



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Ehituse ja arhitektuuri instituut

**KERGLIIKLUSTEE TALIHOOLDUSE NÕUDED JA KONSTRUEERITUD
MÕÕTESEADE SEISUNDI HINDAMISEKS**

**WINTER MAINTENANCE REQUIREMENTS OF PEDESTRIAN ROADS AND
DESIGNED MEASURING INSTRUMENT**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Marken Murdla

Üliõpilaskood: 204023EAXM

Juhendaja: Ain Kendra

Tallinn 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

"....." 2022

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Marken Murdla (sünnikuupäev: 10.06.1996)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose KERGLIIKLUSTEE TALIHOOLDUSE NÕUDED JA KONSTRUEERITUD MÕÖTESEADE SEISUNDI HINDAMISEKS

mille juhendaja on

Ain Kendra,

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

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

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

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

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

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Ehituse ja Arhitektuuri Instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Marken Murdla 204023EAXM
Õppekava, peeriala: EAXM15/18 - Hooned ja rajatised, teedehitus
Juhendaja: Ain Kendra

Lõputöö teema:

KERGLIIKLUSTEE TALIHOOLDUSE NÕUDED JA KONSTRUEERITUD MÕÖTESEADE SEISUNDI HINDAMISEKS

WINTER MAINTENANCE REQUIREMENTS OF PEDESTRIAN ROADS AND DESIGNED MEASURING INSTRUMENT

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kergliiklustee seisundinõuete ülevaade meil ja mujal
2. Haardetegur ja takistus kui piirid puudega teekasutaja jaoks
3. Seadme konstrueerimine ja prototüübi katsetamine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa kirjutamine, andmete kogumine	01.04.2022
2.	95% valmis, lõputöö kaitsmistootluse esitamine	10.05.2022
3.	Töö valmis, ettevalmistused kaitsmiseks, töö esitamine retsenseerimiseks	23.05.2022
4.	Lõppkaitsmine	1.06.2022

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 24.05.2022

Üliõpilane: Marken Murdla 31.05.2022
/allkiri/

Juhendaja: Ain Kendra 31.05.2022
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA.....	7
SISSEJUHATUS.....	8
1. KERGLIIKLUSTEE	10
2. PROJEKTEERIMISE NÕUDED	13
2.1 Miks on vaja norme?	13
2.2 EPL - EHITATUD KESKKONNA LIGIPÄÄSETAVUS NÄGEMISPUUDEGA INIMESTELE	13
2.3 Ristmikud, ristumised ja ülekäigurada.....	15
2.4 „Tee projekteerimise normid“ 5.08.2015. a määrus nr 106.	16
2.5 Linnatänavad standard EVS 843:2016	17
2.6 Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele	19
2.7 Tähelepanekud.....	20
3. KERGLIIKLUSTEEDE TALIHOOLDUS SEISUNDID	23
3.1 Talihooldenõuded kergliiklusteel Eestis	23
3.2 Talihooldde seisundinõuded naaberriikides	25
4. LIIKLEMINE KERGLIIKLUSTEEDEL TALVEL.....	27
4.1 Kergliiklustee gabariidid.....	27
4.2 Ülekäigud ja ristumised.....	27
4.3 Takistus	28
4.4 Haardetegur	28
4.5 Haardeteguri mõõtmiseadad.....	29
5. PROTOTÜÜP RATASTOOLI BAASIL.....	34
5.1 Prototüübi alused	34
5.2 Prototüübi olemus.....	35
5.3 Miks sai loodud prototüüp?	37
5.4 Mida saab veel prototüübiga hinnata?.....	39
5.5 Prototüübi arenduse eesmärgid.....	40
5.6 Eeldatav maksumus ja nõudlus	40
6. PROTOTÜÜBI KATSED.....	42
6.1 Varajasemad katsed (Norra)	42
6.2 Prototüübi katsed	43
6.3 Lähtepositsioon nõuete fikseerimiseks	47
7. INTERVJUUD.....	50
7.1 Starship VP of Engineering.....	50

8. ARENDUSSUUNAD.....	52
KOKKUVÕTE.....	54
SUMMARY	55
KASUTATUD ALLIKAD	56

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on anda ülevaade kergliiklusteede kasutusomadustest ja konstrueerida katseseade mille abil oleks võimalik anda hinnang kergliiklusala teelõigu kasutuskõlblikkusele puudega liikleja vaatenurgast.

Katseseade RAFT (Resistance And Friction Tester) on koostatud T-Konsult OÜ finantseerimisel ja seadme õigused kuuluvad T-Konsult OÜ-le.

Tänud suurema töö tegijatele – Riho Eichfuss ja Jussi Kendra (T-Konsult OÜ), Joosep Vahar (Kehar OÜ), Kalev Tikk (Airventures OÜ), Villu Urban (Tallinna Puuetega Inimeste Koda).

SISSEJUHATUS

Tänapäeva ühiskonnas on kergliiklejate osakaal kasvutrendis, arvestades ühiskonnas tekkinud rohelist mõtteviisi. See on viinud selleni, et inimesed on hakanud kasutama liiklemiseks aina rohkem kergliiklusteid nii jalgsi kui ka erinevate liikumisvahenditega - jalgrattad, rulluisud, elektrilised tõukerattad, lapsevankrid, liikumispuudega inimesed jne. Tänu kergliiklejate osakaalu kasvule on tekkinud vajadus kvaliteetsematele kergliiklusteedele, mille kasutuskõlblikkus tuleb tagada aastaringelt.

Talveperioodil võib mõningate liiklejakategooriate liikumismugavus kergliiklusteedel olla küsitav, näiteks liikumispuudega inimesed, kelle liikumisvahendiks on rulaator või ratastool. Selline liikleja vajab liikumiseks füüsilist jõudu, talveperioodil mõningal teelõigul ei pruugi liikumispuudega liiklejal olla piisavalt jõudu takistuste ületamiseks, libeduse tõttu ei pruugi ka kasutatav jõud olla rakendatav, seega muutub antud teelõik puudega liikleja vaatenurgast kasutuskõlbmatuks.

