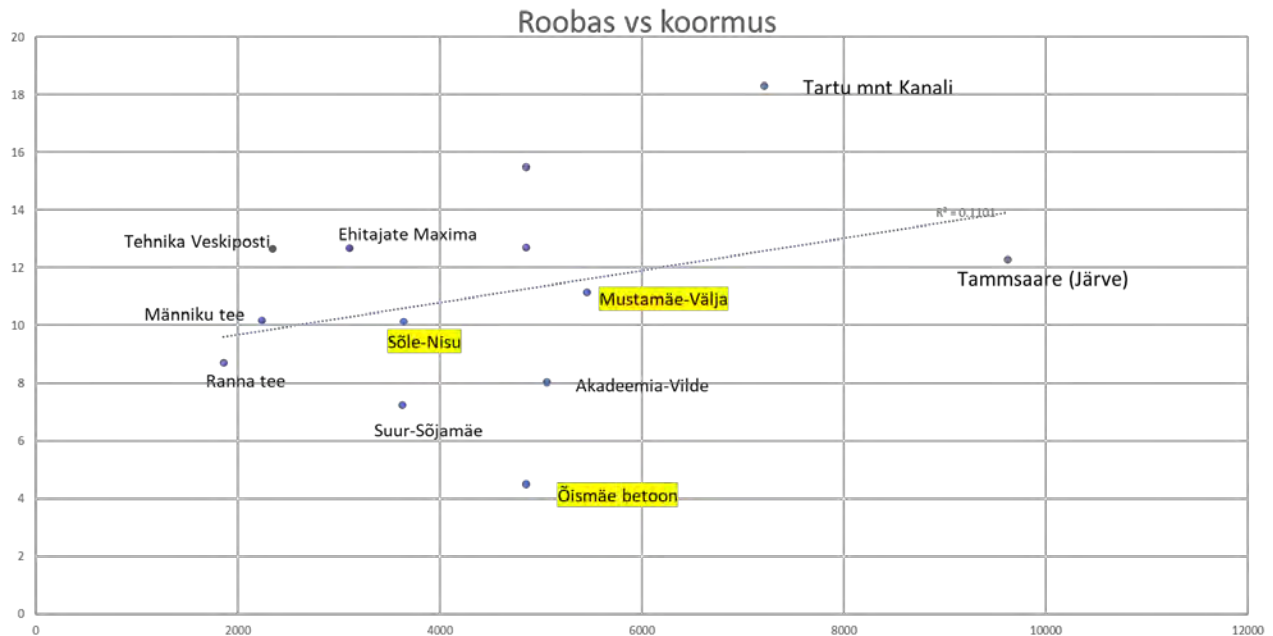
Võrdlus latt vs Gapman Paldiski mnt katselõigul (kolm erinevat konstruktsiooni)

	bet		Asf		Asf JK st		bet		BP bet				Asf+b		Asf+b				
Latt	4,1	5,9	15,0	14,8	18,1	15,5	4,0	3,8	3,8	2,0	6,1	3,0	20	10	15	20	10	14,9	18,2
Gap	4,3	7,9	15,9	13,7	17,9	17,9	6,3	4,2	3,7	4,3	7,1	5,1	19,3	11,3	15,4	16,7	9,5	14,8	13

Mõõtmiste keskväärtus latiga: 10,75 mm ja Gapman-seadmega: 10,96 mm. Erinevus 2% mis on marginaalne ja põhimõtteliselt võib jätkata mõõtmisi Gapman-seadmega ilma täiendava latiga võrdlemise vajaduseta.

Vaadates mõõdetud tulemuse taset, selgub et viie aastaga on ühes lõikes ületatud lubatud 20 mm roopasügavus ning neljas tuleb kulumiskihi asendamine ette võtta lähiaastatel.

Järgnevas faasis on mõistlik uurida asfaltkattel sõidujälje kujunemise ulatust staatilise koormuse esinemise alas (kaugus stoppjoonest) erinevate koormustega teedel (eeldus, et naastrehi kulumine stoppjoone lähialal on vähem oluline kui staatika mõju raskesõidukitest).



Mõlemal graafikul on suur hajuvus (väike korrelatsioon), seosed on tõenäoliselt teiste parameetritega, nagu näiteks staatilise koormuse esinemine (kiirus). Õismäe (Paldiski mnt) asfaltkatte ja Tartu maantee Kanali ristmiku piirkondades on selgelt suur staatiline koormus. Samas on staatika ka Mustamäe tee ja Sõle tänava bussipeatustes (betoonkate), Sõle peatused on sõidurajal, üks puhtalt betooni ja teine asfaldist kulumiskihiga. Mustamäe tee peatus on taskus ja puhtalt betooniga. Nende punktide keskmised on paremad kui üldine tase kuigi keskväärtusele lähedased.

Tammsaare tee (okto-killustik) – deformatsioonid on samas suurusjärgus Männikuga kuigi Tammsaares on neli korda suurem koormus ja kuus korda suurem liiklus. Võiks prognoosida okto-killustiku kasutuse

puhul isegi kahekordset roopa arengu aeglustumist, sest nii koormuse kui liikluse järgi peaks Tammsaare roobas olema oluliselt suurem.

Mõnevõrra üllatav on Suur-Sõjamäe ja Akadeemia-Vilde hea positsioon, Akadeemia puhul on tõenäoliseks põhjuseks tegelikult väiksem teljekoormus lõpp-peatuse piirkonnas trollidel, mida ilmselt koormussageduse arvutus ei võta arvesse.

Graafikust tuleneb aga oluline märkus kulumiskihi asfaldi suhtes – okto-killustiku suur eelis, mida tuleks kasutada just suure liiklussagedusega teedel, sõltumata raskeliikluse osakaalust.

Pinnasevee taseme mõõtmistulemused vaatluskaevudes

Tabel 3.1. Pinnasevee tasemed vaatluskaevudes (cm vaatluskaevu ülemisest servast)

Vaatluskaevu asukoht	Mõõtmiste teostamise kuupäev		2015.a. kevadise ja sügisese veetaseme vahe, cm	Mõõtmiste teostamise kuupäev	
	19. – 20. 03.2015	23. – 26.10.2015		30.04.2021	
1. Tondi tn (Marta tn)	115	185	70	175	
2. Sõle tn (Nisu peatus)	165	175	10	160	
3. Mustamäe tee (Välja peatus)	120	165	45	140	
4. Narva mnt (Uus-Sadama peatus)	130	170	40	140	
5. Paldiski mnt (Järveotsa peatus)	110	180	70	125	
6. Suur-Sõjamäe (Ruunaoja)	-	200	-	200	
7. Ehitajate tee (148)	130	200	70	150	
8. Kotka tn	120	145	25	110	
9. Pärnu mnt (Vineeri tn)	200	190	-10	200	
10. Kalaranna 1	-	150	-	90	
11. Kalaranna 2 (linnahalli pool)	-	185	-	200	

KOKKUVÕTE

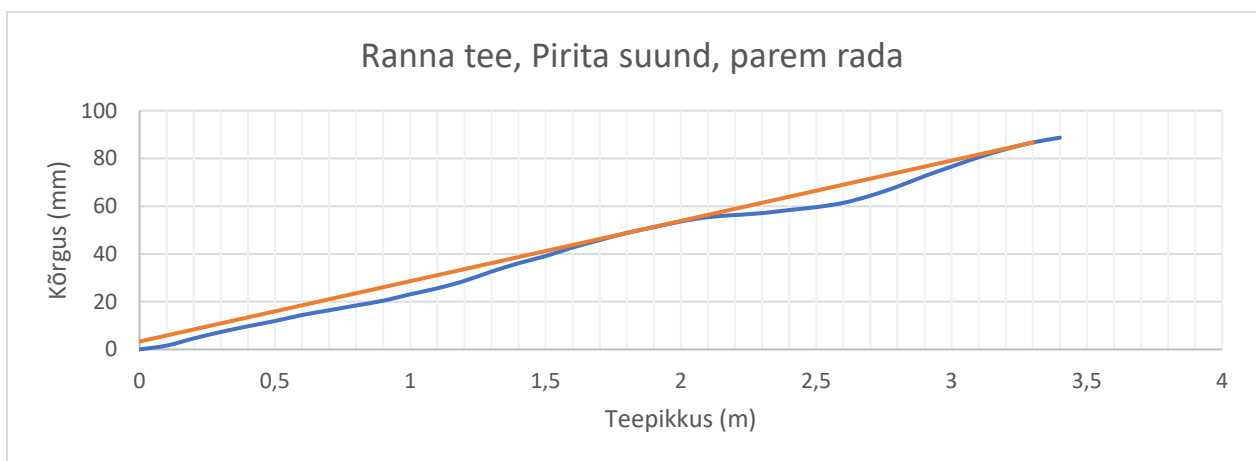
1. **Betoonkatend** omab efekti väga raske liikluse korral sest kate ei vaju raskeliiklusega, naastrehvid kulutavad betooni ca kaks korda aeglasemalt. Seega betooni eelistus on teedel, kus on raskeliikluse absoluutarv suur – tüüpkatendite järgi A-kategooria teed. Esimeses järgus tuleb kaaluda Peterburi tee ja siis ka Järvevana puhul betooni. Vuukide lahendused on vastu pidanud, asfaldiga kaetud betoonist peegelduvad vuugid läbi kuid see on normaalne protsess ja defektide arenemisel ülakihis tuleb vuugi kohad asfaldis avada, kontrollida tihendite seis ja vajadusel tihendid asendada. Asfaldist kulumiskiht vuugi kohal taas täita.
2. Kindlasti on otstarbekas jätkata **ühistranspordipeatuste betoonkatteid**. Tuleks kaaluda katselõigu rajamist nn teerullibetooni kasutamisega – teistsuguse vesitsementteguriga tehase betoonisegu on paigaldatav ka asfaldilaoturiga, tihendatav kummirullidega tihendustehnikaga ning kaetakse asfaldist kulumiskihiga mis tagab piisava tasetasuse. Teerullibetooni eeliseks on võimalus mitte rajada vuuke ja lühem ooteaeg enne liikluse avamist. Alternatiivina tasub katsetada ka tehaseseguna tsementstabiliseerimist asfaldist kulumiskihiga (Pärnu näide).
3. **Okto-killustik** on ennast näidanud hästi, kuna tarneaeg on pikk, on võimalik linnal hankida killustik ja anda see ehitajale kasutada. Suure sõiduauto liiklusega teedel tuleks kulumiskihis kasutada Okto-killustikuga toodetud asfaltbetooni, seda ka betoonkatte kulumiskihina. Kui suure koormusega teedel eelistatakse ka kulumiskihis suuremateralist asfalti, siis betoonkatte kulumiskiht võiks olla õhuke ja peenema teraga – väiksem müra, kattekihi paksuse kahandamine tõstab asfaldi nihkekindlust mis oli seni põhjuseks suurema tera nõudmisele. Praegu saab kinnitada, et roopa areng on vähemalt kaks korda aeglasem kui tavapärasel juhul.
4. **Kaevud betoontees** on võimalikud, USA ja Saksa praktikas on selleks olemas tüüplahendid, sellegipoolest tuleb teha kõik, et kahandada kaevude arvu kattes ning uutel teedel on kaevud sõidurajal lubamatud. Koormusplaadiga lahendused on end õigustanud.
5. **Naastrehvide kasutus** on kahanenud ca 60%-ni (uuringus 62), uuringut tuleks korrata. Kindlasti tuleb jätkata PR-kampaaniaid et kahandada naastukasutus tasemele 15-20%. Naastrehvide maksustamine on mõistlik korraldada üleriigilisena, kuid linnas võiks rakendada naastukeeluala „Liivalaia-ringi“ siseselt (mitte Liivalaiat läbivale transiitliiklusele). Vajalik naastu keelumärk. Tehnika-Paldiski-Toompuiestee-Põhja-Ahtri-Liivalaia. Kontroll MUPO parkivatel sõidukitel (sama on ka Norras-Rootsis).
6. **Tüüpkatendite juhendi jätkamine ka remondiobjektidel**. Enamkoormatud ristmikutel kasutada tsementstabiliseeritud alust kahekihilise asfalkattega. Pärnu näide TRA 2020 (Ehitajate-Tallinna ja Ehitajate-Liivi) – nädalavahetusega tööd teostatud. Liiklus on korraldatav – ümberjuhitav.
7. Asfaldi kulumiskihis koormatud teedel-tänavatel (A, B grupis) tuleb kasutada polümeerbitumeeni.

LISA – Gapman mõõtetulemused tavaristlõigetes

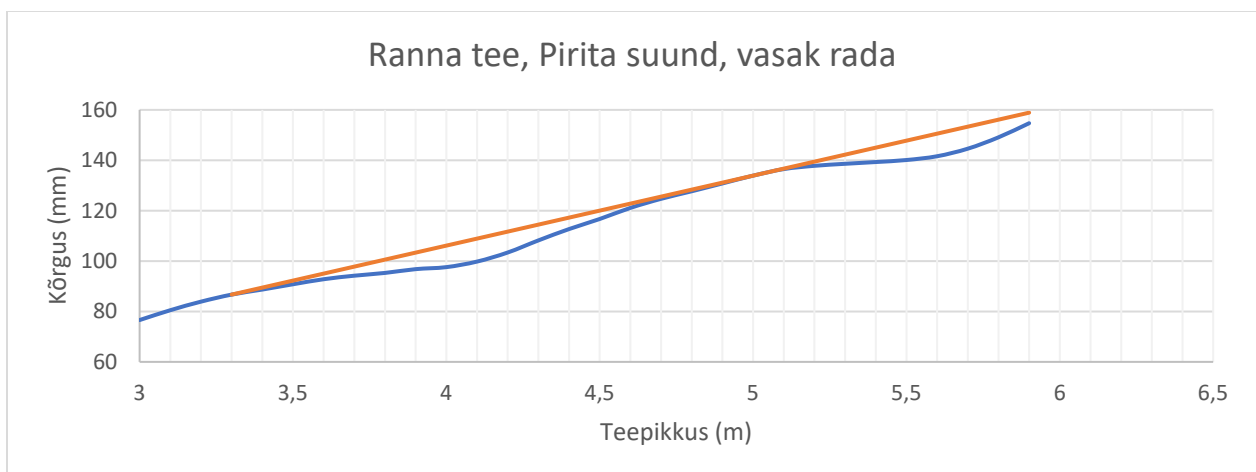
Ranna tee – Muuli tee ristmik



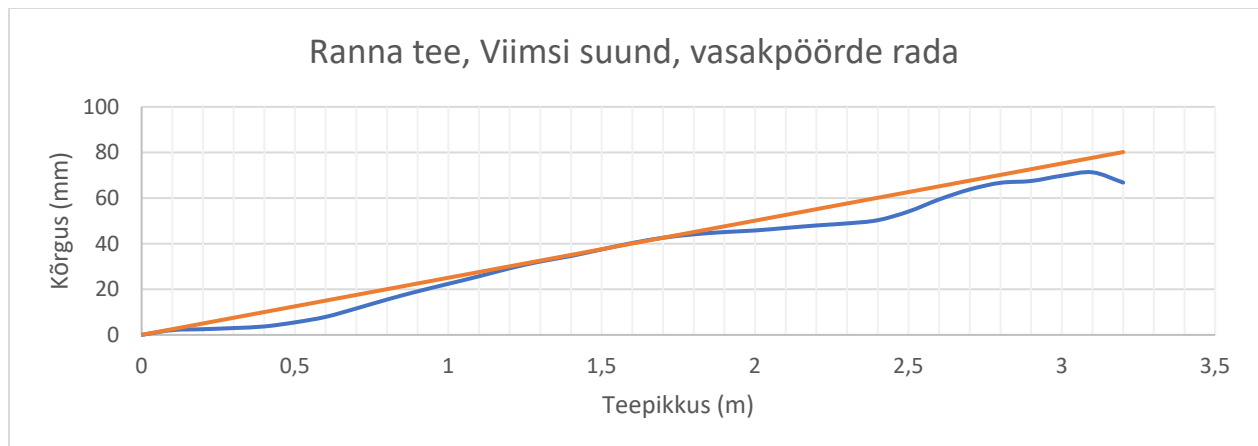
Ranna tee ristlõike asukoht Muuli tee ristmiku juures



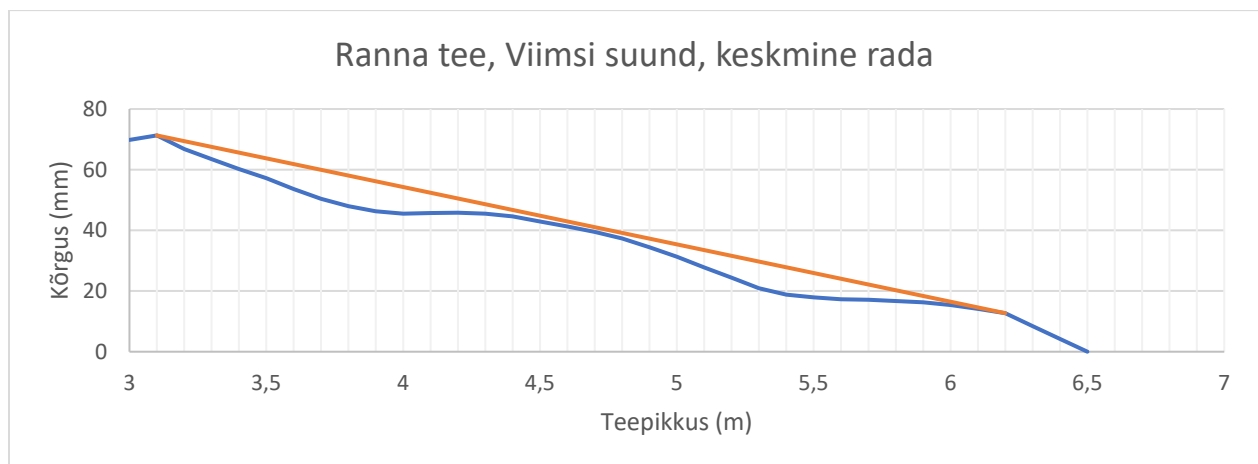
Parem jälg 5,7 mm, vasak jälg 7,6 mm, jälgede vahe 1,7 m.



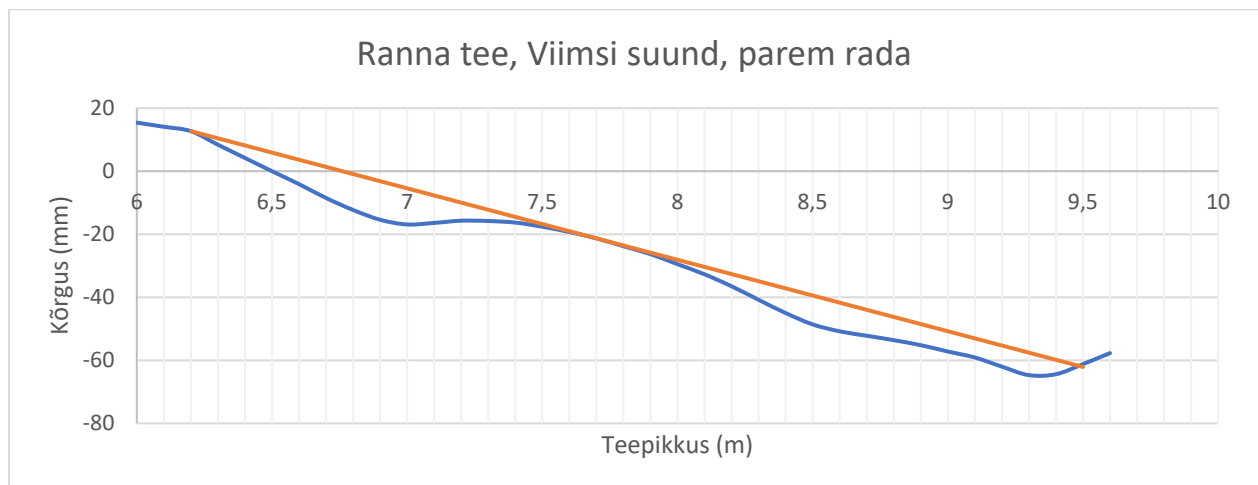
Parem jälg 9,1 mm, vasak jälg 9 mm, jälgede vahe 1,5 m.