Käesoleva magistritöö eesmärkideks on:

- anda ülevaade kergliiklusteede projekteerimismõistetest keskendudes liikumispuudega inimestele;
- anda ülevaade kergliiklusteede hooldeseisundi nõuetest nii Eestis kui ka teistes lähiriikides;
- tutvustada ratastooli baasil konstrueeritud mehhaanilist katseseadet;
- hinnata puudega liikleja võimete piiri ja sätestada nõuded funktsionaalse seosena haardeteguri ja vajaliku jõu vahel;
- anda ülevaade ratastooli baasil konstrueeritud mehhanilise katseseadme eeldatavatest arengusuundadest.

Töö sisaldab pildimaterjali, graafikut ja tabeleid. Eesmärgiga anda konkreetsem ning parem ülevaade tehtud tööst. Lisaks on läbi viidud intervjuu, mis annab subjektiivse ülevaate kergliiklusteede oludest talveperioodil.

1.KERGLIIKLUSTEE

Kergliiklustee (KLT) mõiste on pärit 1960ndatest. Eestisse jõudis kergliiklustee mõistena 2010 ndatel Soomest. Eestis on kergliiklustee mõiste tänaseni kasutuses ja nende rajamine jätkuvalt päevakorras. Kergliiklustee on mõistena kasutuses aktiivselt õigusaktides, standardites, juhendites ja muudes võimalikes tekstides ja dokumentides. Küll ei ole kergliiklustee mõiste selgelt defineeritud ametlikult seaduses. Mõiste kui kergliiklustee on pigem kõnekeelne väljend.

Liiklusseadusest tulenevalt on selgelt ära defineeritud mõiste „Jalg- ja jalgrattatee“. See on määratletud kui jalgratta, tasakaaluliikuri ja jalakäija liiklemiseks ettenähtud eraldi tee või teeosa, mis on vastavate liiklusmärkidega tähistatud. Jalg- ja jalgrattatee mõistest võib aru saada nii, et selles on ühendatud kaks eraldi mõistet: jalgtee ja jalgrattatee. Neist kahest võiks omakorda aru saada nii, et esimene neist on mõeldud eranditult jalgsi liikumiseks ja teine samal moel ette nähtud jalgratturitele liikumiseks. Siiski on erinevates kasutatavates õigusaktides needki mõisted defineeritud erinevalt [1].

Küll kõige sagedamini kuuleme kergliiklustee mõistet kontekstis kus kõneldakse olukorrast, kus saavad kokku jalgrattaliiklus ja jalakäija liiklus. Tee, millel liiguvad jalakäijad, jalgratturid, rulluisutajad, tasakaaluliikurid ja millel ei liikle mootorsõidukid. Seega kergliiklusteed võib defineerida, kui äärekiviga või muul viisil sõiduteest eraldatud teeosa, või eraldiseisev tee, mis on tähistatud asjakohaste liikluskorraldusvahenditega ning mis on mõeldud jalakäijate, jalgratturite ning tasakaaluliikuril, pisimopeedil ja ratsa liiklejate ühiseks kasutamiseks [1].

Soomes on viimastel aastatel kergliiklusteede rajamine lõpetatud ja sellest ajast alates on projekteerijad hakanud rääkima mõistetest „Jalg-

ja jalgrattatee" eraldi ehk jalgteed ja jalgrattateed. Soomes on projekteerimisjuhend sisenenud uuendusringile. Otsustatud on, et jalakäijate ja jalgrattaga liiklemiseks koostatakse esmakordselt eraldi projekteerimisjuhend. Erilist rõhku on pandud uue liikluseaduse koostamisel rohkem jalgrattaliiklusele, seega esimesena on alustatud tööd jalgrattaliikluse projekteerimisjuhendi uuendamist, enam ei räägita kergliiklusteedest. „Kergliiklustee" ja "Jalg- ja jalgrattatee" mõisted on ammendunud, sest vastavad transpordiliigid on üksteisest väga erinevad. Helsingis on toodud välja 3 peamist põhjust, miks on kergliiklusteede planeerimine katkestatud:

1. Kergliiklusteed põhjustavad ohtlike konflikte kahe prioriteetse rühma vahel:

Eesmärk on täielikult loobuda kergliiklusteede planeerimisest, mis ühendab jalgsi ja jalgrattaga sõitmist. Miks? Tihedas linnastruktuuris põhjustab jalgsi ja jalgrattaga sõitmine samadel aladel tarbetuid konflikte, mis seab ohtu turvalisusele. Jalgrattasõit ja kõndimine on erinevad transpordiliigid. Erinevate transpordiliikide vahel tuleb arvestada ohutusega.

2. Jalgrattasõit on transpordiliik, mille iseärasusi tuleb arvestada:

Jalgrattaliikluse tunnusteks on rattaga sõitmiseks vajalik ruumivajadus, sõitmiseks vajalikud kõverusraadiused ja nähtavus, sest kiirus on rattaga liiklemisel suurem kui jalutamisel.

3. Jalgteed, eraldiseisev teeosa rahulikuks kõndimiseks:

Kõnnitee eesmärk, et jalakäija tunneb kõnniteel viibides turvalisena ja rahulikuna. Põhjuseks kuna ühel teel 50 km/h sõitev mopeedijuht, 30 km/h sõitev jalgrattur ja palju aeglasemalt kõndiv inimene vajavad kõik väga erinevaid tingimusi liiklemiseks peamiselt turvalisuse tõttu.

Kõige kriitilisemad liiklejad kergliiklusteedel on ratastoolil, rulaatoriga või lapsevankriga liiklevad inimesed. Liikumispuudega või lapsevankriga

liiklejad kergliiklusteel on tihti piiratud jõuga ja samas suure erisurvega ratastel. Iga takistus teel muudab piiratud jõuga liiklejal liikumise väga keeruliseks - eriti kergliiklusteedel, kus liiguvad erinevatel kiirustel samal ajal korraga jalakäijad, jalgratturid, rulluisutajad ja tasakaaluliikurid, vähendades liiklejate turvalisust. Tänapäeva põhimõtte või suund liikluses peab olema liiklejate turvalisuse ning mugavuse tõstmine.

Kaivo Jürgenson uuris oma lõputöös aastal 2019 puuetega inimeste olukorda Tallinna linna liikluses. Tõdes, et Tallinna linna põhjal saab väita, et tänasel päeval on puudega ja vanematel inimestel iseseisvalt tänaval liiklemine ning ühistranspordi kasutamine raskelt häiritud ja kohati võimatuks muudetud, kui ei ole arvestatud nõrgemate inimestega. 2018. aastal hakkas kehtima uus ehitusseadustik ja määrus, mis haldab võrreldes eelmise määrusega laiemat sihtgruppi, kuid samas ei taga juhend eesmärki. Tallinnas on lahendused puudulikud või katkendlikud, iga takistus, mis jääb teele ette võib tema teekonna lõpetada ning ta on selle tõttu sunnitud alguspunkti tagasi pöörduma [2].

2.PROJEKTEERIMISE NÕUDED

2.1 Miks on vaja norme?

Tänapäeva maailmas on oluline kaasaegne ning arenev transpordisüsteem, mille kõik elemendid on omavahel seotud ja üksteisest otseselt sõltuvad. Tee projekteerimine määrab suuresti transpordisüsteemide ühendused igal pool – asulates ja väljaspool asulaid. Elu tänapäeva maailmas ei kujuta ette ilma areneva ja toimiva transpordisüsteemita, mis tagab kõikide liiklejate turvalisuse ja mugavuse.

Oluline on tagada kõikide liiklejate turvaline ja mugav liiklemine kergliiklusteel. Eri liiklejatele loodav keskkond peab olema selline, mis kutsuks inimesi liiklema ja veetma vaba aega turvaliselt, mugavalt [3].

Kergliiklusteel peab olema ruumi. Jalgrattal ja muudel suuremat kiirust arendada võimaldavatel liiklusvahenditel liikuvad inimesed peavad saama arendada kiirust, seejuures samal teel liikuvaid jalakäijaid ja muid aeglasemalt liikuvaid inimesi ohustamata [1].

Kergliiklusteel mugava ja turvalise keskkonna loomise liiklejatele üks alustaladest on projekteerimisnormid ja määrused. Projekteerimisnormid ja määrused peavad olema kõigile ühtselt arusaadav ning loogilised. Oluline on normides oleks esindatud ja arvestatud kõikide liiklejate vajadused ja huvid, et iga liikleja tunneb liigeldes, et temaga on arvestatud, tal on mugav ja ohutu liigelda [1].

2.2 EPL - EHITATUD KESKKONNA LIGIPÄÄSETAVUS NÄGEMISPUUDEGA INIMESTELE

Eesti Pimedate Liidu poolt on koostatud juhend, milles jagatakse ligipääsetavuse nõuded kolme tasemesse. Tabel 1:

Tabel 1. Ligipääsetavuse nõuded [4]

Tase	Rakendusjuhis
Kõrgtase	ühistransporditerminalid (lennujaamad, raudteejaamad, bussijaamad, sadamad jms); kergliiklusteed liiklejate arvuga üle 500 in/h; avalikud hooned (pensioniamet, töötukassa, polikliinik jms); pääs avalikku hoonesse lähimatest ühistranspordipeatustest (sh taksod).
Põhitase	linnatänavad, sh ühistranspordipeatused; teenindusasutused (kaubanduskeskused, hotellid, pangad jms); pääs teenindusasutusse lähimatest ühistranspordipeatustest (sh taksod).
Algtase	alad, mida tasemed 1 ja 2 ei hõlma.

Kergliiklusteel tagada jalakäijate ala laius:

- Kõrgtase - eraldatud jalakäijate ala laiusena vähemalt 1800 mm [4];
- Põhitase - jalakäijate ala laiusena vähemalt 1800 mm [4];
- Algtase - jalakäijate ala laiusena vähemalt 1200 mm [4].

Üldnõuded kergliiklusteedele:

- kergliiklustee peab olema kahelt poolt selgelt piiritletud [4];
- käigutee laius peab olema vähemalt 1800 mm [4];
- käigutee peab olema täielikult vaba takistustest ja eenduvatest elementidest ning kulgema võimalikult sirgjooneliselt [4];
- äärekivi kõrgus peab olema vähemalt 26–30 mm, et seda oleks võimalik valge kepiga ära tunda [4];

Kui kõnniteed või kergliiklusteed kasutavad nii jalakäijad kui ka jalgratturid, tuleb neile määratud teosad mõlemale poolele arusaadavalt eristada. Selleks sobivad erinevad materjalid, näiteks värvilt ja taktilisuselt kontrastsed betoonkivid või -plaadid, mille tasasuserinevus ei tohi olla üle 5 mm. Plaatide liitekohad (vuugid) võivad olla kuni 5 mm laiused. Sama pinnakattematerjali puhul tuleb jalgteed ja jalgrattateed

eraldada äärekiviga tõstetud eraldusribaga, mille reljeefsus on üle 5 mm või 250 mm laia tõusva äärekiviga [4].

Kui kõnni- ja sõidutee vahele on vaja paigutada tänavavalgustuspostid, prügikastid, liiklusmärgid jms, tuleb ette näha eraldusriba. Eelistatud on murukattega eraldusriba, mis on käiguteega samas tasapinnas [4]:

- eraldussaared peavad olema visuaalselt ja taktiliselt sõiduteest selgelt eristatud (äärekivi, erineva pinnakattega) [4];
- kuni 2,4 m laiused saared tuleb lahendada äärekivi ja sõidutee pinnast erineva kattega [4];
- üle 2,4 m laiustele saartele tuleb paigaldada hoiatuskivid 500–600 mm laiuselt saare servast 300 mm kaugusele [4].

2.3 Ristmikud, ristumised ja ülekäigurada

Toon välja olulised punktid projekteerimisjuhendist, mis tõstab nägemispuudega inimese ohutust liiklemisel. Kergliiklustee sõiduteega ristumise planeerimisel ja rekonstrueerimisel peab lähtuma järgnevatest üldnõuetest:

- sõiduteega ristumine peab olema taktiliselt ja visuaalselt selgelt esile toodud. Tuvastatavad peavad olema sõidutee ületuskoha asukoht, kõnnitee serv, sõidutee ületamise suund, ohutussaar ja vastaspoolel kõnnitee serv [4];
- ülekäiguraja ees peab olema visuaalselt kontrastne taktiline hoiatuskivi. See annab nägemispuudega, eriti pimedale liiklejale teavet eesoleva teeületuse kohta. Taktilised kivid tuleb paigaldada kõnniteele ülekäiguraja laiuselt. Niisuguse kombatava ohutusriba

laius peab olema 500–600 mm ja see peab asuma sõiduteest 300–600 mm kaugusel [4].

2.4 „Tee projekteerimise normid“ 5.08.2015. a määrus nr 106.