Vasak jälg 7,1 mm, parem jälg 9,8 mm, jälgede vahe 1.8 m.



Vasak jälg 10,1 mm, parem jälg 9 mm, jälgede vahe 1,6 m.

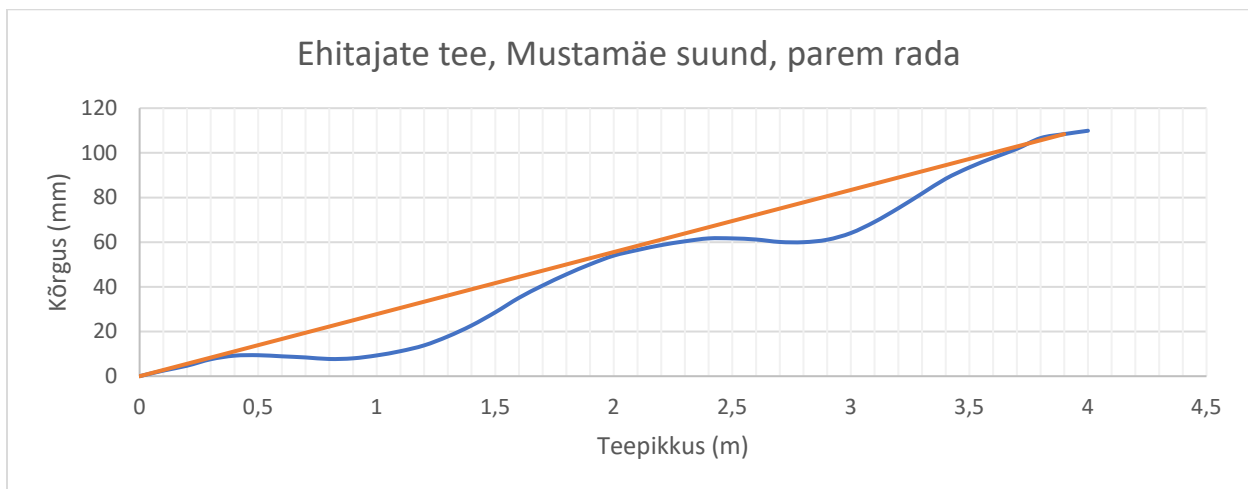


Vasak jälg 12,2 mm, parem jälg 9,2 mm, jälgede vahe 1,6 m.

Ehitajate tee – Õismäe tee ristmik

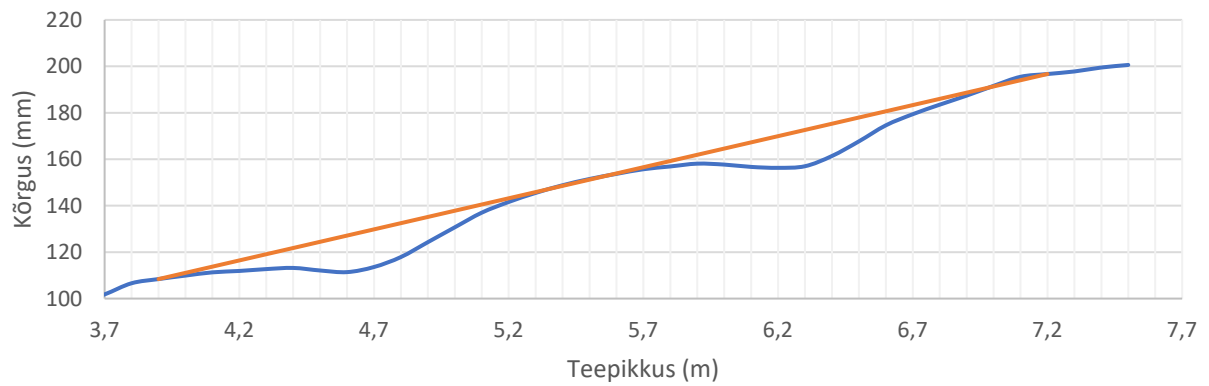


Ehitajate tee ristlõike asukoht vahetult stopp-joone ees



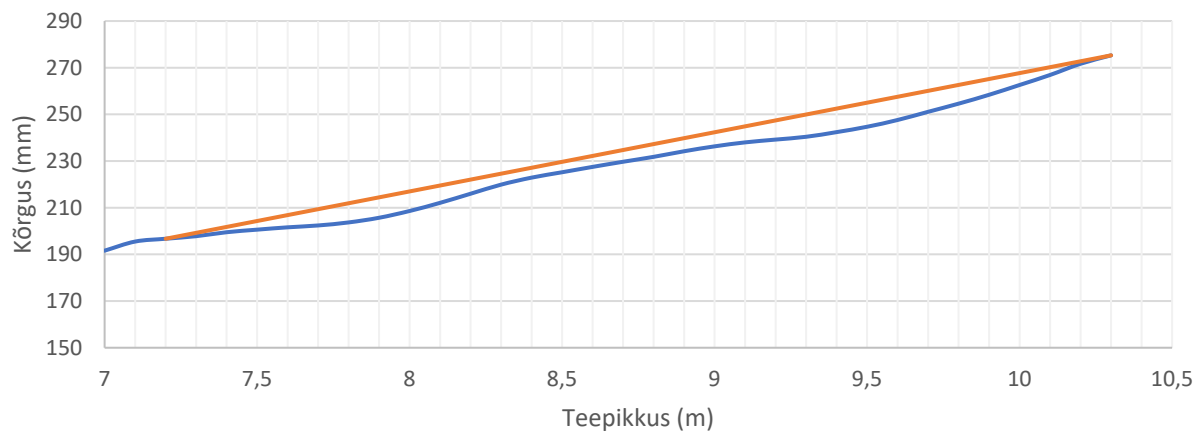
Parem jälg 19,6 mm, vasak jälg 19,5 mm, jälgede vahe 1,7 m.

Ehitajate tee, Mustamäe suund, keskmine rada

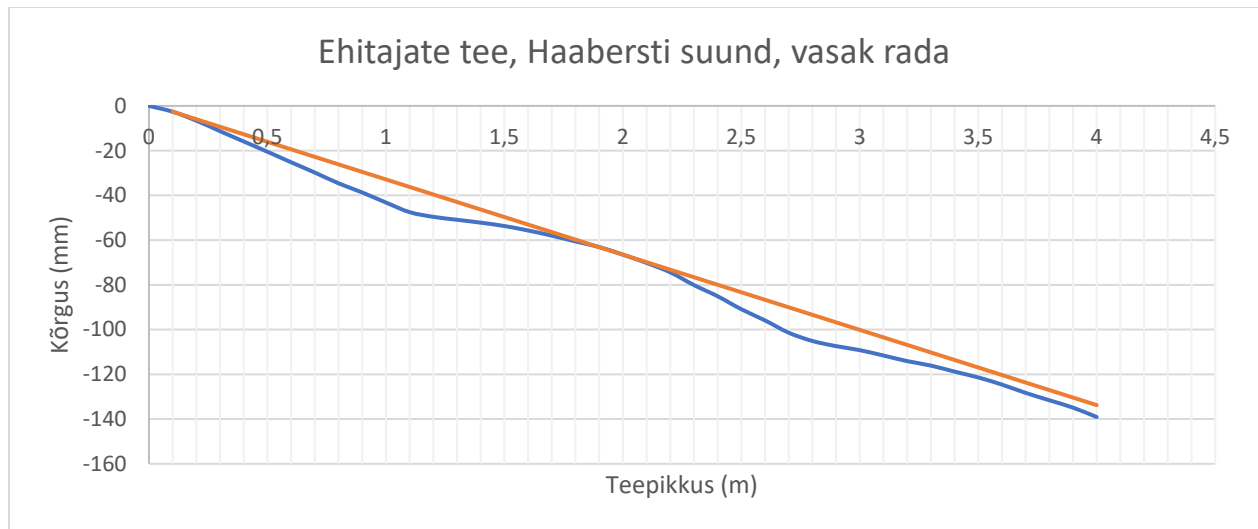


Parem jälg 16,2 mm, vasak jälg 15,6 mm, jälgede vahe 1,6 m.

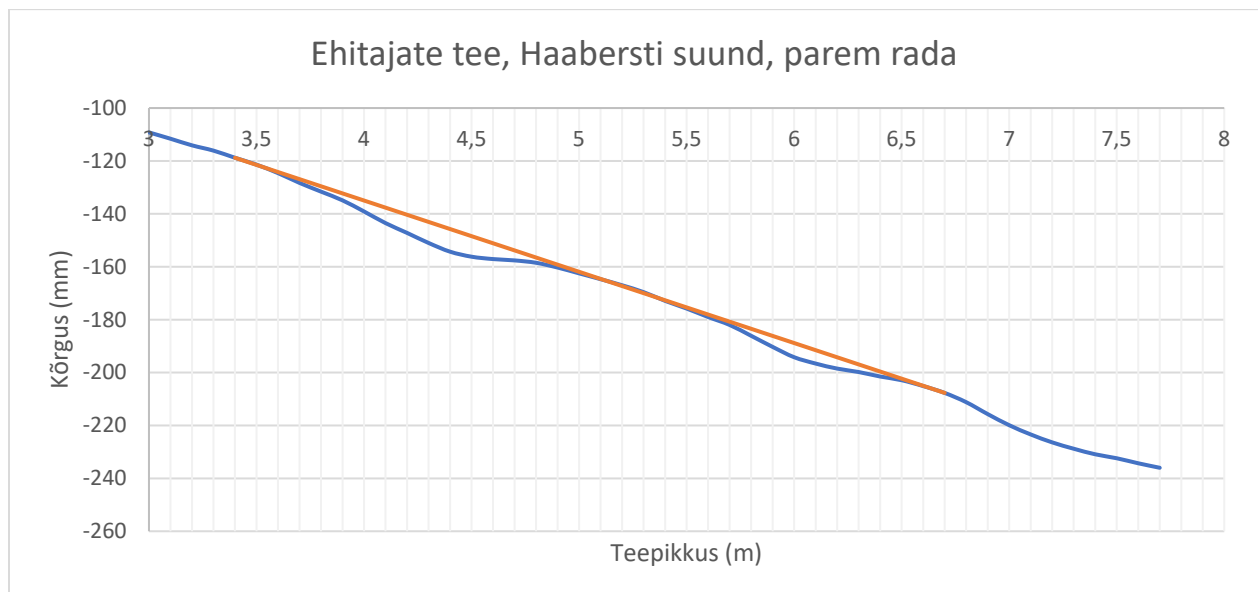
Ehitajate tee, Mustamäe suund, vasakpöörde rada



Parem jälg 8,7, vasak jälg 10,3, jälgede vahe 1,6 m.



Vasak jälg 11,3 mm, parem jälg 11,7 mm, jälgede vahe 1,7.

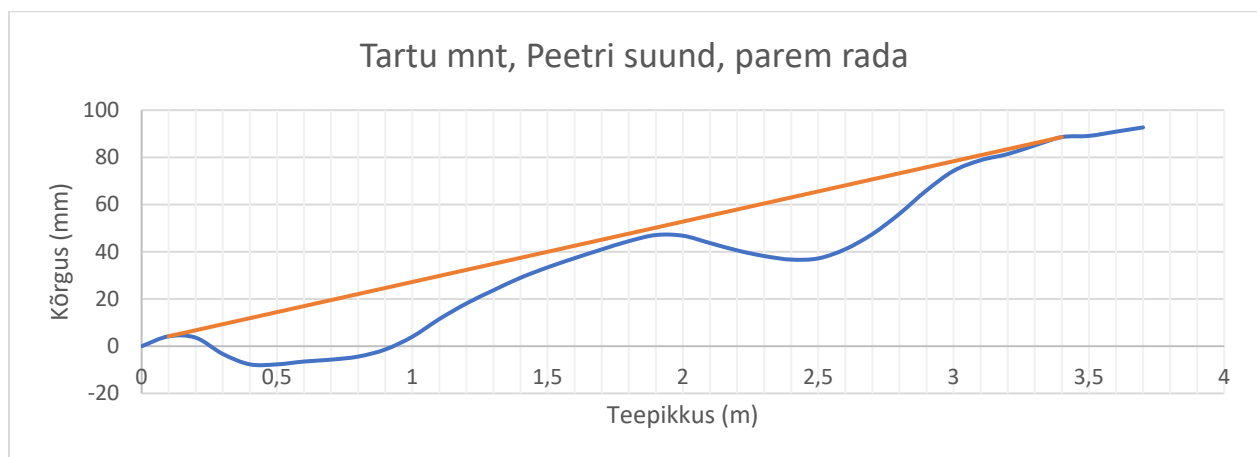


Vasak jälg 8,5 mm, parem jälg 5,4 mm, jälgede vahe 1,6 m.

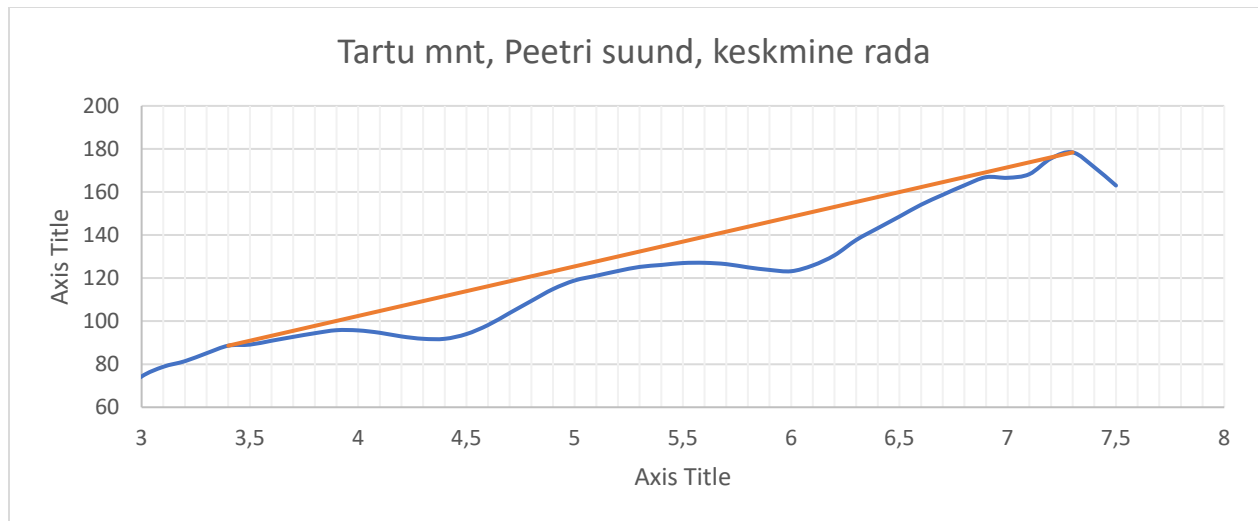
Tartu mnt – Kanali tee ristmik



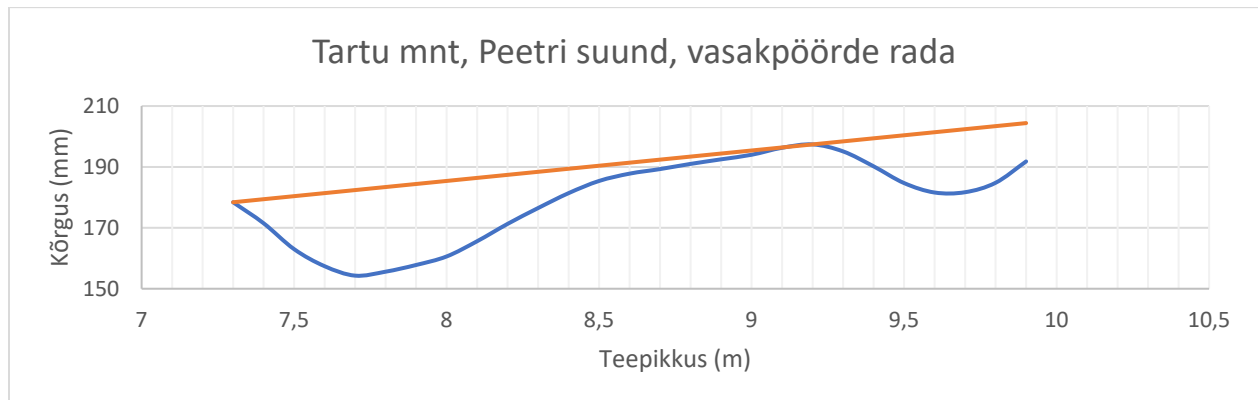
Tartu maantee ristlõige Kanali tee ristmiku juures



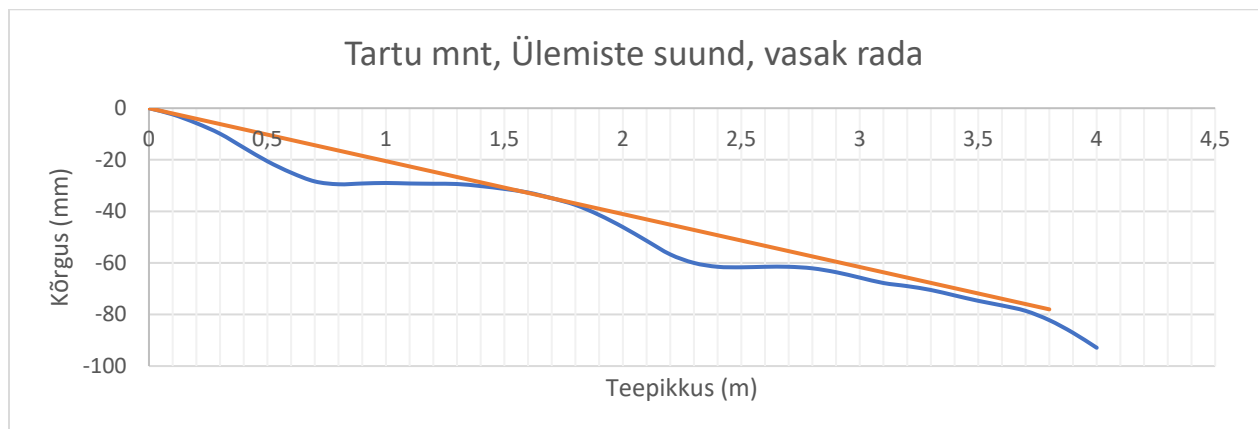
Parem jälg 26.5 mm, vasak jälg 28.4 mm, jälgede vahe 1.7 m.



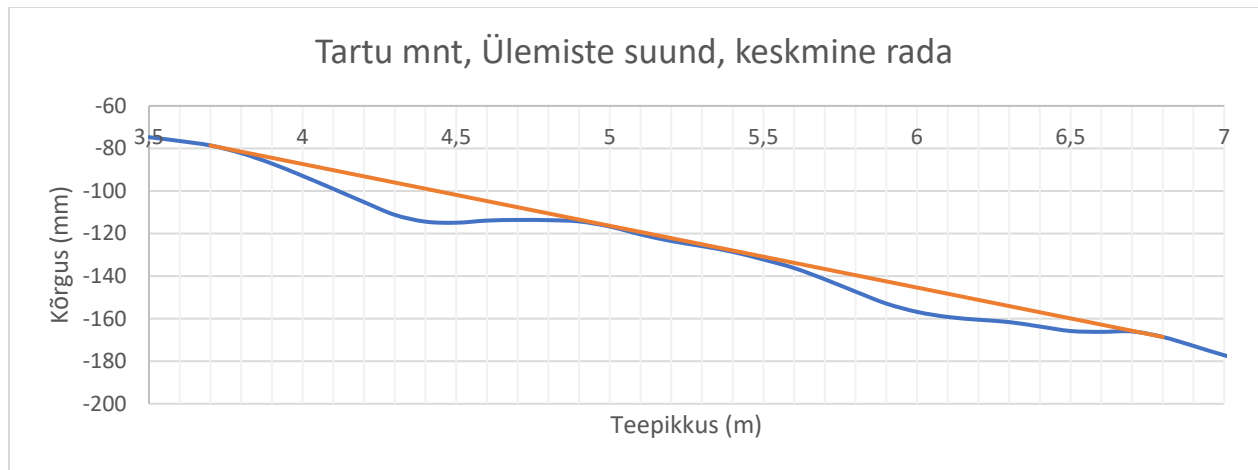
Parem jälg 20 mm, vasak jälg 25,3, Jälgede vahe 1,5.