Trepp ei tohi olla ainus võimalus pääsemiseks jalgteesillale või -tunnelisse. Jalgteesilla juurde rajatud panduste suurim kalle on projekteerimise lähtetasemel (H) – 6%, tasemel (R) – 8% ja tasemel (E) – 10% ning pikkus kuni 7 m. Pandus koos trepiga peab olema vähemalt 2,0 m lai (sealhulgas trepp – 1,0 m). Pandustel pöörete tegemisel (90° või 180°) peab vahele rajama mademe pikkusega 2,0–2,5 m. Trepp tuleb eraldada pandusest käsipuudega [5].

Jalgteel tuleb jalakäijate ja jalgratturite liiklus teineteisest eraldada või ehitada eraldi rattatee, kui nende liiklussagedus kokku on ≥ 300 inimest ööpäevas või kui jalgratturite arv ületab 30 ratturit tunnis tipptunni ajal [5].

Jalgtee minimaalne laius peab olema 1,2 m ning selle kate peab kavandatavat tee hooldamist arvestades olema projekteeritud nii, et oleks tagatud jalakäijate ja ratturite liiklemine kõigis ilmaoludes [5].

Jalgtee ristlõige tuleb määrata lähtudes jalakäijate ja jalgratturite ruumivajadusest ning liiklussagedusest. Jalgtee projekteerimisel tuleb arvestada, et jalgratturid liiguvad jalakäijaga võrdse kiirusega. Lisaks sellele on vaja võtta arvesse ka nägemispuudega inimeste, lapsevankriga vanemate, laste, eakate ning ratastoolil liiklejate ruumivajadus ja liikumise iseärasusi. Jalgtee vähim laius olenevalt tee liigist, liiklussagedusest ja -koosseisust on toodud (Tabel 2) [5].

Tabel 2. Jalgtee vähim laius [5]

Jalgratturite ja jalakäijate liiklussagedus (JR+JK)/ööp	Jalgtee laius, m
<500	2,0
500-1000	2,5
>1000	3,0

Tabel 3. Ohutussaare mõõtmed [5]

	Hea	Rahuldav	Erandlik
	Ohutussaare laius, m		
Jalakäijatele	2,5	2,0	1,5
Jalgratturitele	3,0	2,5	2,0
	Ohutussaare pikkus piki sõiduteed, m		
	4	3	2
Kiiruspiirang	Ülekäiguraja vähim laius, m		
50 km/h	3,5	3,0	2,5
60 km/h	4,0	3,5	3,0

2.5 Linnatänavad standard EVS 843:2016

Kohtades, kus võib eeldada liikumise abivahendite (rulluisud, rula, rullsuusad, tõukeratas, ratastool jne) sagedat kasutamist, tuleb kaaluda neile omaette liikumisraja kavandamist, sest muidu võivad abivahendite kasutajad eelistada liikuda sõiduteel [6].

Kergliiklustee lahendus peab:

- arvesse võtma tee korrashoiunõudeid [6];
- looma eeldused ka vähem kaitstud liiklejate, eelkõige eakate ja laste ohutuse tagamiseks [6];
- arvestama eri kasutajarühmade, näiteks vaegliiklejate, jalgratturite ja rulluisutajate liikumise iseärasusi [6];

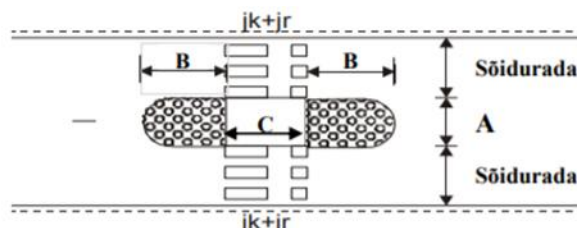
Vaegliiklejate poolt intensiivselt kasutatava kergliiklustee pikiprofiili projekteerimisel peab valima lähtetaseme hea (H) [6].

Tabel 4. Kergliiklustee vähim laius [5]

Liik ja kergliikluste sagedus (jr+jk/tipptunnil)	Liikluskoosseis ristlõikes	Vähim laius (m)		
		Hea	Rahuldav	Erandlik
Könnitee või jalgtee	2 jk	2,0	1,75	1,5
Könnitee või jalgtee	3 jk	3,0	2,5	2,0
Jalgratta- ja jalgtee < 100	jk + 2 jr; 2 jk + jr	3,0	2,5	
Jalgratta- ja jalgtee 100 kuni 200	jk + 2jr; 2 jk + 1 jr;	3,5	3,0	
Jalgratta- ja jalgtee > 200	2 jk + 2 jr	4,0	3,5	
Jalgrattatee (liiklussagedus kuni 500 jr/h)	2 jr	2,5	2,0	1,5
Jalgrattatee (liiklussagedus kuni 500 kuni 1000 jr/h)	2 jr	3,0	2,5	
Jalgrattarada	jr	1,5	1,2	1,0*

jk jalakäija
jr jalgrattur
* äärekivi kõrgus alla 7,5 cm

Tabel 5. Ohutusaar [5]



	Hea	Rahuldav	Erandlik
	Ohutusaare laius A (m)		
Ülekäigurada	2,5	2,0	1,5*
Ülekäigukoht	3,0	2,5	2,0
	Pikkus B (m) piki sõiduteed		
	4,0	3,0	2,0
	Ülekäiguraja laius C (m)		
Ülekäigurada	4,0	3,5	2,5
Ülekäigukoht	4,5	4,0	3,0

* Tohib rakendada ainult koos kiiruspiiranguga 30 km/h.

2.6 Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele

Nõuded kergliiklusteele:

- kergliiklustee peab olema vähemalt 1,5 m laiune ning sellelt hooneni viiv tee peab olema vähemalt 1,2 meetri laiune [7];
- kergliiklustee pikikalle ei tohi üldjuhul ületada 6 protsenti ja põikkalle 3,5 protsenti. Üle 6 protsendi pikikaldega tee kõrvale rajatakse iga 300–400 meetri järel istepingiga puhkekoht. Puhkekohta tähistavad ja suunavad viidad peavad olema hästi märgatavad [7];
- kergliiklusteel ei tohi olla selle kasutamist takistavaid objekte ega eenduvaid ehitiseosi, mis vähendavad tee kasutuslaiust alla 1,2 meetri, või peavad need olema tähistatud kontrastselt ning jääma tee ühele poolele [7];
- laudtee peab olema vähemalt 1,6 meetrit lai, laudade vahega kuni 5 millimeetrit, ning piiratud 50–70 millimeetri kõrguse äärisega mõlemal pool laudteed. Pealesõidu kalle peab jääma lõikes 3 sätestatud piiridesse ning olema sujuv, ilma servade ja astmeteta [7].

Puudega inimese sõiduki parkimiskohaga piirneva kõnni-, jalg-, jalgratta- ja jalg- või jalgrattatee (edaspidi *kergliiklustee*) külje äärekivid ei tohi olla kõrgemad kui 30 millimeetrit [7].

Ülekäiguraja ohutussaare laius peab olema vähemalt 2 meetrit ja pikkus vähemalt 3 meetrit. Ülekäiguraja ohutussaar peab sarnaselt kõnniteega olema tõstetud sõidutee pinnast kõrgemale. Sõiduteelt ülekäiguraja ohutussaarele minek peab ülekäiguraja ulatuses olema sujuv, ilma järskude ja teravate servadeta [7].

Ülekäiguraja ohutussaart läbiv ülekäigurada võib asuda sõidutee tasapinnal, kui selle algus ja lõpp on tähistatud hoiatava kombatava

reljeefse teekattematerjaliga nii, et nägemispuudega inimene tajub liiklemisolukorra muutumist [7].

Jalgteelt ja kõnniteelt vee ärajuhtimiseks kasutatakse:

- laugeid keskele kaldu või nõgusaid renne kogulaiusega 400–600 millimeetrit ja sügavusega 20 millimeetrit [7];
- muud sarnast lahendust, mis tagab puudega inimese erivajadust arvestava takistuseeta liikumise [7].

Pandused:

- panduse pikikalle võib olla kuni 6 % [7];
- panduse pikikalde puhul üle 5 % on vajalik sirgpanuse puhul vähemalt 1,5 meetri pikkune ja keerdpanuse puhul vähemalt 2 meetri pikkune puhkemade iga kuni 6 meetri pikkuse teelõigu järel [7];
- pandus peab värvitoonilt tasapinnalisest teeosast erinema või pikikalde korral üle 5 % peab panduse algus ja lõpp olema kontrastibaga tähistatud [7];
- kui panduse pikikalle on üle 5 %, peavad panduse mõlemal pool olema käsipuud. Panduse käsipuud peavad jätkuma katkematult ka puhkemademetel. Viie ja väiksema protsendise pikikaldega pandus peab olema piiratud 50–70 mm kõrguse äärisega [7];
- kui ei ole võimalik ehitise iseärasuste tõttu lõikes 3 sätestatud nõuet järgida, võib panduse pikikalle olla kuni 10 % [7];
- trepiga külgnev pandus eraldatakse trepist alumise käsipuuni ulatuva tiheda varb- või võrkpiirdega [7].

2.7 Tähelepanekud

1. Arvestades erivajaduste inimeste nõudeid, soovitan kehtestada projekteerimismidetes erandlikult kergliiklustee minimaalseks laiuseks

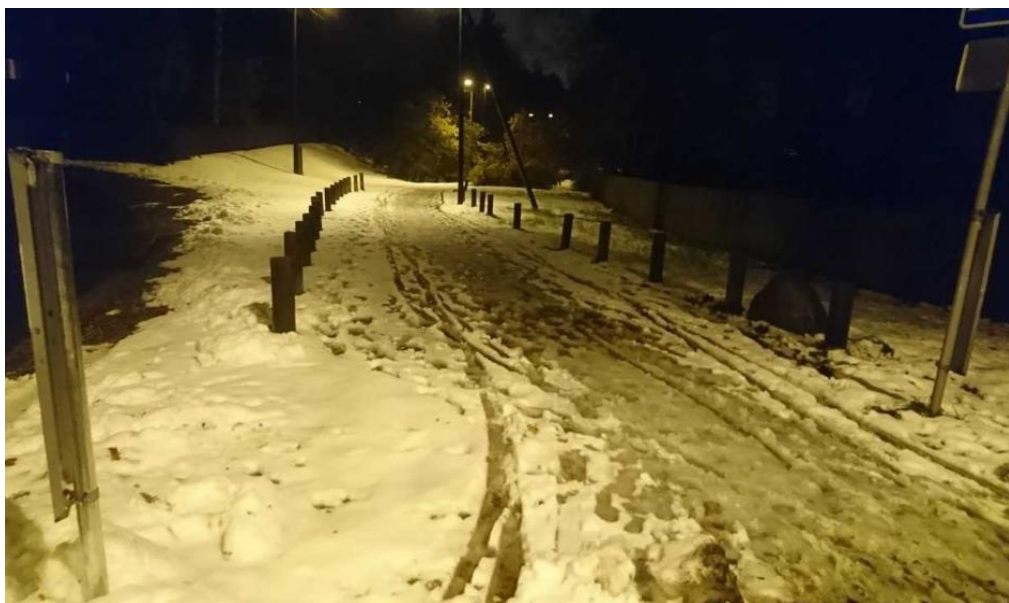
- 1,8 m. Tegemist on piisava laiusega mugavaks liikumiseks näiteks pimedatel inimestel, kes kasutavad saatjaks koera.
2. Kergliiklusteel 1,8 m sees ei tohi olla selle kasutamist takistavaid objekte, mis vähendavaid tee kasutuslaiust (valgustipost, liiklusmärk jne).
 3. Kui kõnni- ja sõidutee vahele on vaja paigutada tänavavalgustuspostid, prügikastid, liiklusmärgid jms, tuleb ette näha eraldusriba. Eelistatud on murukattega eraldusriba, mis on käiguteega samas tasapinnas. Murukattega eraldusriba oleks loodusesõbralik, puhastades ja filtreerides samal ajal linnaõhku ning luues esteetiliselt ihaldusväärsema linnapildi.
 4. Ohutusaarte laiuseks võiks projekteerimisnõute määruses olla erandlikult 2 m ja pikkus sõidutee liikumise suunal 3 m – see tagaks ohutuma liiklemise erivajadustega liiklejatele. Saared tuleb lahendada äärekiviga ja sõidutee pinnast erineva kattega, et oleks eristatav.
 5. Kohtades, kus võib eeldada liikumise abivahendite (rulluisud, rula, rullsuusad, tõukeratas, ratastool, lapsevanker jne) sagedat kasutamist, tuleb kaaluda neile omaette liikumisraja kavandamist. Selleks sobivad erinevad materjalid, näiteks värvilt ja taktilisuselt kontrastsed betoonkivid või -plaadid. Plaatide liitekohad võivad olla kuni 5 mm laiused. Sama pinnakattematerjali puhul tuleb jalgtee ja jalgrattatee eraldada äärekiviga tõstetud eraldusribaga, mille reljeefsus on üle 5 mm või 250 mm laia tõusva äärekiviga. Eelnevalt mainitud liiklejad tunnevad kõnniteel viibides rohkem turvalisena ja rahulikumana, kui täna koos ühel teel 50 km/h sõitva mopeedijuhi, 30 km/h sõitva jalgratturi ja 25 km/h sõitva tasakaaluliikuriga.
 6. Vaegliiklejate poolt intensiivselt kasutatava kergliiklustee pikiprofiili projekteerimisel peab valima lähtetaseme hea (H). Pikikalle ei tohi üldjuhul ületada 6 % ja põikkalle 3,5 %. Üle 6 % pikikaldega tee kõrvale rajatakse iga 300–400 meetri järel istepingiga puhkekoht. Pikikalle ei tohi ületada 10%.