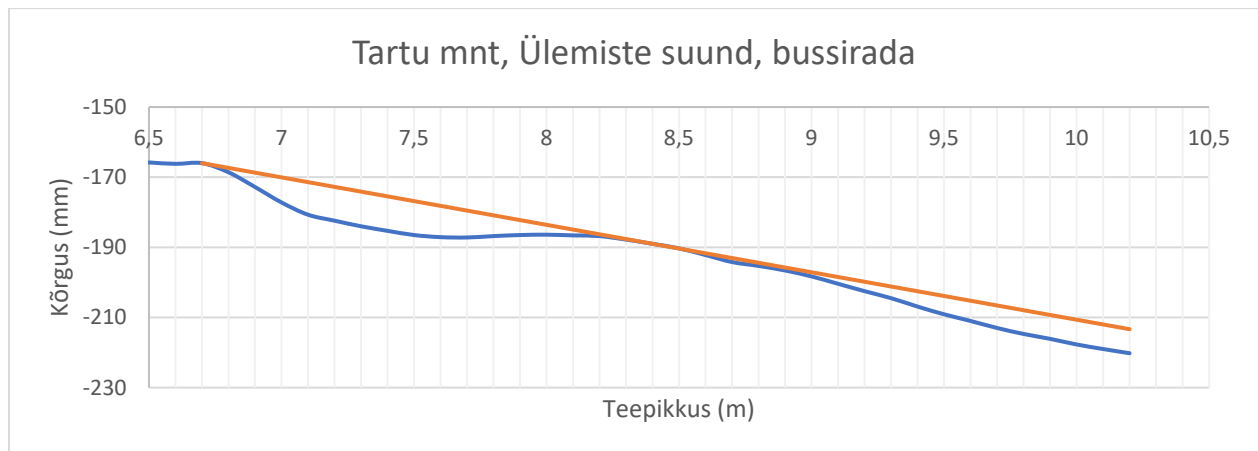
Parem jälg 28,1 mm, vasak jälg 20,7 mm, jälgede vahe 2 m.



Vasak jälg 14 mm, parem jälg 12,8 mm, jälgede vahe 1,6 m.



Vasak jälg 15,5 mm, parem jälg 11,4 mm, jälgede vahe 1,6 m.

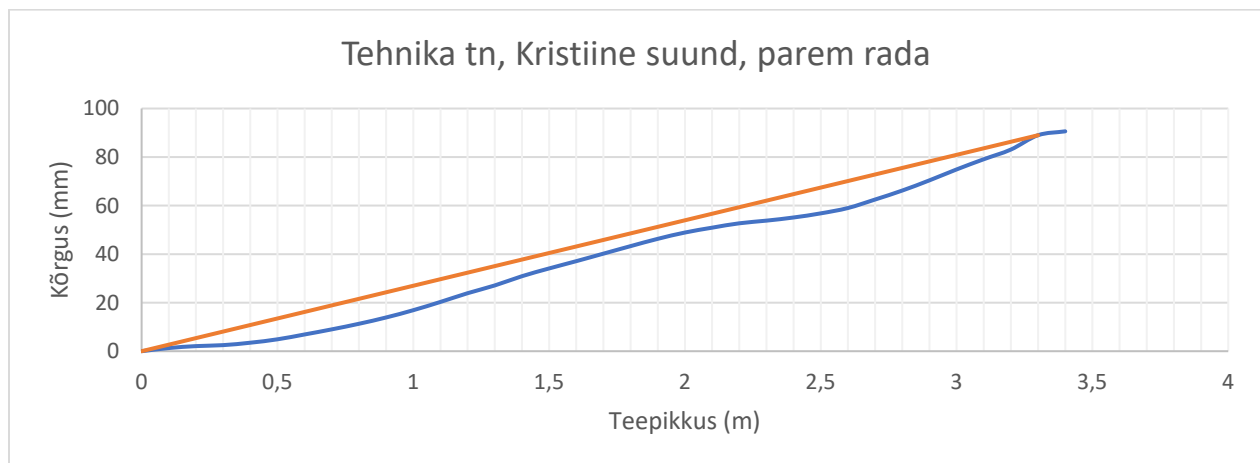


Vasak jälg 9,9 mm, parem jälg 7,1 mm, jälgede vahe 2,7 m.

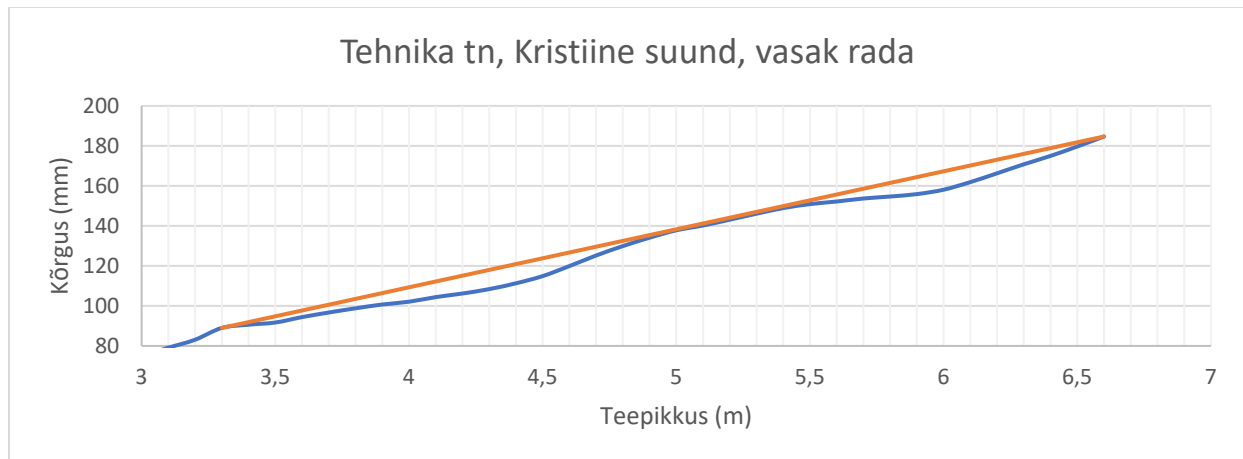
Tehnika tänav – Veskiposti ristmik



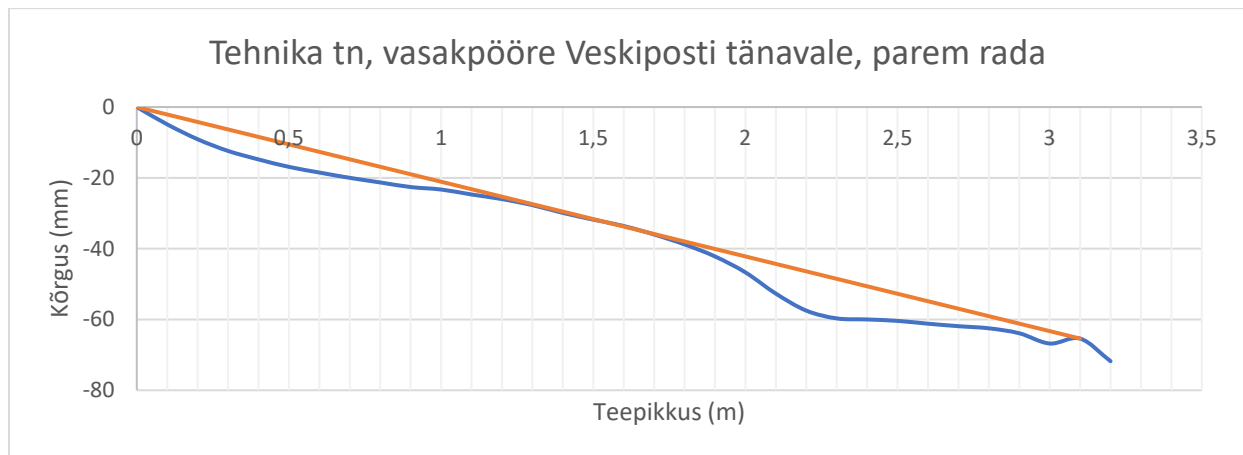
Tehnika tänava ristlõige Veskiposti tänava ristmikul



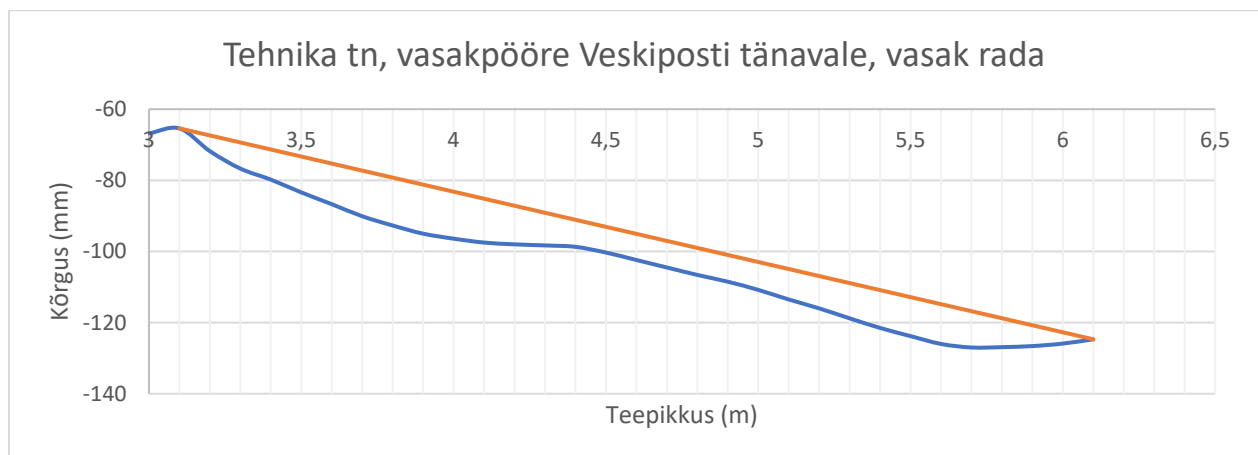
Parem jälg 10,4 mm, vasak jälg 11,1 mm, jälgede vahe 1,7 m.



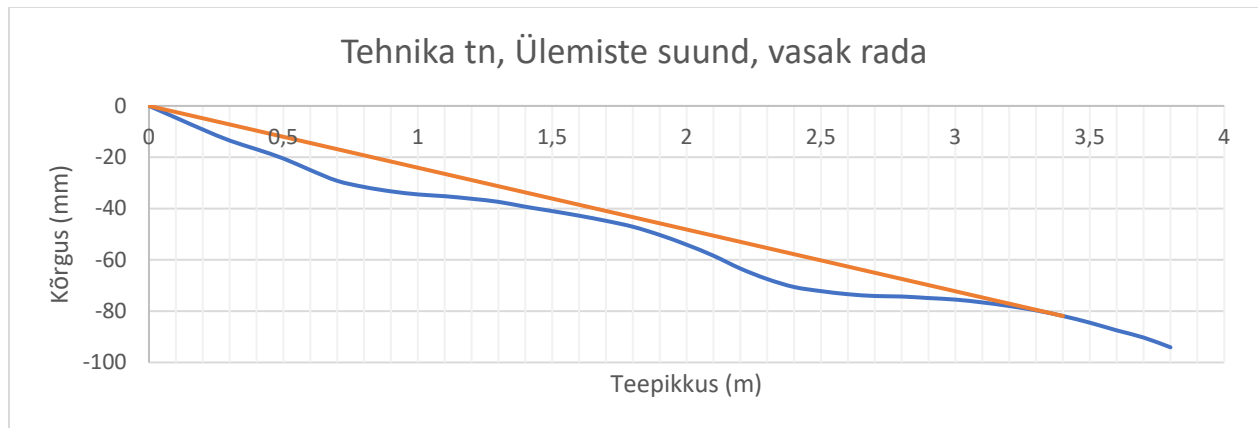
Parem jälg 9,6 mm, vasak jälg 9,2 mm, jälgede vahe 1,7 m.



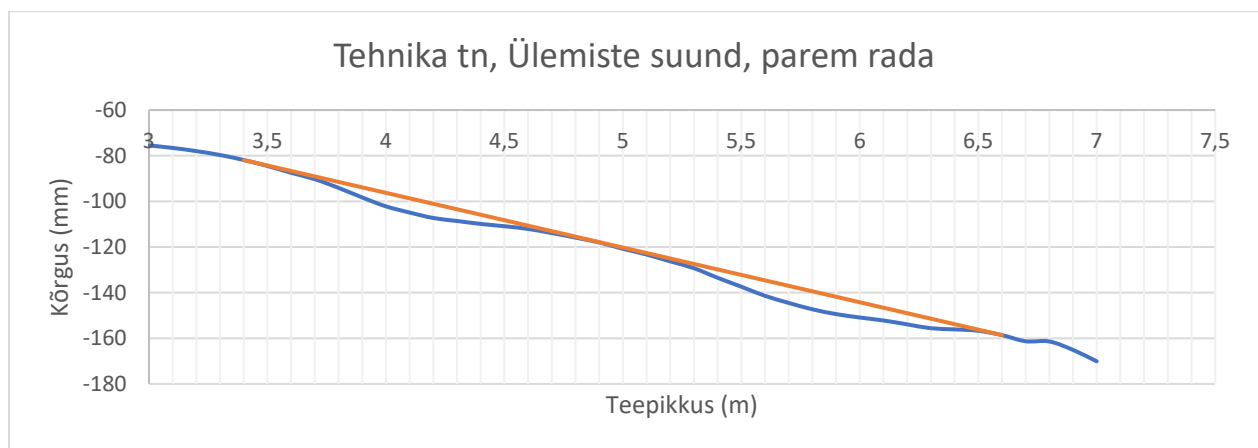
Parem jälg 6,4 mm, vasak jälg 11,2 mm, jälgede vahe 1,9 m.



Parem jälg 13,8 mm, vasak jälg 11,2 mm, jälgede vahe 1,7 m.



Vasak jälg 12,3 mm, parem jälg 12,8 mm, jälgede vahe 1,7 m.

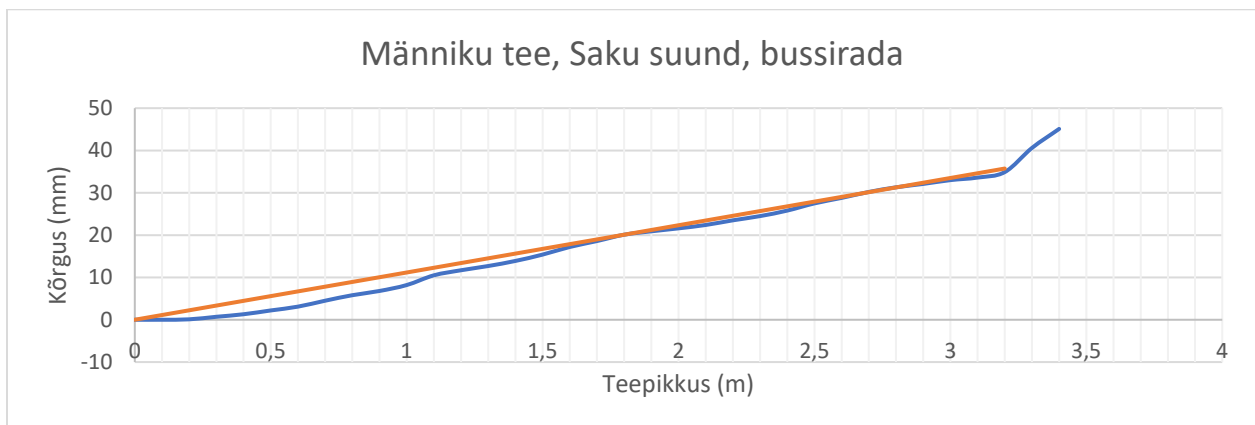


Vasak jälg 6,2 mm, parem jälg 7,9 mm, jälgede vahe 1,6 m.

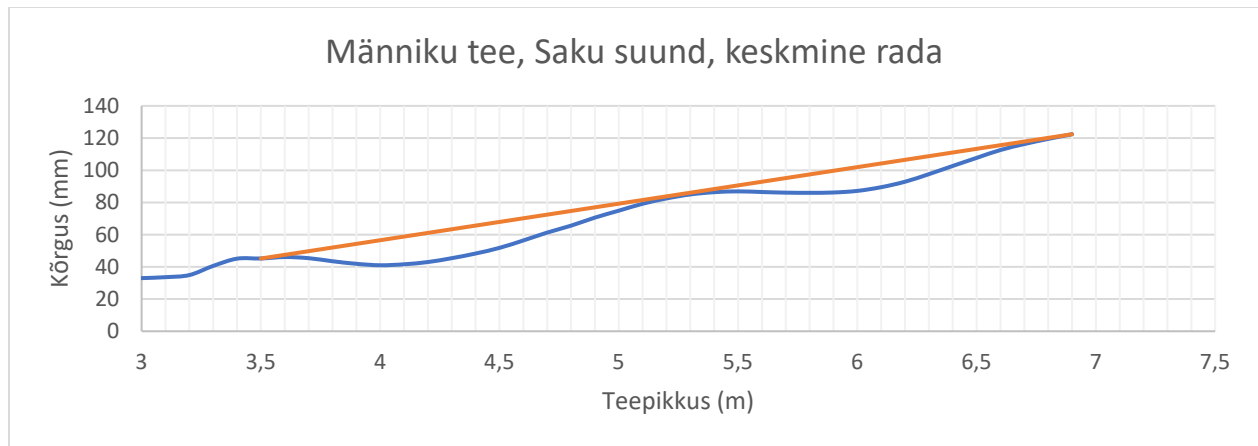
Männiku tee – Kauge bussipeatus



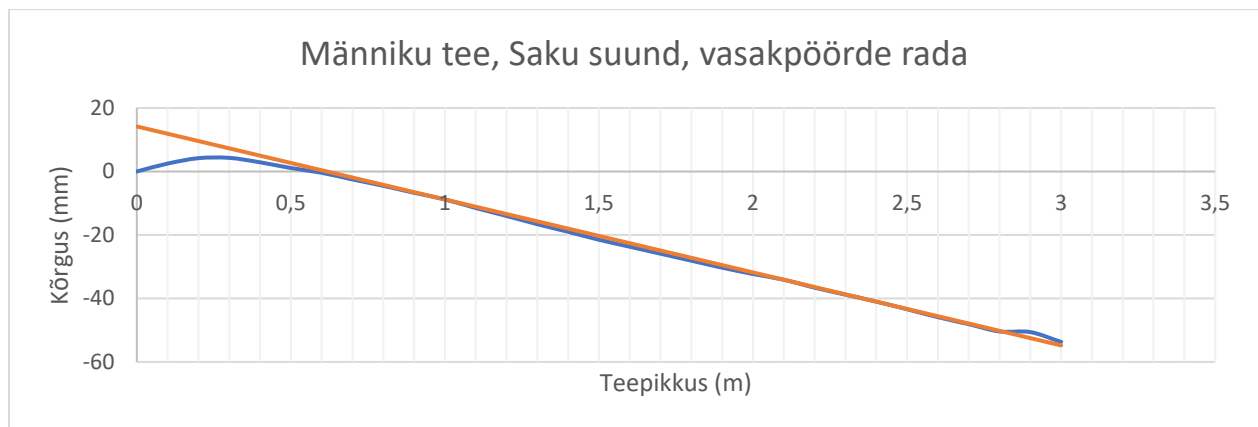
Männiku tee ristlõige Kauge bussipeatuse juures



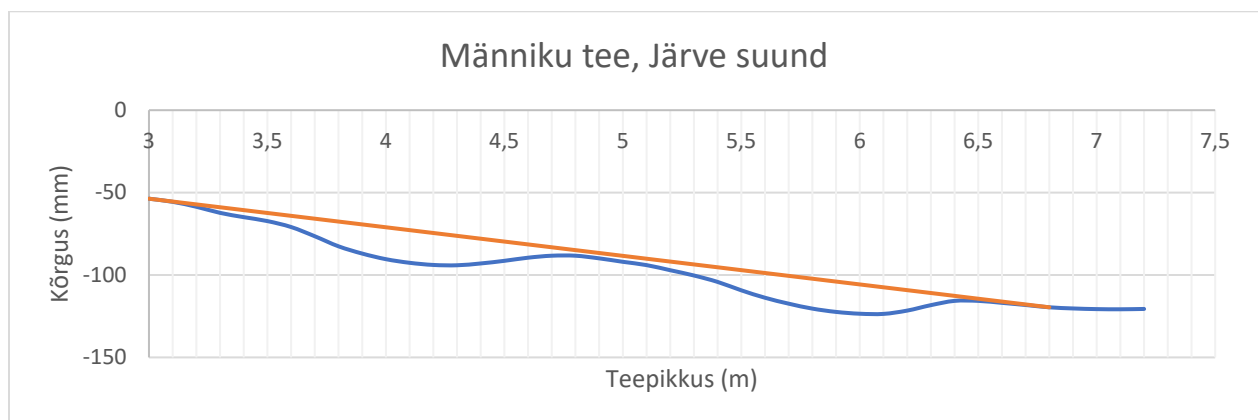
Parem jälg 3,6 mm, vasak 1,2 mm, jälgede vahe 1,7 m.



Parem jälg 18,1 mm, vasak jälg 14,8 mm, jälgede vahe 1,8.



Parem jälg ilmselt sõidutee harja kohal ja raske anda hinnangut deformatsioonidele, vasak jälg 1,2 mm

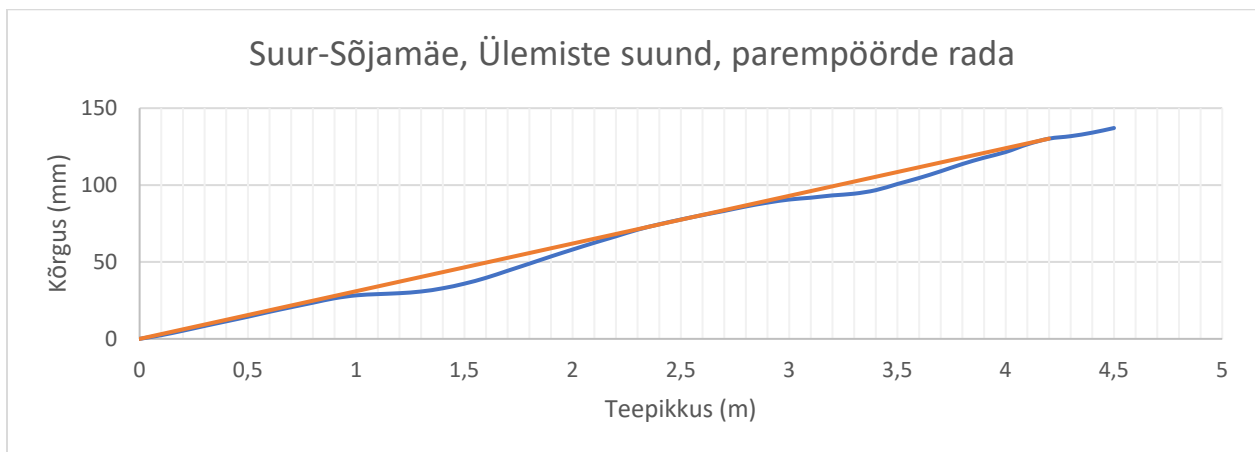


Vasak jälg 19.8 mm, parem jälg 18.4 mm, jälgede vahe 1,8 m.

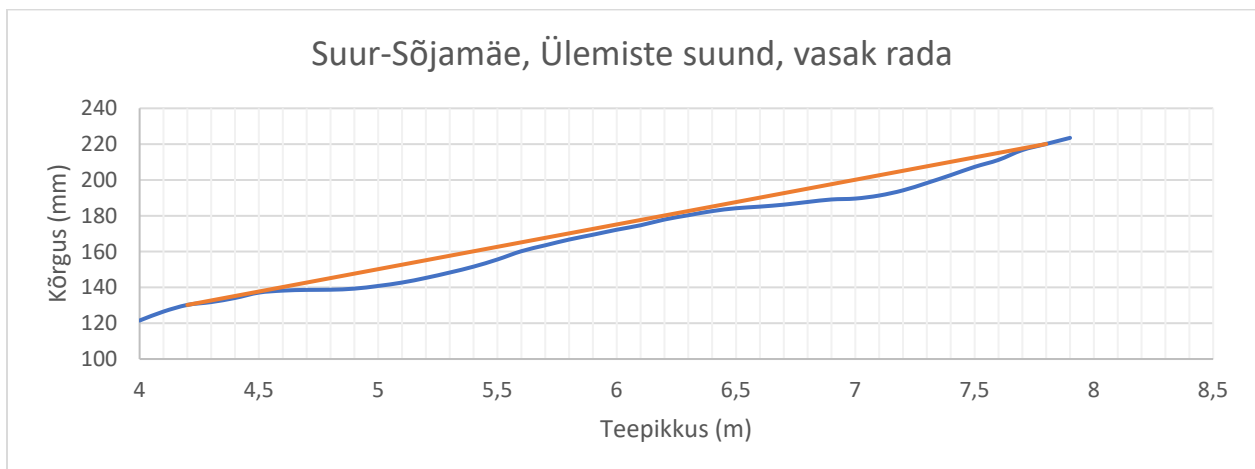
Suur-Sõjamäe – Smuuli tee ristmik



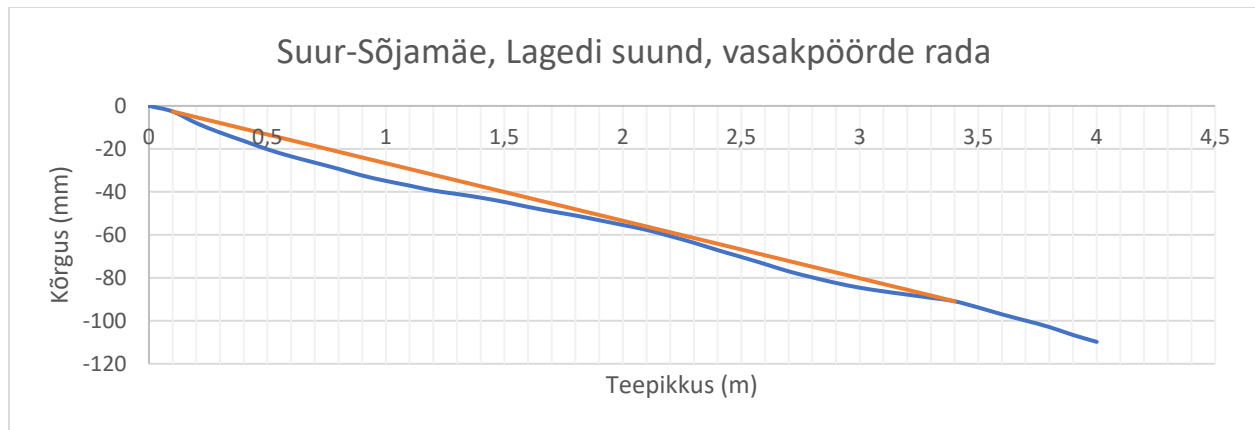
Suur-Sõjamäe ristlõige Smuuli tee ristmiku juures.



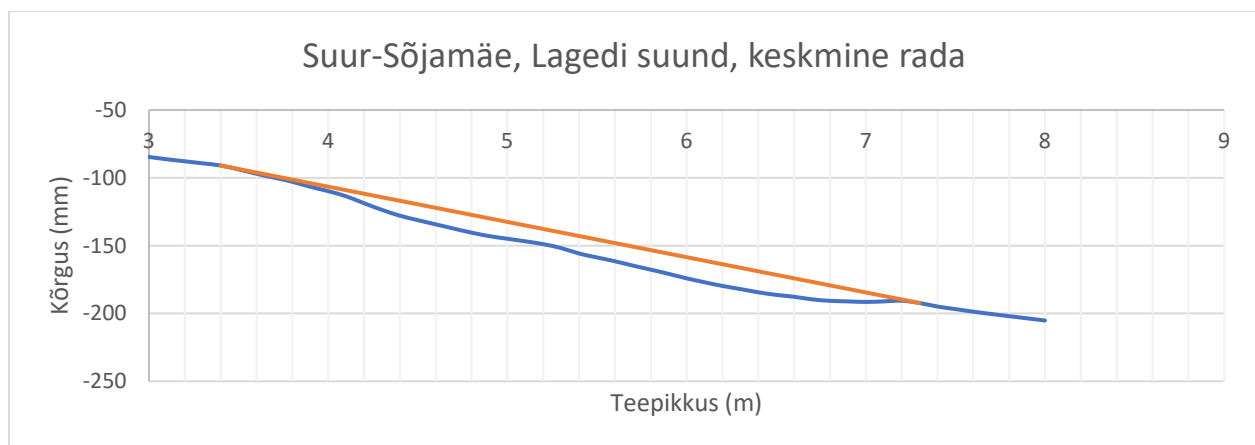
Parem jälg 10,6 mm, vasak jälg 8,7 mm, jälgede vahe 1,9 m.



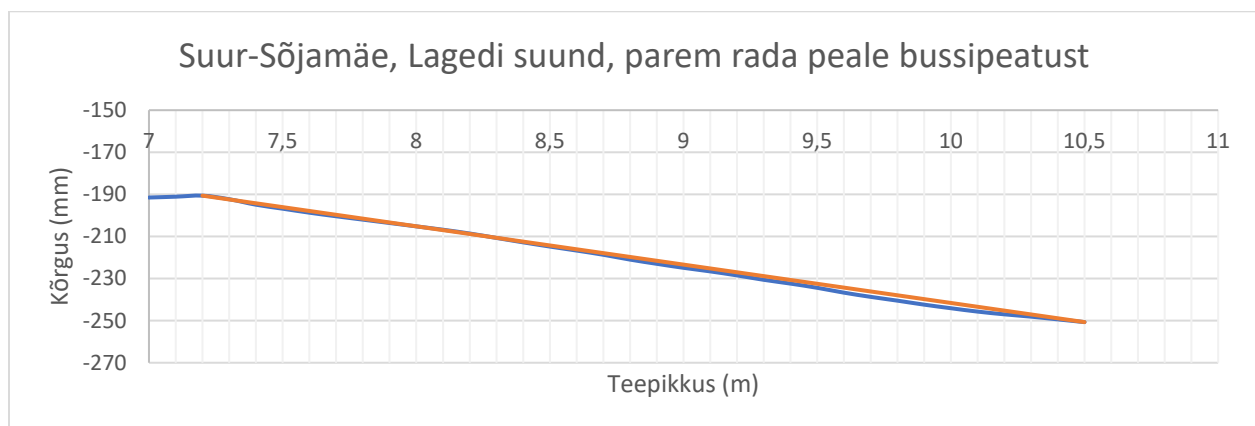
Parem jälg 10 mm, vasak jälg 11,3 mm, jälgede vahe 2 m.



Vasak jälg 8,4 mm, parem jälg 5 mm, jälgede vahe 1,9 m.



Vasak jälg 13,1 mm, parem jälg 16 mm, jälgede vahe 1,4 m.

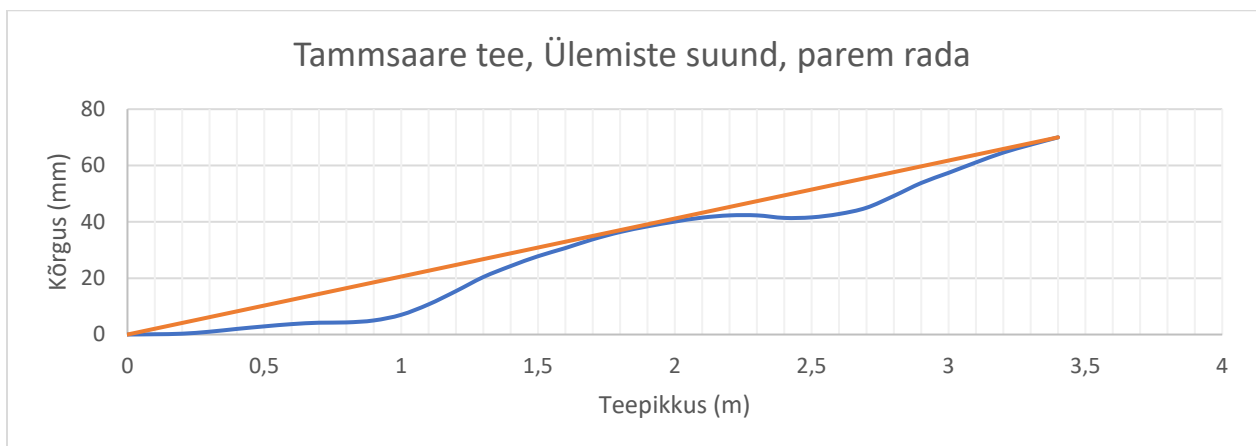


Vasak jälg 0,8 mm, parem jälg 2,6 mm, jälgede vahe 2,3 m.

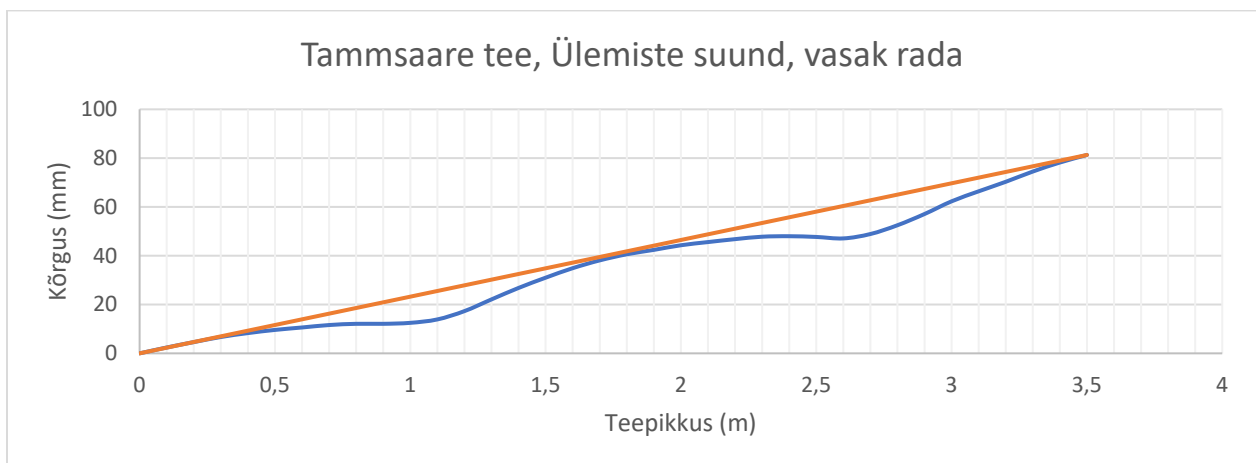
Tammsaare tee – Pärnu mnt viadukti all



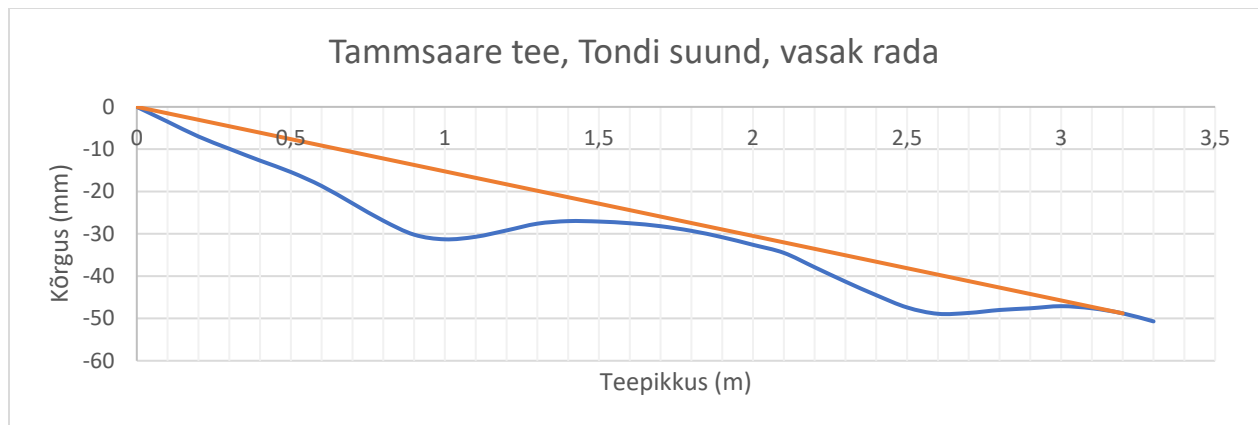
Tammsaare tee ristlõige Pärnu maantee viadukti all.



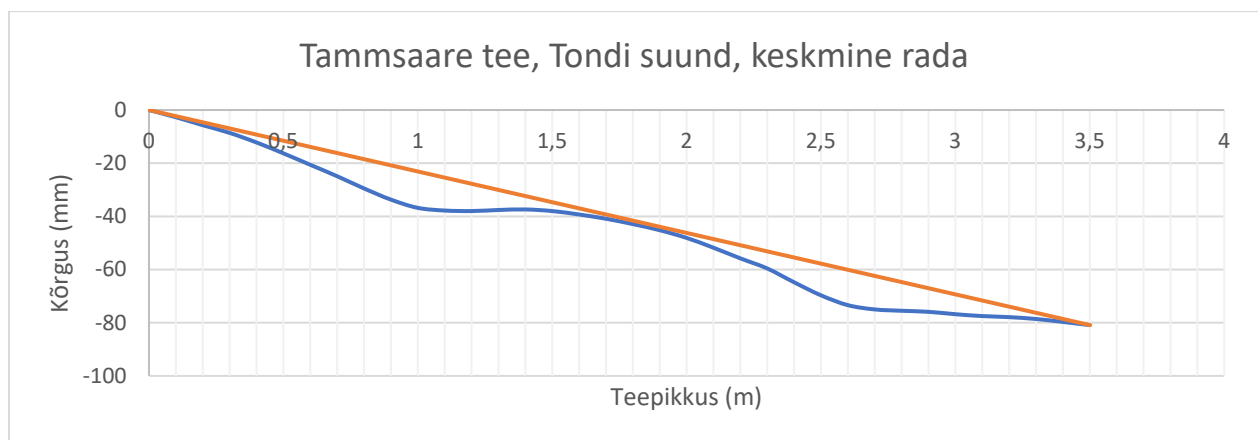
Parem jälg 13,6 mm, vasak jälg 10,7 mm, jälgede vahe 1,6 m.