Tagamaks kergliiklusteel mugavat ja turvalist keskkonda liiklejatele tuleb üle vaadata projekteerimismid ja juhised. Projekteerimismid ja juhised peavad olema kõigile ühtselt arusaadav ning loogilised. Oluline, et normides oleks arvestatud kõigi liiklejate vajadustega, tagamaks kergliiklusteel turvalisuse ja mugavuse.

3.KERGLIIKLUSTEEDE TALIHOOLDUS SEISUNDID

3.1 Talihooldenõuded kergliiklusteel Eestis

Eestis on kehtestatud seisundinõuete täitmine kohustuslikuks kõigile. Talvetingimustes kehtivad Eestis vastavad seisundinõuded. Eesmärk on tagada talviste teeolude ajal ohutu ning mugav liiklemine. Kergliiklustee seisundinõuded on toodud *MKM määrus 92 lisa 10*.



Pilt 1. Vaatepilt Kitsarööpa tee kergliiklusteele neljapäeval [8]

Seisundinõuete tabelis on fikseeritud maksimaalne lumekihi paksus, hooldustsükli aeg ja vaba liikumisruumi laius. Kergliiklustee nõutav seisund: *Pressitud lumi või jäätunud tee, teepind on piisavate haardeliste omadustega ja võimaldab ohutult liigelda.*[9] Mõisted "piisav", "ohutu", "ohtlik", "häiriv" on küll sobilikud igapäevases kõnepruugis, kuid ei ole kontrollitavad lepingutingimustena, eeldades kas mõõdetavust või verbaalselt kirjeldatu hindajalt omistatud ja kontrollitud kvalifikatsiooni. Oleme seisukohal, et parema määratluse puudumine on seostatav vastavate mõõteseadmete puudumisega. Sõiduteede kohta esitatavad nõuded ei ole rakendatavad KLT puhul sest puuduvad vastavad

kontrolliseadmed, mida saaks kasutada KLT tingimustes (reeglina mõõdetakse haardetegurit liikuvast sõidukist maanteekiirustel).

Tabel 6. Kergliiklustee seisunditaseme nõuded [9]

Näitaja	Seisunditaseme nõuded	
	Linnas, alevis või alevikus paiknev kergliiklustee	Muud kergliiklusteed
ÜLDISED NÕUDED		
Kergliiklustee nõutav seisund	Pressitud lumi või jäätunud tee, teepind on piisavate haardeliste omadustega ja võimaldab ohutult liigelda.	Pressitud lumi või jäätunud tee, teepind on piisavate haardeliste omadustega ja võimaldab ohutult liigelda.
Vaba liikumisruum (lumevallide vahe)	Tee laius. Kui teele paigutatakse lumi, siis vähemalt 1,20 m.	Tee laius. Kui teele paigutatakse lumi, siis vähemalt 1,50 m.
Tasasus	Lume- või jääkihis ei tohi olla ohtlikke ja liiklust häirivaid ebatasasusi.	Lume- või jääkihis ei tohi olla ohtlikke ja liiklust häirivaid ebatasasusi.
LUMEKIHI KRIITILINE PAKSUS		
Maksimaalne koheva lume paksus	6 cm	8 cm
Maksimaalne sulalume või lörtsi paksus	3 cm	4 cm
HOOLDUSTSÜKLI AEG		
Hooldustsükli aeg lume- ja libedusetõrjeks	8 h	8 h
Hooldustsükli aeg üldnõuete täitmiseks ⁴	12 h	12 h

Numbriliselt on jäetud määramata haardeteguri nõutav väärtus, seda on kirjeldatud ainult terminitega nagu „piisav“ ja „ohutu“. Tegemist on pigem kirjandusliku terminiga, mis ei anna kindlat numbrilist näitajat ja seega jääb vaieldavaks, mis nõuetele peab kergliiklustee vastama. Tallinna linna kergliiklustee talihoolde seisundinõuded vastavad samuti määrusele *MKM määrus 92 lisa 10*. Tallinnas võib lisaks määrusele lisada Tallinna (juba endise) abilinnapea Kalle Klandorfi soovitusel, kuidas Tallinnas talvel kergliiklusteedel mugavalt liigelda: „Telli takso!“.

3.2 Talihoolde seisundinõuded naaberriikides

Soome

Soomes ei ole kehtestatud samuti numbrilist väärtust haardeomadusele. Jalakäijate- ja jalgrattateede on jagatud vastavalt seisundinõuetele kolme kategooriasse, kõrgeim kategooria on K1:

- K1- Talvistes oludes on jalakäijate ja jalgrattateed peamiselt kaetud lumega. Libisemisvastase tõrje protseduurid algavad kahe tunni jooksul. Jalakäijate ja jalgrattateedel välditakse libedust liiva või karestamise teel. Jalakäijate- ja jalgrattateedel võib enne hooldustööde algust olla paar sentimeetrit lahtist lund. Tee peab lahtisest lumest puhtaks lükkama kolme tunni jooksul alates hoolduse algusest. Öösel kella 22-06 vahemikus võib kvaliteet olla madalam, kuid tee pind peab olema siiski ohutu liiklemiseks [10].
- K2- Talvistes oludes on jalakäijate- ja jalgrattateed peamiselt kaetud lumega. Kvaliteeditase on valdavalt sama, mis hoolduskategooria K1 jalakäijate ja jalgrattateedel, kuid lumekoristus ja libeduse tõrje võib kesta tund aega kauem. Öösel kella 22-07 vahemikus võib kvaliteet olla madalam, kuid tee pind peab siiski olema ohutu liiklemiseks [10].
- L- Jalakäijatele ja jalgrattasõidule mõeldud teed maapiirkondades. Teedel esitatavad nõuded määratakse omavalitsuste poolt. Näiteks saab teede libeduse ära hoida harjasoolamisega ja hooldetsükli periood võib olla lühem. Teedel võivad olla ka öised kvaliteedinõuded sõltuvalt omavalitsuse suunistest [10].