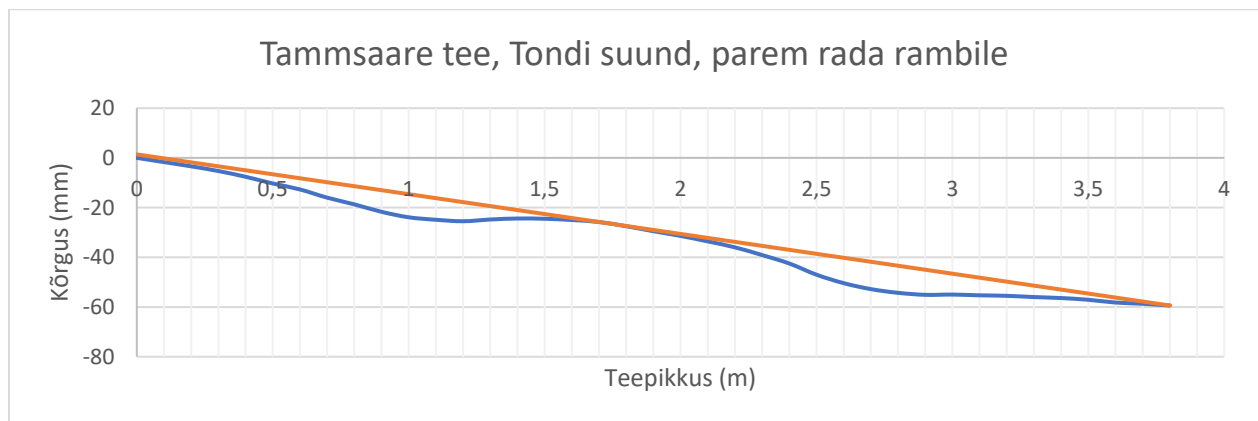
Parem jälg 11,7 mm, vasak jälg 13,8 mm, jälgede vahe 1,6 m.



Vasak jälg 16,5 mm, parem jälg 9,3 mm, jälgede vahe 1,6 m.



Vasak jälg 13,7 mm, parem jälg 13,3 mm, jälgede vahe 1,6 m.

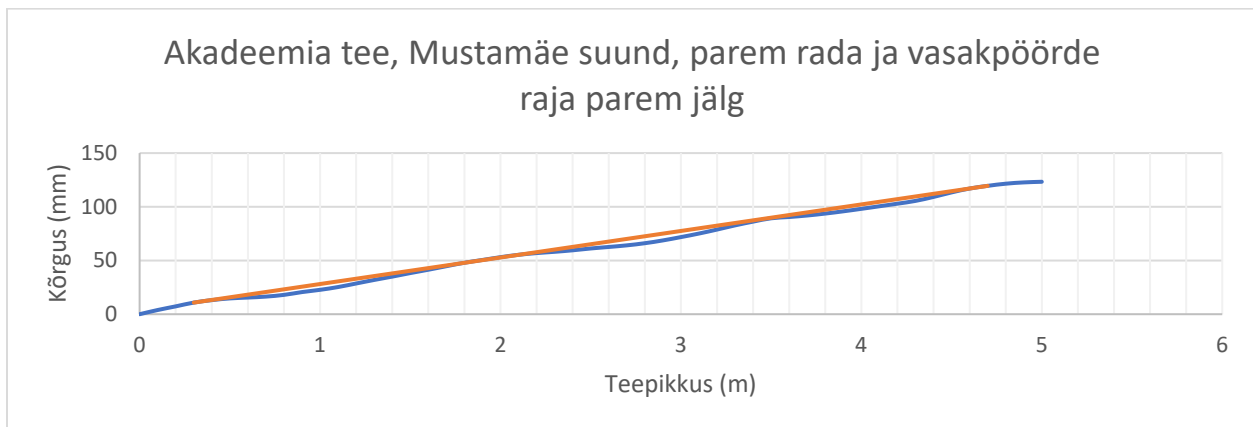


Vasak jälg 9,3 mm, parem jälg 11 mm, jälgede vahe 1,7 m.

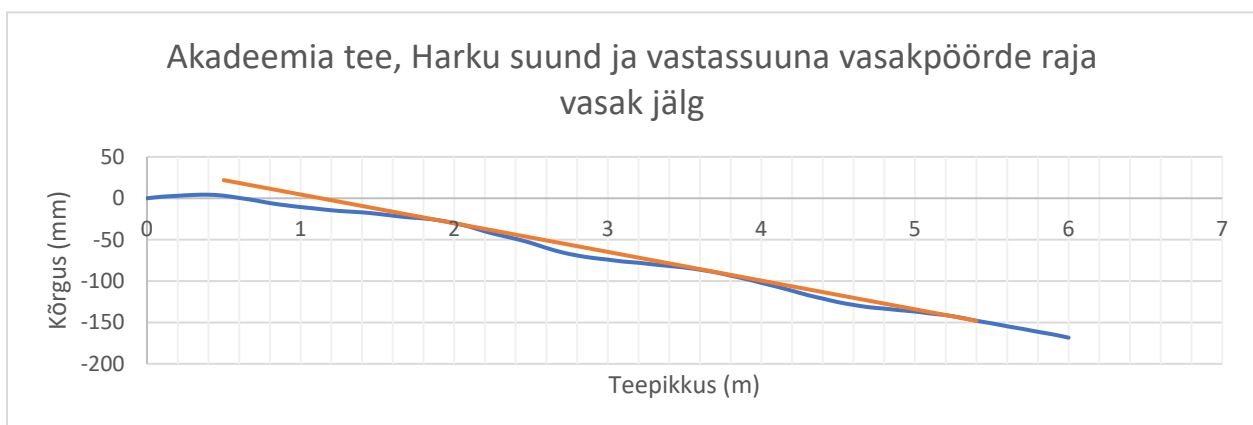
Akadeemia tee – Vilde tee ristmik



Akadeemia tee ristlõige Vilde tee ristmiku juures.



Parema raja parem jälg 5,4 mm, vasak jälg 6,5 mm, jälgede vahe 1,8 m.



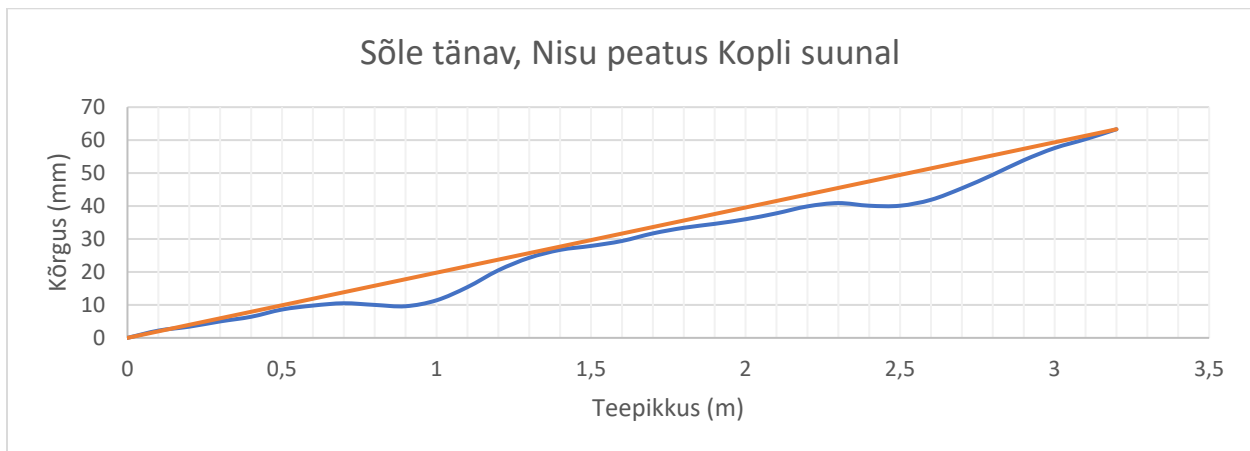
Pärisuuna raja vasak jälg 11,3 mm, parem jälg 8,7 mm, jälgede vahe 1,7 m.

Sõidutee harjal paikneva vasakpöörde raja parem jälg 4,2 mm, vasak jälg ca. 12,1 mm, jälgede vaheks arvestatud 1,7 m.

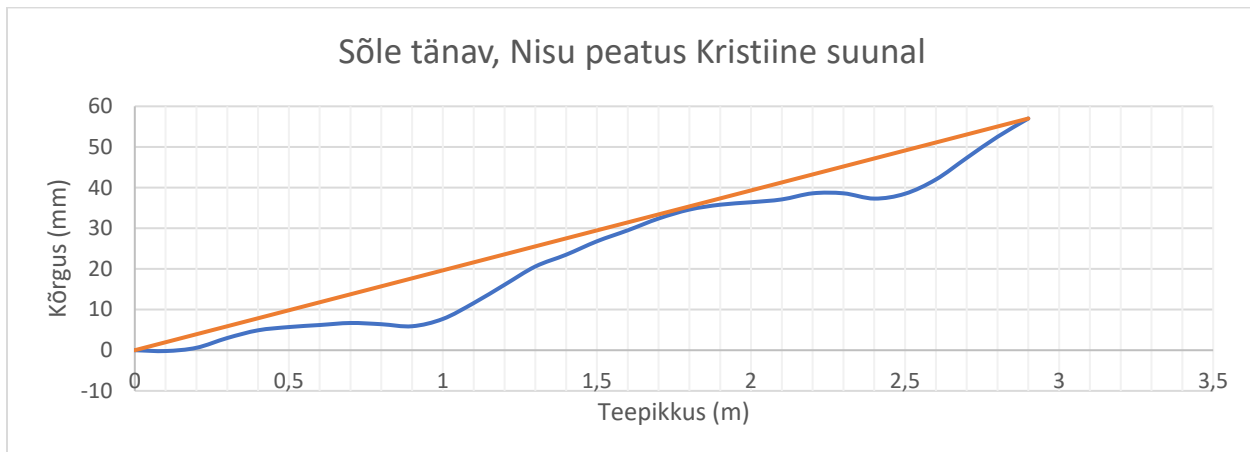
Sõle tänav – Nisu bussipeatused



Nisu bussipeatuste ristlõiked Sõle tänaval.



Parem jälg 8,4 mm, vasak jälg 9,5 mm, jälgede vahe 1,6 m.

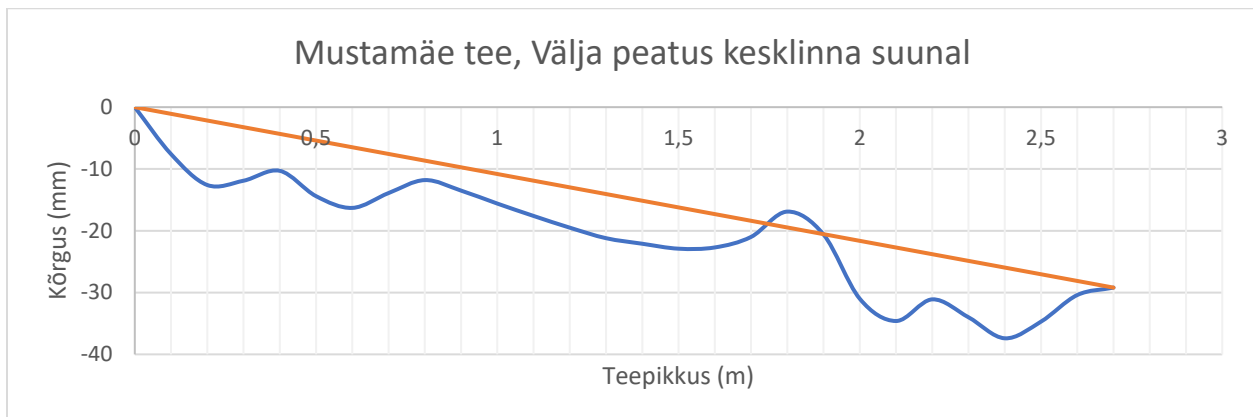


Parem jälg 12 mm, vasak jälg 10,6 mm, jälgede vahe 1,5 m.

Mustamäe tee – Välja peatuse tasku



Välja tee bussitasku ristlõige Mustamäe teel.



Parem jälg 10,4 mm, vasak jälg 11,9 mm, jälgede vahe 1,9 m.

LISA 2. Kaevude seire

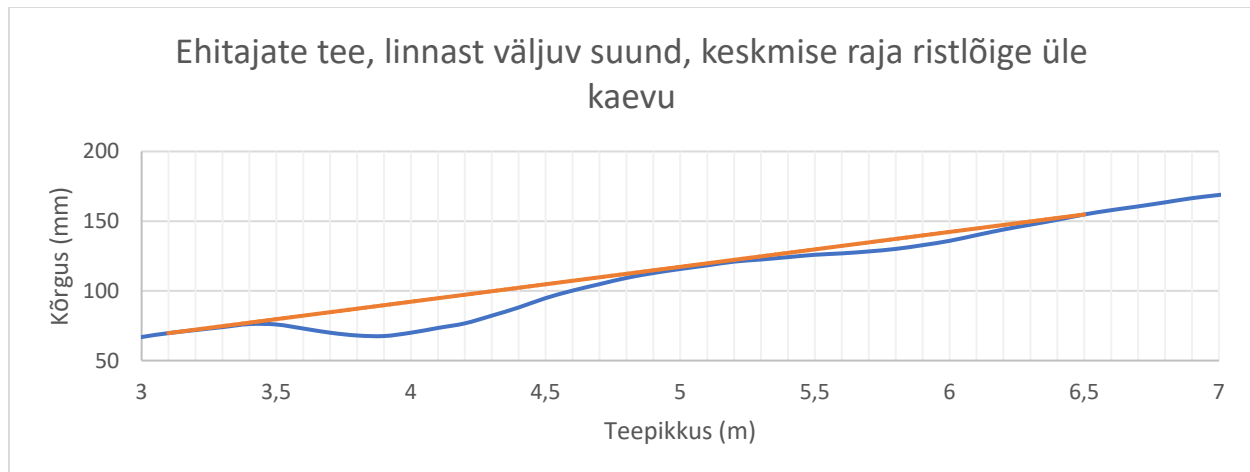
Ehitajate tee kaevukonstruksioon



Kaevukonstruksioon Ehitajate tee 183 vastas.

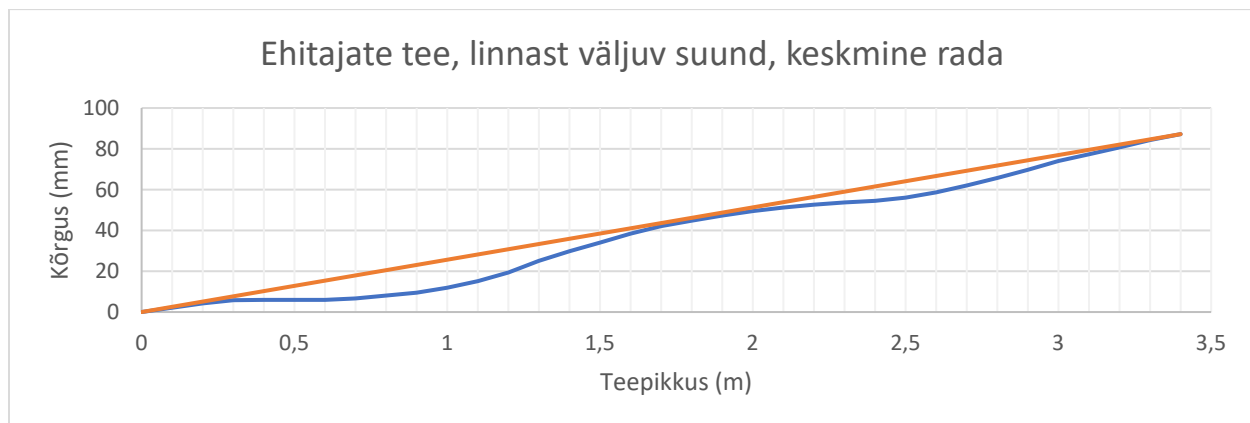


Lõige üle kolme sõiduraja (kaevu kaas ca. 4 meetri juures).

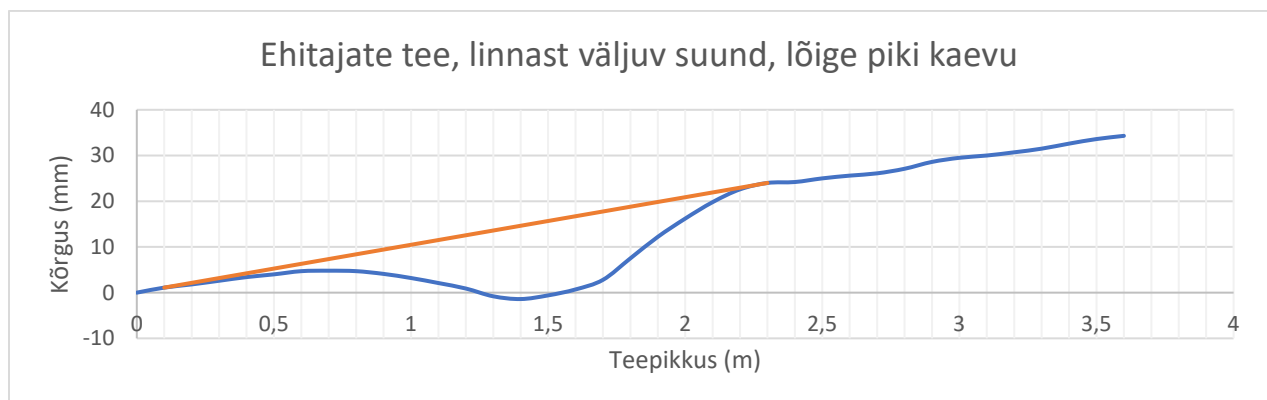


Kaevu kaan asub ristlõikes 22,2 mm sügavusel, samas vasakus jäljes on jälje sügavus 7,2 mm.

Kaevu kõrvalt keskmise raja ristlõige (fotol kujutatud mõõtmine):



Vasaku roopa sügavus 8 mm, parema roopa sügavus 13.7 mm (Kaevu poolne jälg). Sõidujälgede vahe 1.5 m.



Kaevu kaas asub kuni 16.2 mm sügavamal kui sõidujälje põhi.

Järeldus: Normaalne deformatsioon 6 – 8 mm, kaevu vajumine 22 mm, jäädes sõidujäljest 16 mm sügavamale.

Punase tänava kaevukonstruksioonid

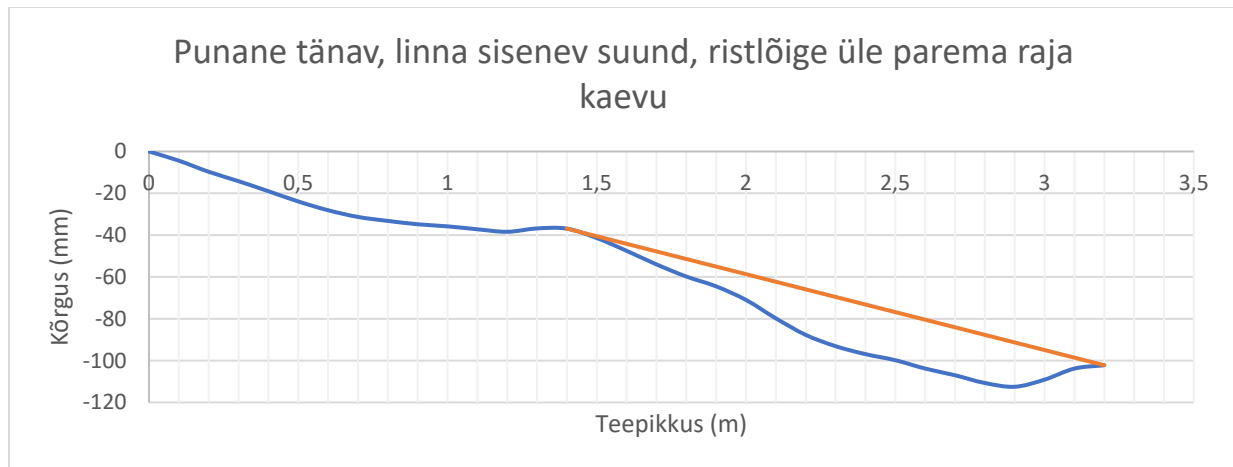


Punase tänava kaevukonstruksioonid Punane tänav 68 ees.

Suund: Linna sisse

parem rada – kaevu ümbrus on remonditud





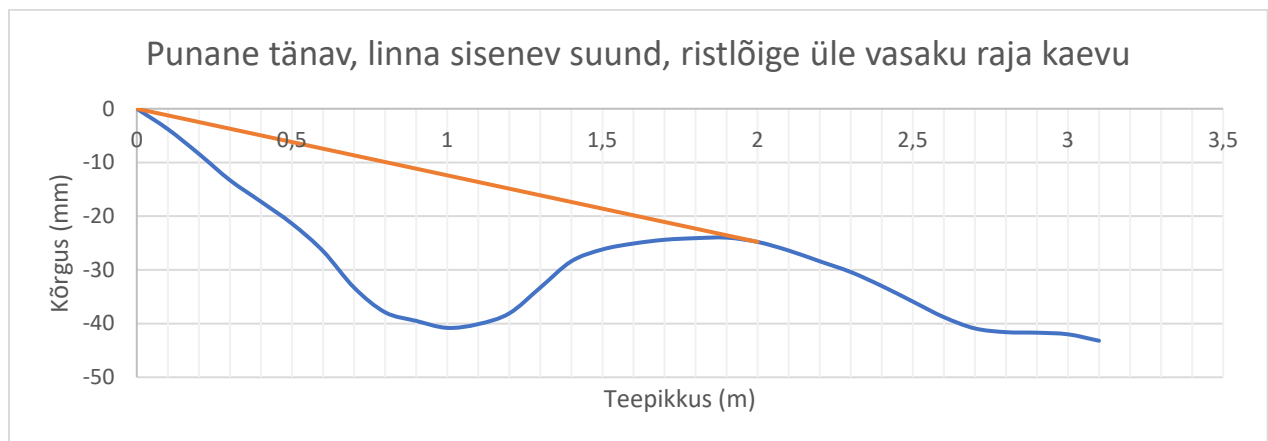
Restkaevu kaane sügavus risti teed kuni 23.7 mm. Kahe rattajälje vahel oli selge kühm mis avaldub eelmisel graafikul vahemikus 1.2 kuni 1.7 meetrit.



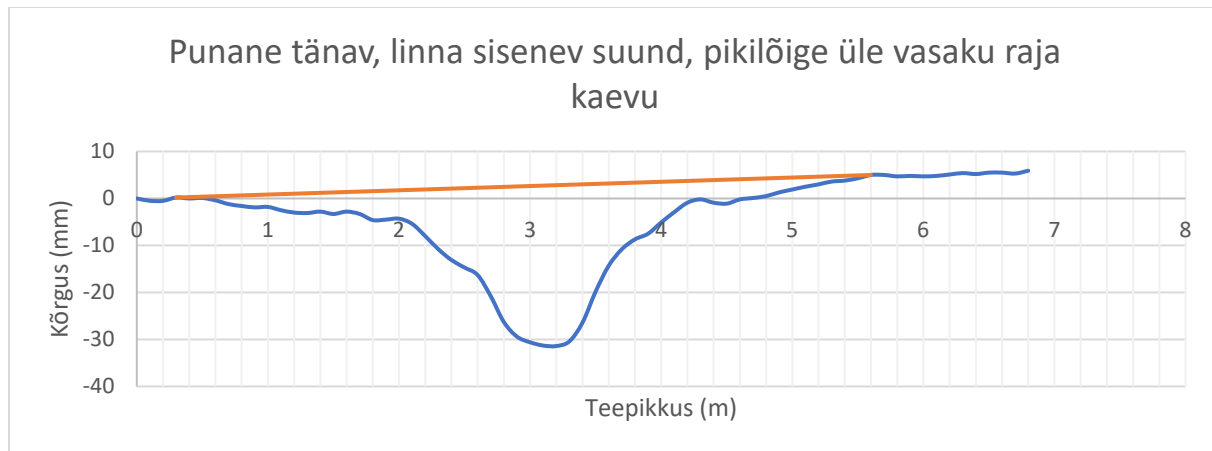
Restkaevu kaane sügavus kuni 30.7* mm (tulemus võib olla mõjutatud restkaevu restidest)

Ilmselt annab suure osa deformatsioonist ka lapitud osa kausjas kuju. Remonditud lapi algus peaks eelmisel graafikul paiknema vahemikus 1.8 kuni 5.2 meetrit.

Vasak rada – kaevu ümbrus remonditud



Kaevu kaane sügavus kuni 28.4 mm.



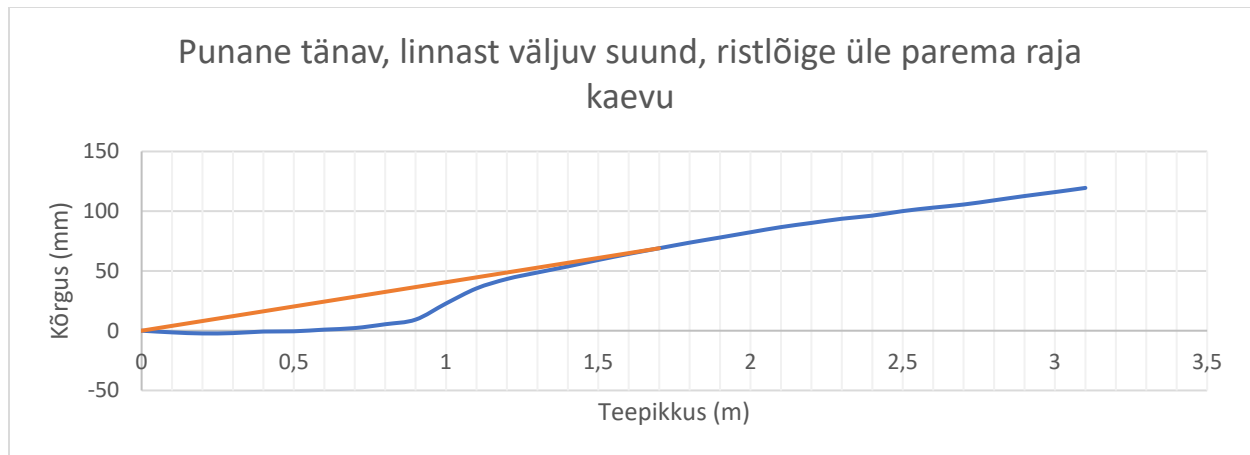
Kaevu kaane sügavus kuni 34.2 mm.

Ilmselt annab suure osa deformatsioonist ka lapitud osa kausjas kuju. Remonditud lapi algus peaks eelmisel graafikul paiknema vahemikus 0.4 kuni 5.6 meetrit.

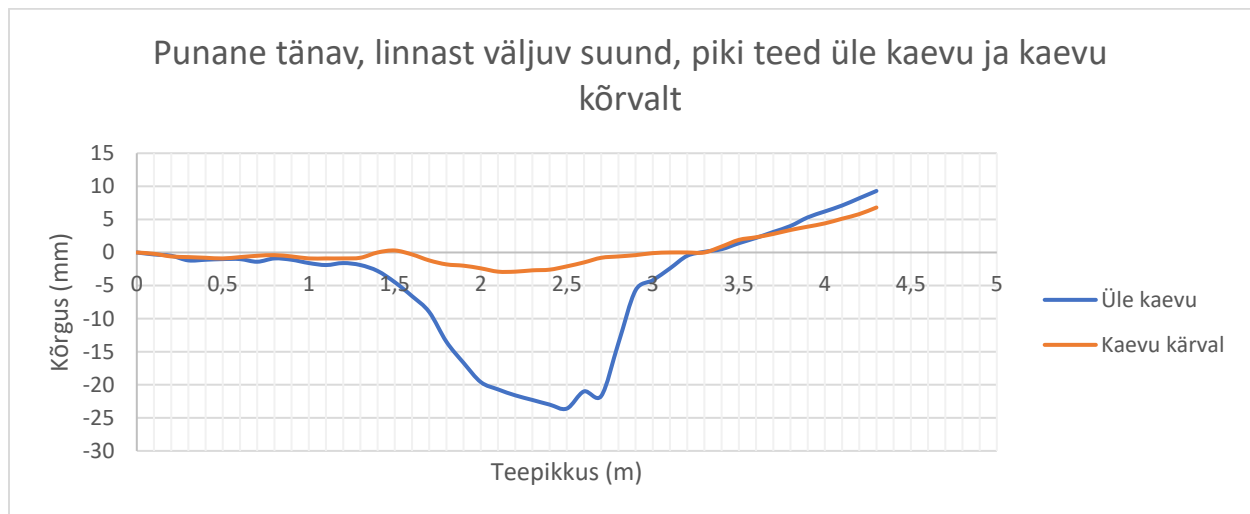
Suund: Linnast välja

Välimine rada – kaevu ümbrus tugevalt lagunenenud





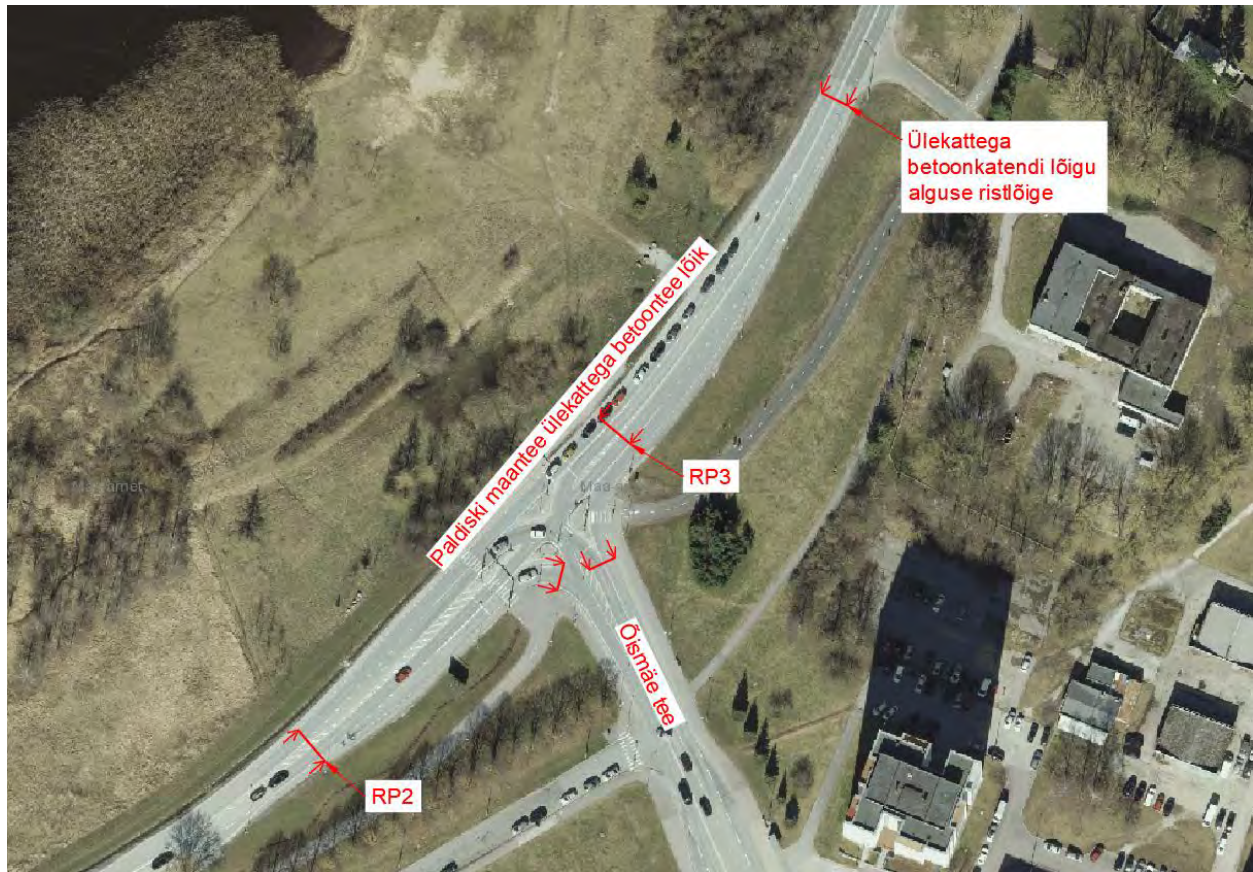
Kaevu kaane sügavus kuni 27.2 mm. Tähelepanuväärne on asjaolu, et sisemine sõidujalg ei joonistu välja eriti selgelt.



Kaevu keskmine sügavus katte pinnast 21.5 mm. Oluline on siinkohal märkida, et kaevu kõrguse suurim kõrvalekalle on sõidutee tsentri pool, kuid piki teed kaevu ületades valiti trajektoor millega ületati kaev keskelt.

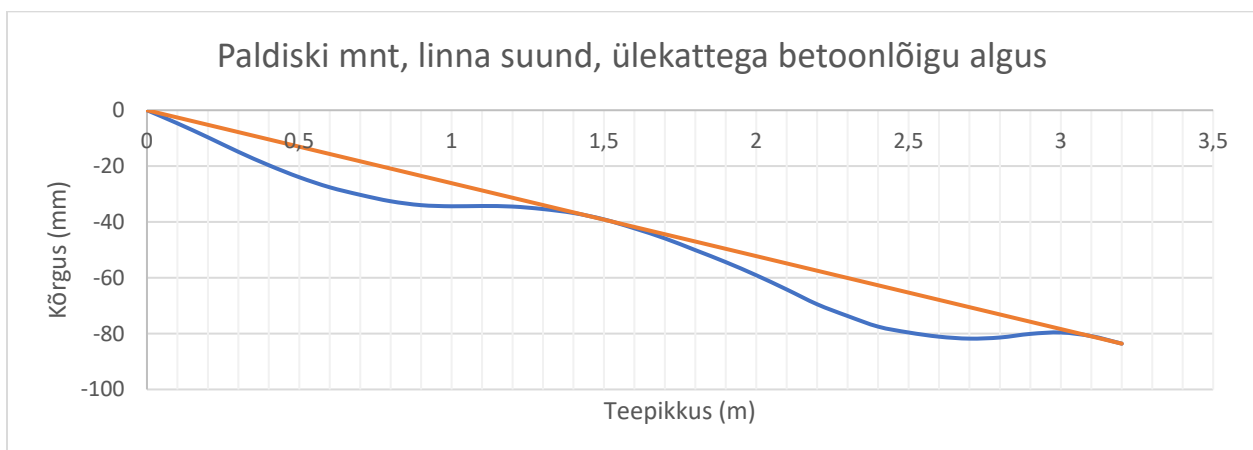
LISA 3. Paldiski maantee betoonkatendi katselõik

Asfaltbetoonist ülekattega betoonkatte lõik

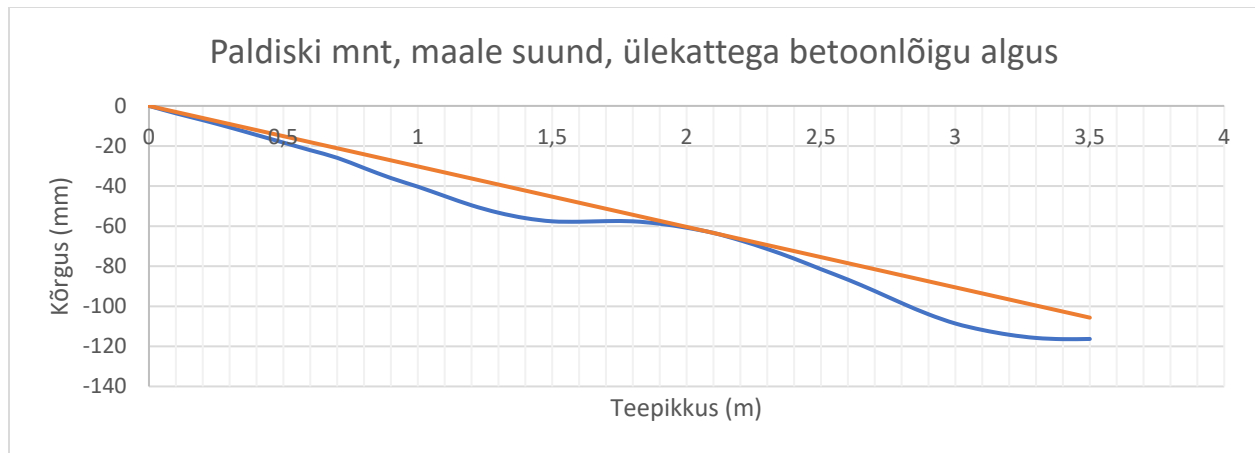


Paldiski maanteel ja Õismäe teel sooritatud mõõtmiste asukohad ülekattega betoonkatendi lõigul.

Betoonist ülekattega lõigu alguse ristlõige

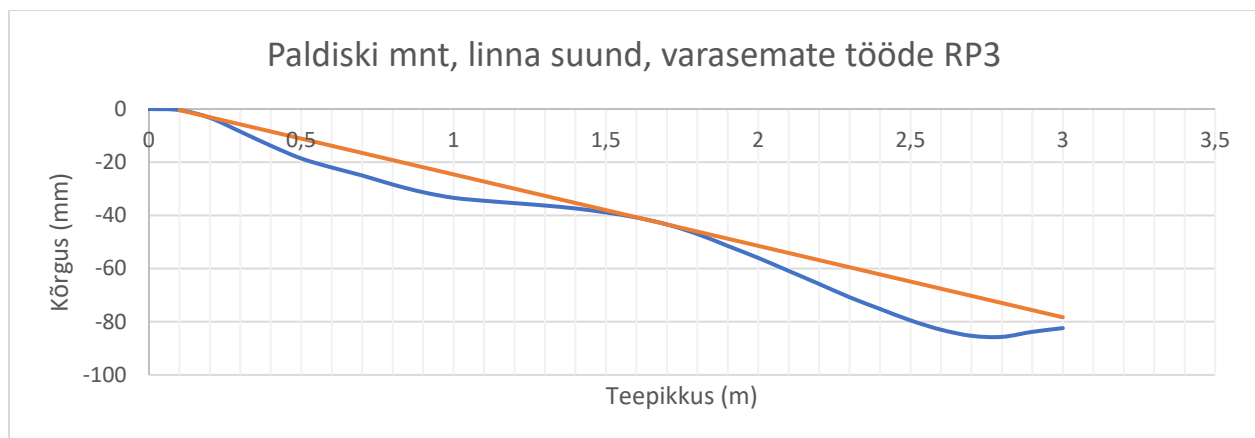


Parem jälg 12 mm, vasak 14,8 mm, jälgede vahe 1,7 m.

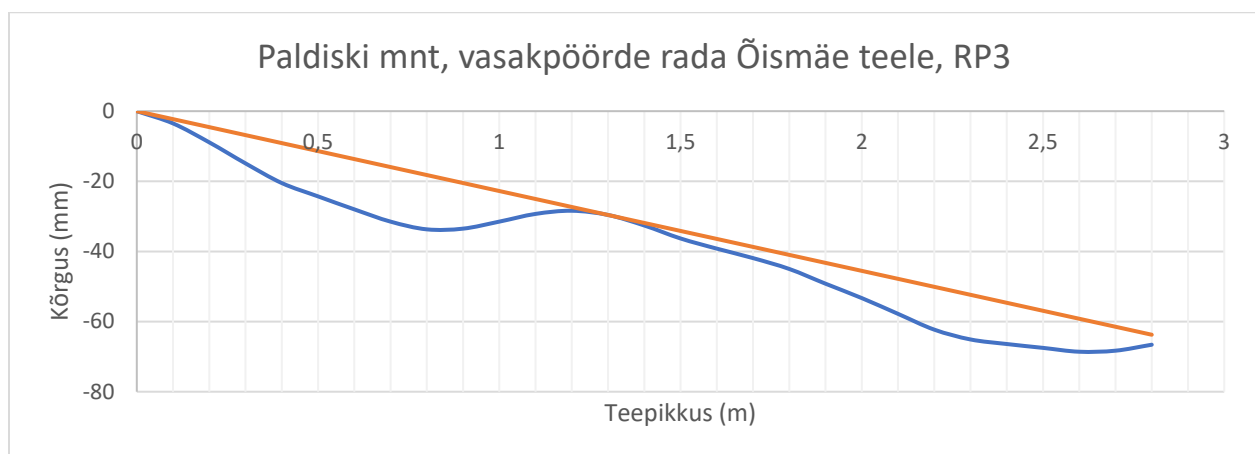


Vasak jälg 14,1 mm, parem jälg 18,2 mm, jälgede vahe 1,8 m.