Norra

Norras puuduvad samuti erilised nõuded jalg- ja jalgrattateedele. Teed on jääs ja lumised, kuid norrakad kasutavad jalgratastel naastrehve ja inimesed on harjunud kandma jalatsitel naastaldasid.

Rootsi

Rootsis on jagatud jalg- ja jalgrattateed nelja hooldekategooriasse:

A- Põhitänavad, bussipeatused ja juurdepääs parkimiskohtadele.

Lubatud lume paksus 2-5 cm; Hooldetsükli aeg 5 h; Libedusetõrje vajadusel [11].

B- Väiksemad tänavad ja parkimiskohad linnas.

Lubatud lumepaksus 5 cm ja rohkem; Hooldetsükli aeg 8 h; Libedusetõrje vajadusel [11].

C- Jalg- ja jalgrattateed, mis suunduvad kesklinna.

Lubatud lume paksus 2 cm; Hooldetsükli aeg 5 h; Libedusetõrje vajadusel [11].

D- Muud jalg- ja jalgrattateed.

Lubatud lume paksus 2-5 cm; hooldetsükli aeg 8 h; Libedusetõrje vajadusel [11].

Kokkuvõttes puuduvad spetsiifilised nõuded jalg- ja jalgrattateedele, arvestades haarde omadustega. Võib tunnistada, et seisundinõuded on sama kidakeelsed, mis on kehtestatud määruses MKM määrus 92 lisa 10.

4.LIIKLEMINE KERGLIIKLUSTEDEL TALVEL

4.1 Kergliiklustee gabariidid

Projekteerimismäärustes on muidu kergliiklustee laius erinevatele liiklejatele liiklemiseks piisav. Puudega inimeste ehitus määruses peab kergliiklustee olema vähemalt 1,5 m laiune ning sellelt hooneni viiv tee peab olema vähemalt 1,2 meetri laiune. Samuti vastavalt ehitatud keskkonna ligipääsetavus nägemispuudega inimestele juhendile on nõutud vähemalt 1,8 m laiune vaba liikumisruumi kergliiklusteel. Vaadates määrust *MKM määrus 92 lisa 10*, siis seal on kehtestatud talvistes oludes minimaalseks vaba liikumisruumiks kõnniteedel vähemalt 1,2 m. Selge on see, et kriitilisematele liiklejatele jääb 1,2 m liikumisruum kitsaks kergliiklusteel. Seega tuleks *MKM määrus 92 lisa 10* üle vaadata ja tagada kriitilistele liiklejatele mugavam ning turvalisem liiklemine talvistes oludes ehk vähemalt 1,5 või 1,8 m vaba liikumisruumi. Kergliiklustee gabariite saab kontrollida tavalise mõõtelindi või mõõterattaga.

4.2 Ülekäigud ja ristumised

Vastavalt ehitatud keskkonna ligipääsetavus nägemispuudega inimestele juhendile on nõutud, et ülekäik peab vastama ohutuse mõttes järgmistele nõuetele, ülekäiguraja ees peab olema visuaalselt kontrastne taktiline hoiatuskivi, mis annab liiklejale teavet eesoleva ületuskoha kohta. Paljudes ülekäigu kohtades hoiatuskivi puudub, aga on kohti kus on see olemas. Talvel on kergliiklusteed kinni pressitud lume või jää all. Kohtades, kus on paigaldatud hoiatuskivi ei täida talvel oma eesmärki, kuna see pole nähtav ja eristatav katte pinnast, kuna hoiatuskivid on kinni pressitud lume või jää all.

4.3 Takistus

Liiklemist kergliiklusteel talvel mõjutab kindlasti palju lumi ja lörts. Lisades juurde veel kalle, siis muudavad faktorid nagu lumi ja lörts liiklemise kergliiklusteedel võrreldes suvistes oludes liiklemise märkimisväärselt keerulisemaks. Toome siia näiteks kõige kriitilisemad liiklejad kergliiklusteedel - ratastool, rulaator ja lapsevanker. Suvistes oludes on neil mugav liigelda, küll talvistes oludes palju keerulisem, eriti kui kergliiklusteedel esineb lahtine lumi ja lörts. Need on liiklejad, kes peavad arendama tunduvalt rohkem jõudu, et edasi liikuda. Siin tuleb mängu takistusjõud, mida rohkem on lahtist lund, lörtsi või ebatasasust kergliiklusteedel, seda rohkem peavad nad kasutama toorest jõudu edasi liikumiseks. Lisaks sõltub tegelik takistus ka tee pikikaldest, takistusjõule lisandub gravitatsioon. Takistusteguri mõõtmiseks puudub igasugune juhendmaterjal ja seadmed. Ka välisallikate otsingud ei ole tuvastanud analoogi esinemist.

4.4 Haardetegur

Teekatte karedus (teekatte haardelised omadused ehk haardetegur) on üks teekatte liiklusohutuse peamine näitaja, mis iseloomustab rehvide haakumist teekattega. [12]

Tee seisundi hindamiseks vajalik tehnika on olemas autoliiklusaladele, mistõttu on ebapiisavalt määratletud ka kergliiklusteede seisundile esitatavad nõuded, eriti talihoolduse kvaliteedi hindamise osas. Kergliiklusteel ei mõõdata haardetegurit ja pole kehtestatud talihooldes juhendis mingisuguseid nõudeid. Kergliiklusteel on raskesti kontrollitav, kuna pole mõõteseadet, millega saab vastava funktsiooniga hinnata kergliiklusteedel haardetegurit. Haardetegur on kindlasti oluline kõikidele liiklejatele, kes liikleavad kergliiklusteedel.