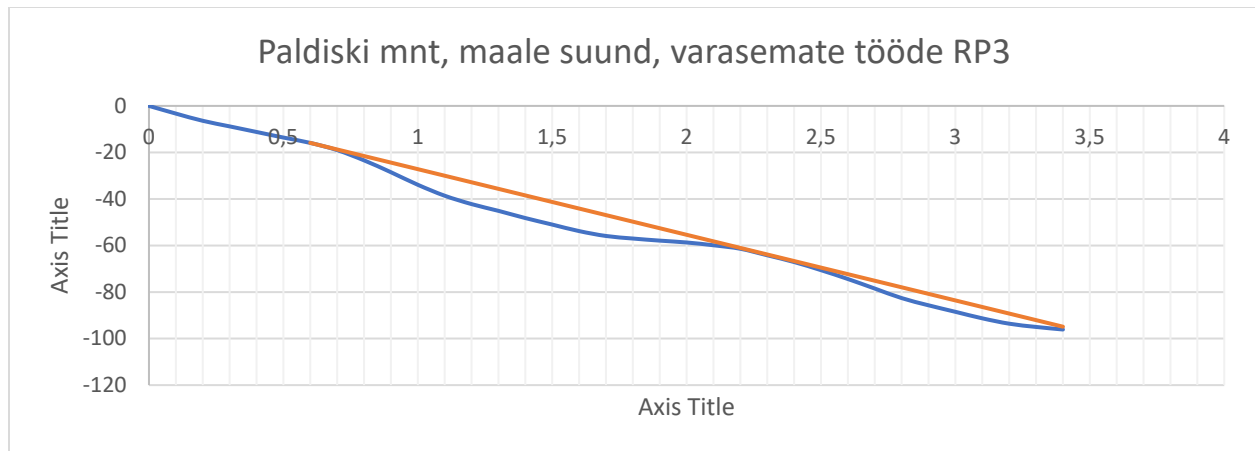
Varasemate tööde ristlõige 3 Õismäe tee ristmiku eel



Parem jälg 9,4 mm, vasak jälg 15,4 mm, jälgede vahe 1,7 m.

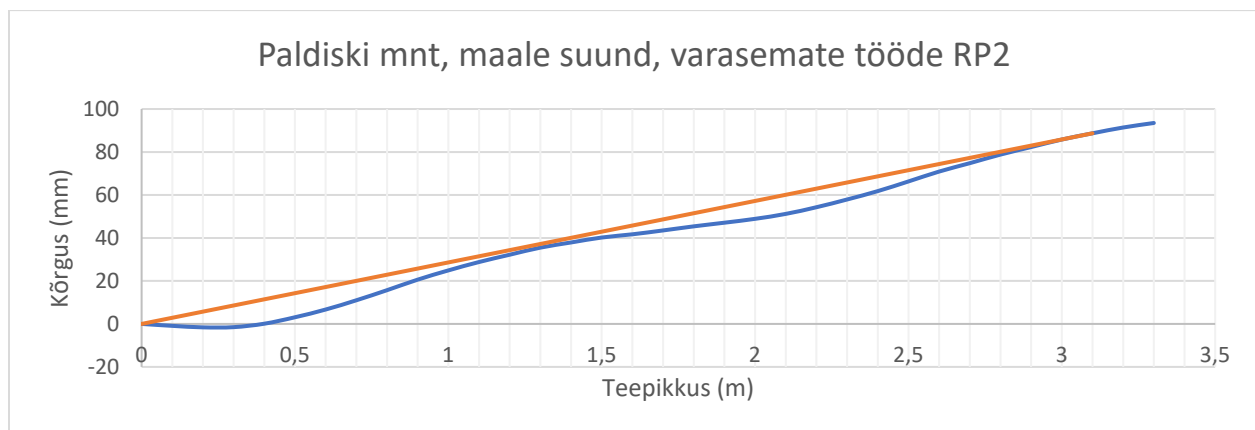


Vasak jälg 15,6 mm, parem jälg 12,7 mm, jälgede vahe 1,6 m.

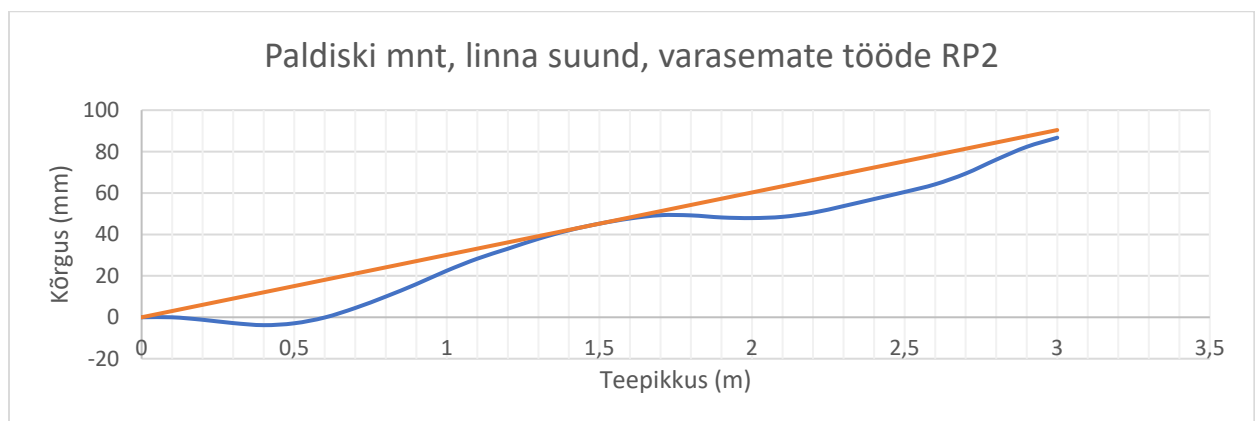


Vasak jälg 9,7 mm, parem jälg 4,9 mm, jälgede vahe 1,5 m.

Varasemate tööde ristprofiil 2 ülekattega lõigu lõpus

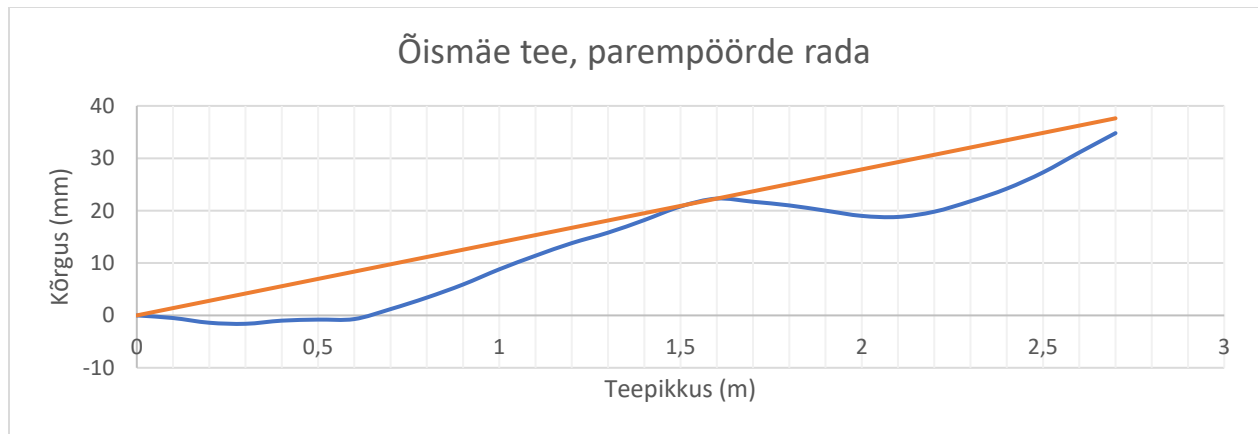


Parem jälg 11,3 mm, vasak jälg 8,9 mm, jälgede vahe 1,7 m.

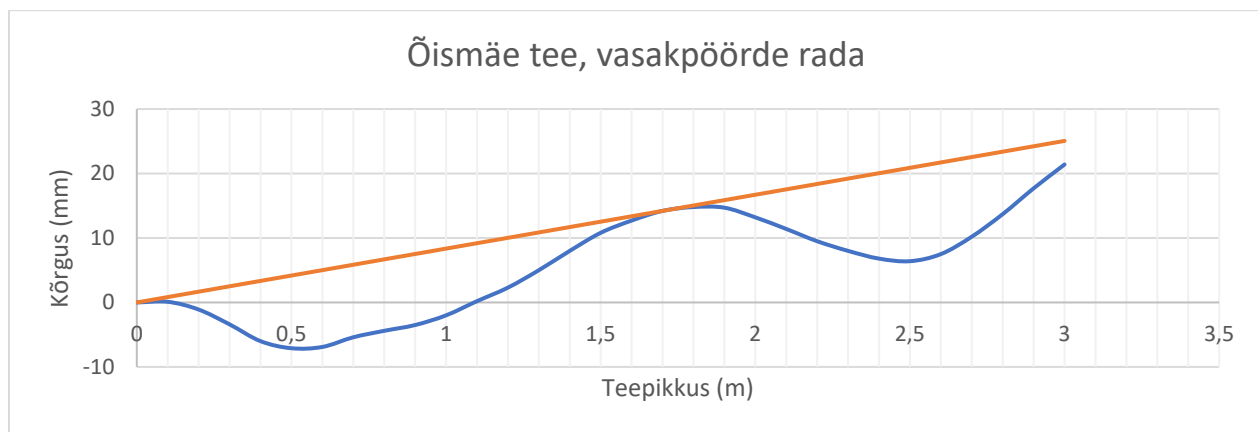


Vasak jälg 18,2 mm, parem jälg 15,8 mm, jälgede vahe 1,6 m.

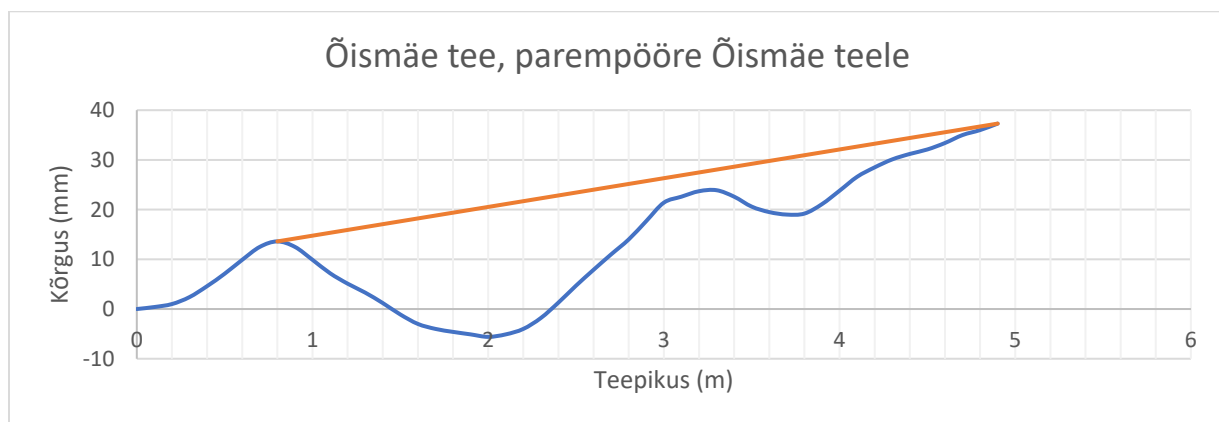
Õismäe tee ristlõiked ristmikualas



Parem jälg 9,1 mm, vasak jälg 10,9 mm, jälgede vahe 1,6 m.

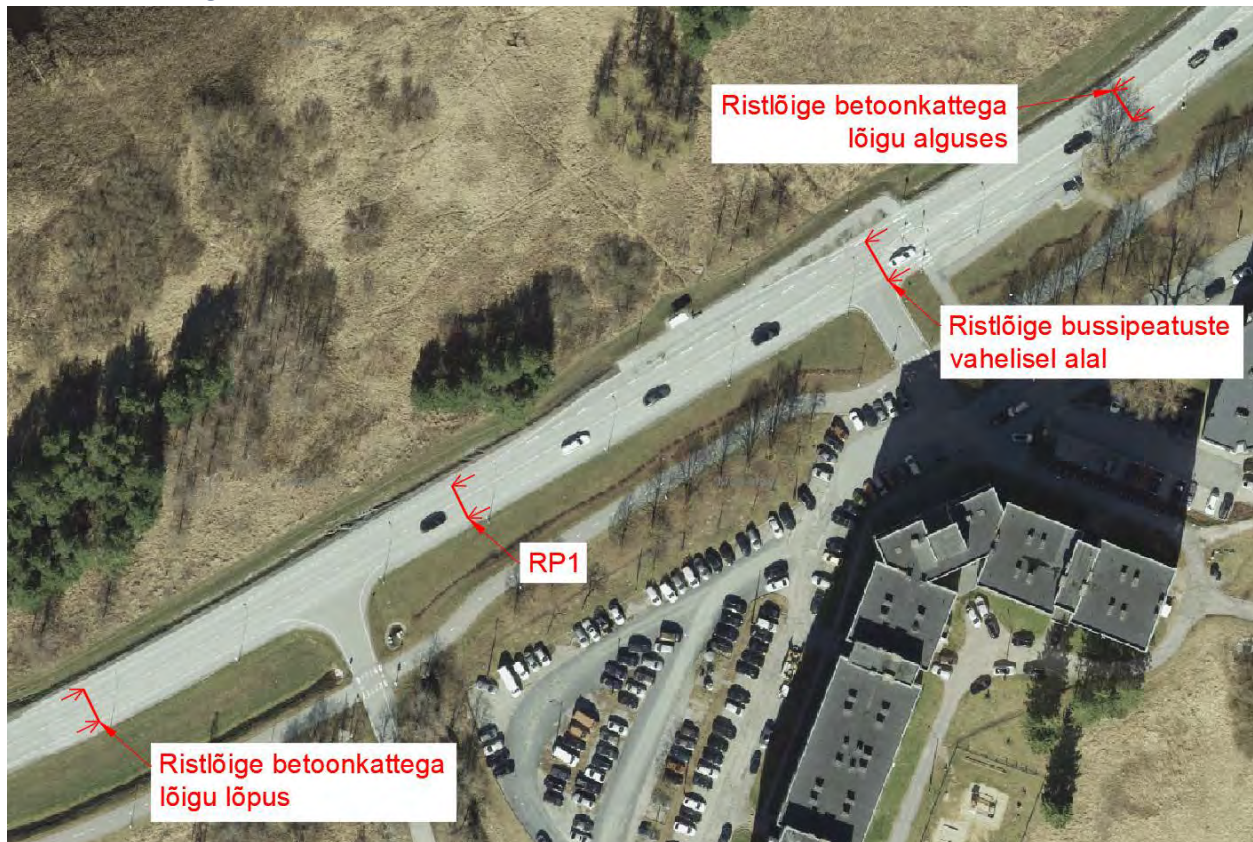


Parem jälg 11,9 mm, vasak jälg 14,5 mm, jälgede vahe 1,9 m.



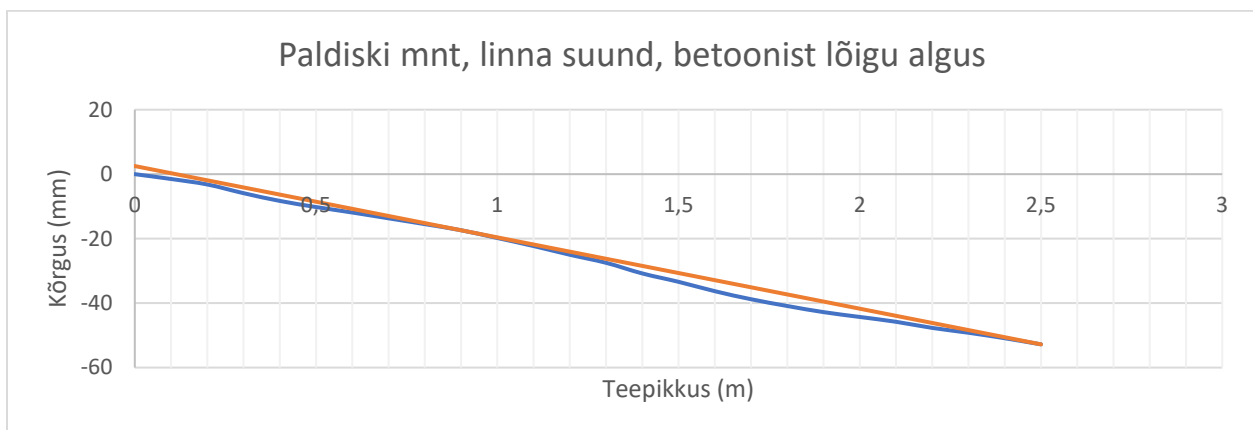
Vasak jälg 26,2 mm, parem jälg 11,7 mm, jälgede vahe 1,7 m.

Betoonist kattega lõik

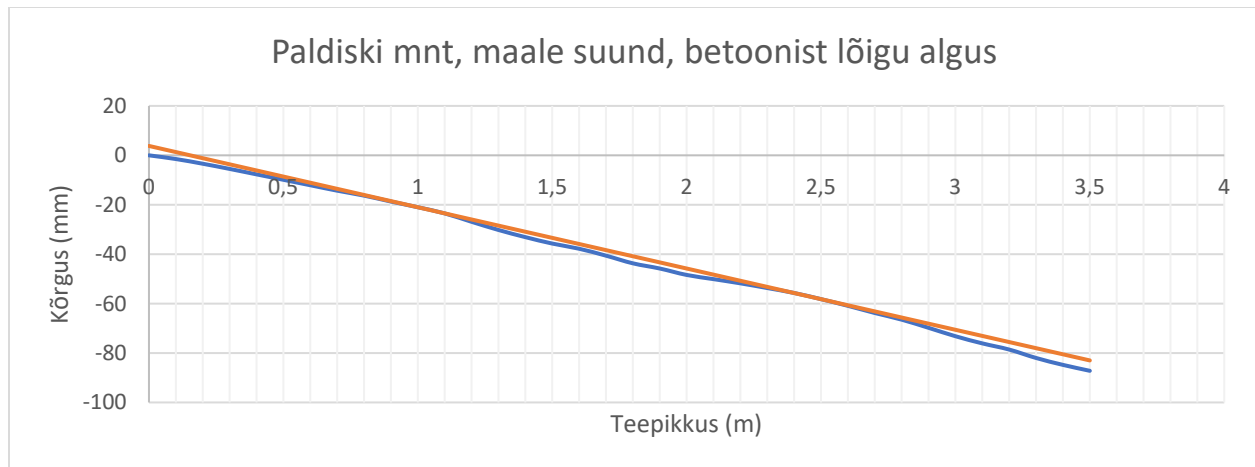


Paldiski maantee betoonkattega lõigul sooritatud mõõtmiste asukohad

Betoonist kattega lõigu alguse ristlõige bussipeatuse juures

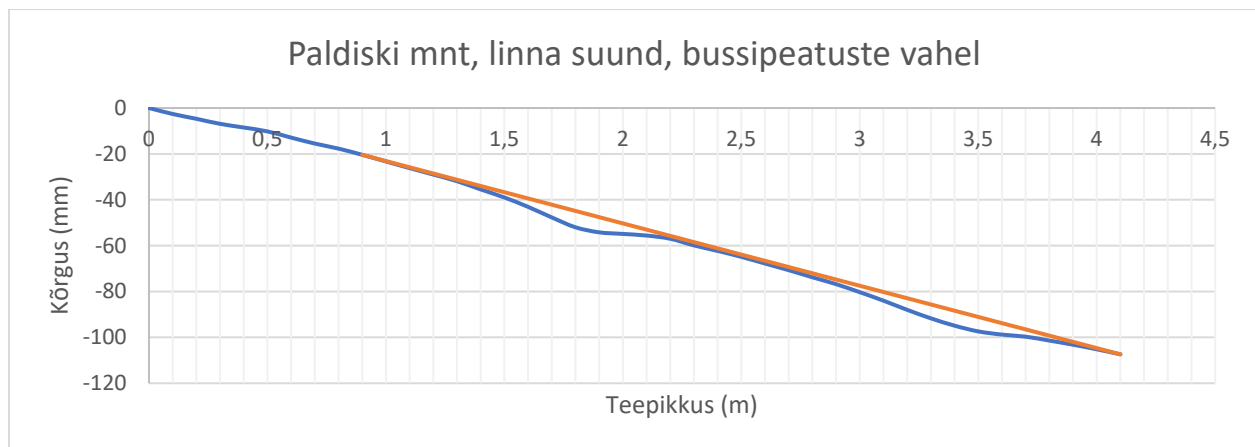


Parem jälg 2,5 mm, vasak jälg 3,7 mm, jälgede vahe 1,7 m.

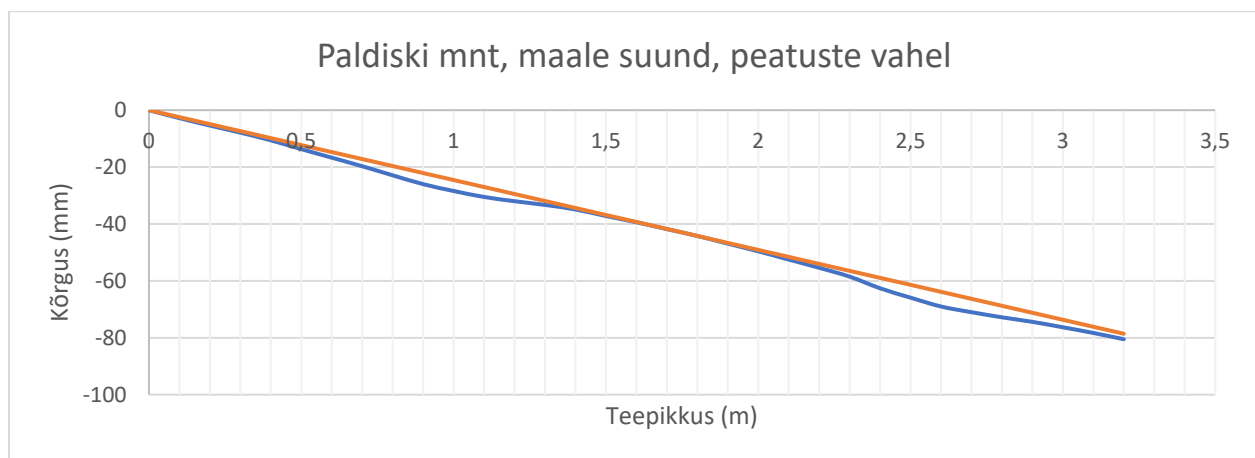


Vasak jälg 2,9 mm, parem jälg 4,3 mm, jälgede vahe 1,6 m.

Ristlõige kahe bussipeatuse vahel

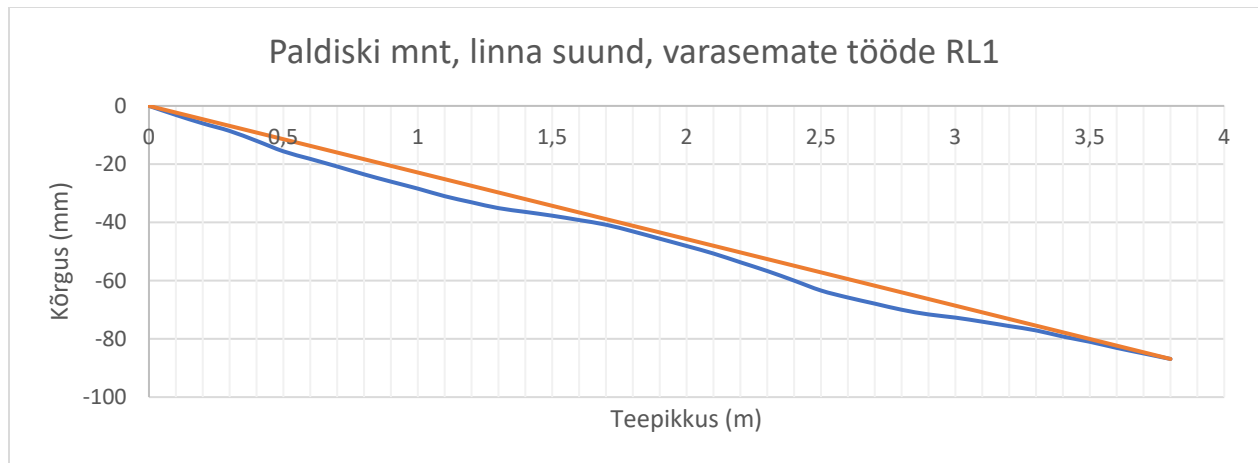


Parem jälg 7,1 mm, vasak jälg 6,5 mm, jälgede vahe 1,6 m.

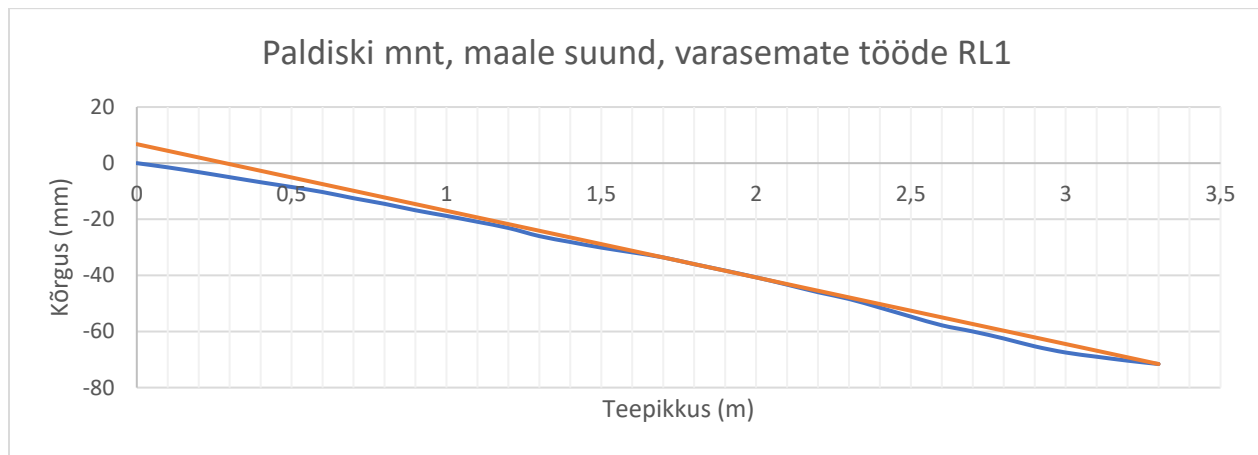


Vasak jälg 3,9 mm, parem jälg 5,2 mm, jälgede vahe 1,7 m.

Varasemate tööde ristlõige 1 betoonist kattega alas

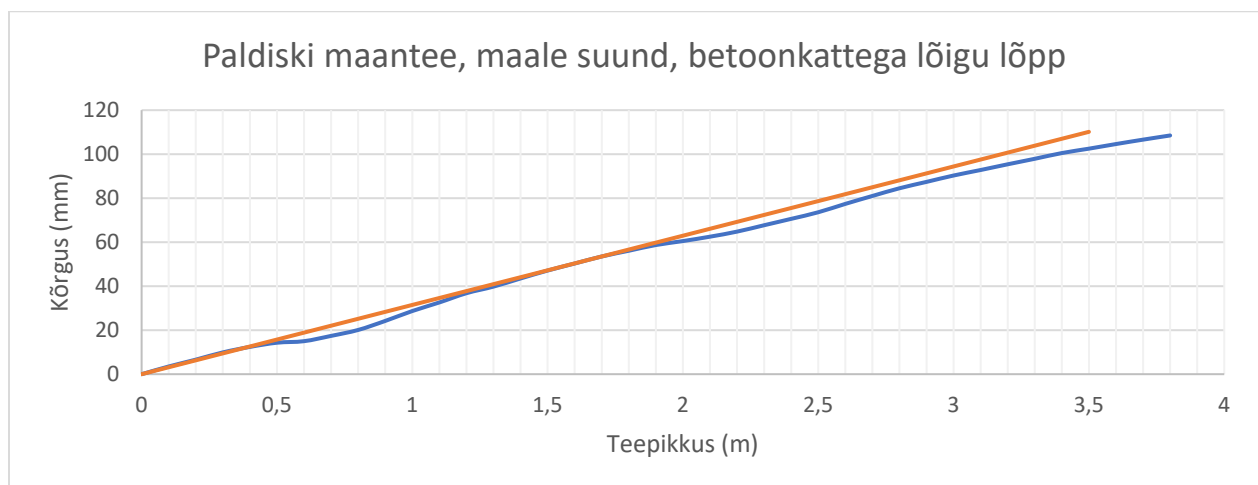


Parem jälg 5,8 mm, vasak jälg 6,3 mm, jälgede vahe 1,5 m.

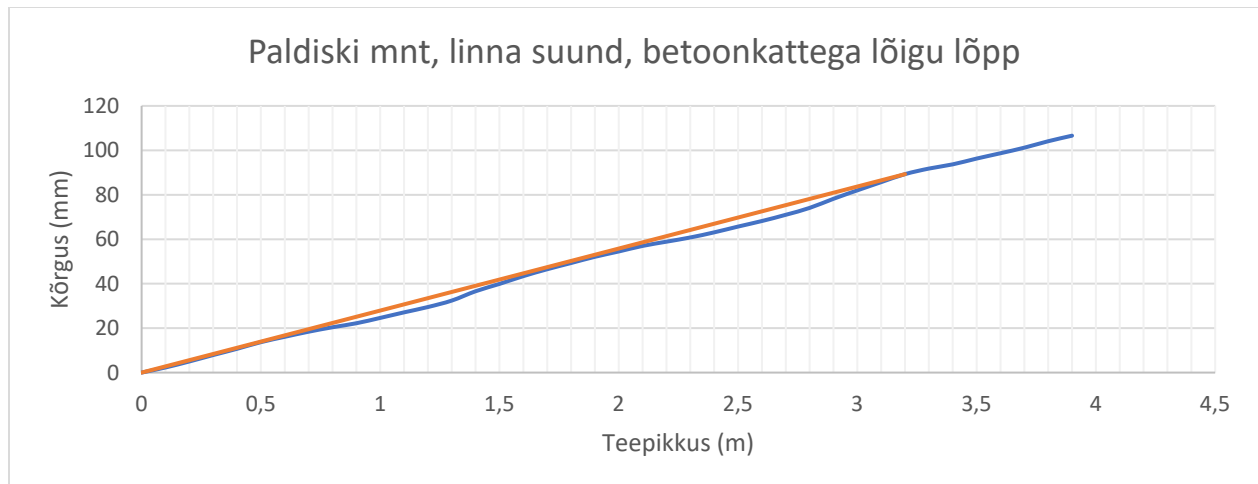


Vasak jälg 1,6 mm, parem jälg 4,3 mm, jälgede vahe 1,6 m.

Ristlõige betoonakttega lõigu lõpus



Parem jälg 5,1 mm, vasak jälg 4,9, jälgede vahe 1,6 m.

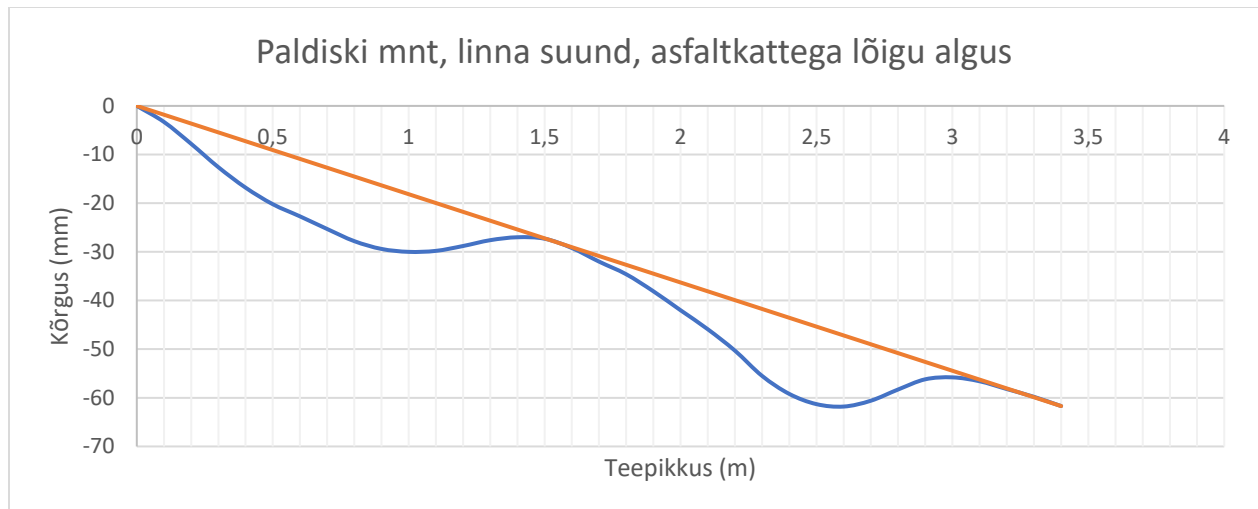


Vasak jälg 4 mm, parem jälg 4,4 mm, jälgede vahe 1,4 m.

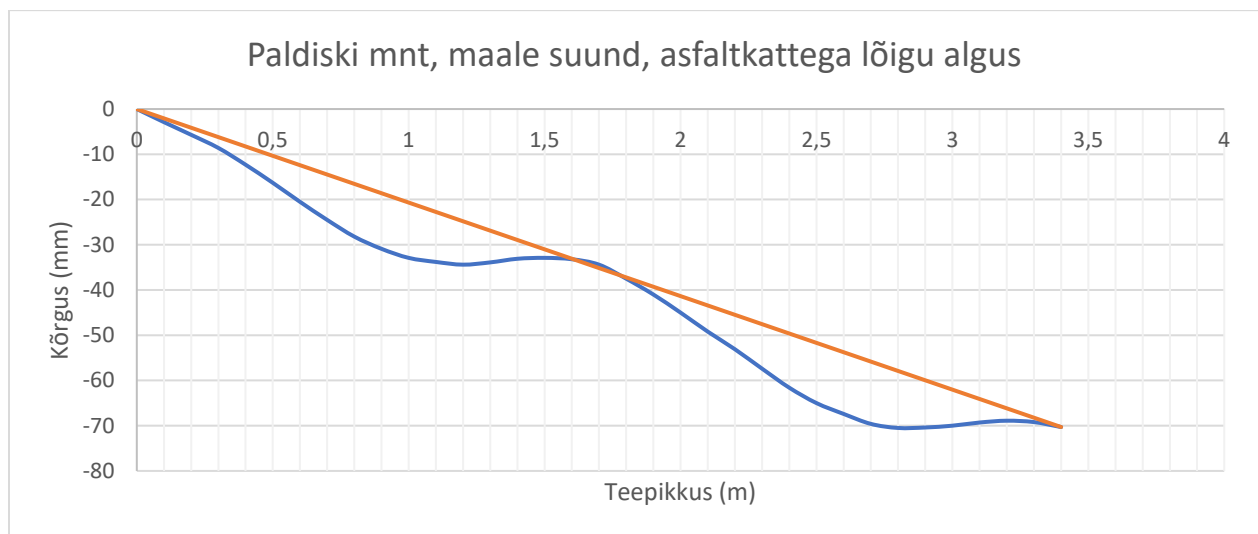
Asfaltkattega lõik peale betoonist katselõiku



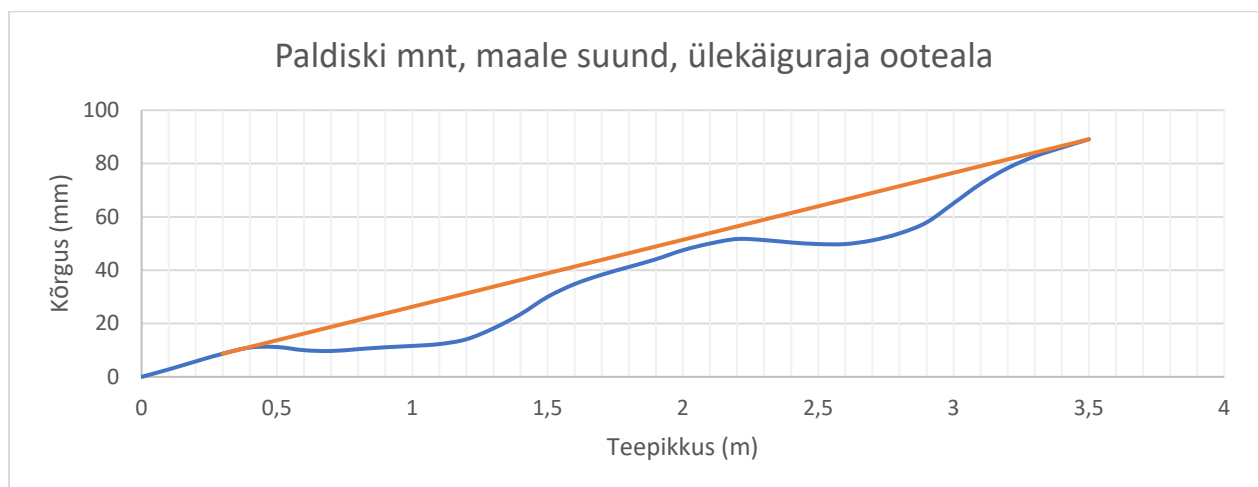
Paldiski maantee asfaltbetoonist kattega osal sooritatud mõõtmiste asukohad



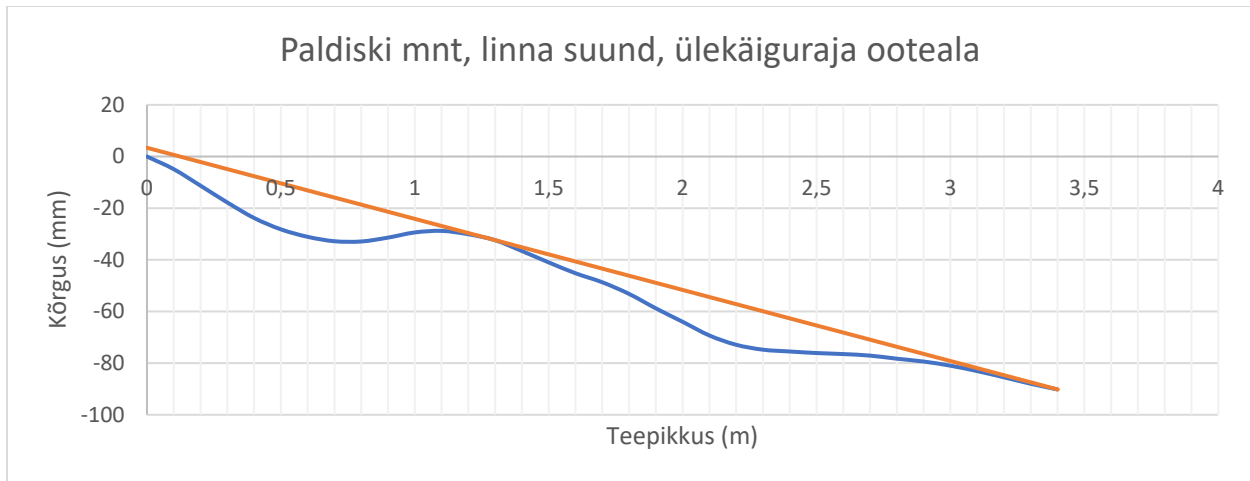
Parem jälg 13,3 mm, vasak jälg 15,9 mm, jälgede vahe 1,7 m.



Vasak jälg 12,3 mm, parem jälg 13,7 mm, jälgede vahe 1,8 m.



Parem jälg 17,2 mm, vasak jälg 17,8 mm, jälgede vahe 1,5 m.



Vasak jälg 17,9 mm, parem jälg 15,7 mm, jälgede vahe 1,6 m.