Salva Kindlustuse õnnetusjuhtumikindlustuse tootejuht Evelin Loitmaa sõnul moodustavad talvekuude õnnetusjuhtumite kahjust kuni 30% just kukumisest põhjustatud õnnetused. Lisaks sellele PZU kindlustuse isikukindlustuse tootejuht Kristo Õunapuu sõnul on libedusega seotud õnnetusjuhtumite arv pidevalt kasvamas. Tallinna Kiirabi juhataja Raul Adlase sõnul oli 2021.aastal kokku 480 kukumisest põhjustatud õnnetust. [13]

4.5 Haardeteguri mõõtmisseaded

Teede Tehnokeskus teostab haardeteguri mõõtmisi Norras valmistatud seadmega ViaFriction (Pilt 2), mis võeti kasutusele 2014. aastal, seade vastab standardile CEN TS 15901-14:2016. Seadmega on võimalik teekatete haardetegurit hinnata nii suvistes kui talvistes tingimustes. Seade on ehitatud treilerile, millel asub veepaak ja treileri tagaosasse kinnitatud mõõtepea koos mõõterattaga. Seadme tööpõhimõte seisneb mõõteratta pidurdamisest tekkivate jõudude mõõtmisel. Suvise haardeteguri mõõtmisel kuulub metoodika hulka ka veekihi tekitamine tee pinnale mõõteratta ette. Talvise haardeteguri mõõtmisel paigaldatakse mõõterattale teise mustri rehv ja vett ei mõõtmisel kasutata ehk haardetegurit on võimalik mõõta sõiduteel aastaringelt. Antud seadmega ei ole võimalik hinnata haardetegurit kergliiklusteedel, kuna kergliiklusteed on kitsamad kui sõiduteed, millel liikleavad autod. [14]



Pilt 2. ViaFriction [12]

Haardetegurit kergliiklusteel saab mõõta, kuid mõõteseadmed kipuvad olema kallid. T2GO hinnaklass on 20.000-25.000 eur (võimalik hankida koos vee etteandega) – sellist kasutab ka Tallinna Lennujaam. Briti pendel on küll odavam ja lihtne, kuid ei ole kasutatav talvel välitingimustes. Seni Eestis levinud seadmed on kasutatavad vaid autoliikluse teedel ja tänavatel – ViaFriction põhiliselt suvel maanteekiirusel mõõtmiseks koos 1 mm veekilega enne mõõteratast (seadet on katsetatud ka talvel); pidurdamisel blokeeritava ratta põhised Soomes toodetud Eltrip-seadmed ja mobiiltelefoni kiirendusanduri põhised seadmed on talvel kasutuseks. Maailmas kasutatakse ka väiksemaid mobiilseid seadmeid nagu FSC-2000 (Floor Slide Control; uuemad mudelid FSC-2011 ja FSC-3 - kõik nimetatud siiski plusstemperatuuride seadmed), üldjuhul sisetingimustes. Näiteks plaatpõranda haardeteguri mõõtmine briti pendliga (EVS-EN 13036-4) – Lätis kasutatakse seda seadet ka teekattemarkeeringute ja kergliiklusalade haardeteguri mõõtmiseks.



Pilt 3. FSC2000 print [15]

Huvitavad seadmed on teconer.fi toodetavad mis laseri peegelduse ja temperatuuri järgi hindavad haardetegurit. RCM511 seade (Pilt 4), saab kinnitada liikuva sõiduki külge. Kasutuses ekspressbussidel ja Transpordiameti hoolduse kontrolli sõidukitel. Andur kiirgab teepinnale infrapunavalgust ja mõõdab peegeldunud valguse hulga sõltuvust valguse lainepikkusest.



Pilt 4. RCM511 [16]

Teede Tehnokeskuse statsionaarsetes seirepunktides on kasutuses RWS10 seaded (Pilt 5), mis on fikseeritud ja väga tõhus kvaliteedikontrolliks. Seade on optilist tehnoloogiat kasutav kompaktne maanteeilmajaam. Jaam koosneb kahest kaugandurist ja juhtseadmest. Anduri püsivara mõõdab optilisi peegeldussignaale ja analüüsib andmeid teepinna seisundi ja haardeteguri kohta.



Pilt 5. RWS10 [16]

Käesoleva töö raames konstrueeritud seadmel on siiski funktsioon ka autoliikluse alade kontekstis - haardeteguri mõõtmiseks kasutatavad seadmed toimivad maanteekiirustel ja nendega ei ole võimalik hinnata lokaalseid probleeme, näiteks teostada mõõtmisi sõidutee kattemarkeeringutel (ülekäigurada, stoppjoon) või ka piiratud sõidukiirusega (rahustatud liiklusega) aladel. Eelmainitud seadmetest pole kasu hindamaks seisukorda kergliiklusteedel, kuna seadmed vajavad hindamiseks jäist või puhast tasapinda. Kergliiklusteedel esineb üldjuhul kinnipressitud lund ehk läbi lume ei ole võimalik seadmega hinnata haardetegurit.

Kõnniteedel mõõtmiseks ei sobi seni Eestis kasutatavad seadmed. Kõnnitee seisundi hindamisega peaks tegelema MUPO, kelle varustuses on seni vaid kalibreerimata vormiriietus (püksitagumik ja saapatald, millest esimene toimib puhvrina maaga kontaktis, teine tõepoolest haardetegurit ehk pigem selle puudumist fikseerivana).

5.PROTOTÜÜP RATASTOOLI BAASIL

5.1 Prototüübi alused

Esmane analüüs kinnitab, et väikserattalistel liiklusvahenditel (abivahenditel) on oluline summaarne takistustegur. Kahtlemata on oluline ka haardetegur, kuid see siis kui tegemist on sisuliselt jääga, mitte koristamata lume või lörtsiga. Summaarne takistustegur moodustub muuhulgas ebatasasustest ja tegemist on dünaamilise teguriga, st kohalt liikuma hakkamine on raskem kui liikumise säilitamine. Seega, tuleks jälgida nii takistust kui libedust.

Kergliiklustee võimalike kasutajate spektrist on valitud kriitiline liiklusvahend, milleks on ratastool, puudega isikule tuleb tagada liikumisvõimalus.

Seadme funktsioon määrab ka nime – RAFT (Resistance And Friction Tester).

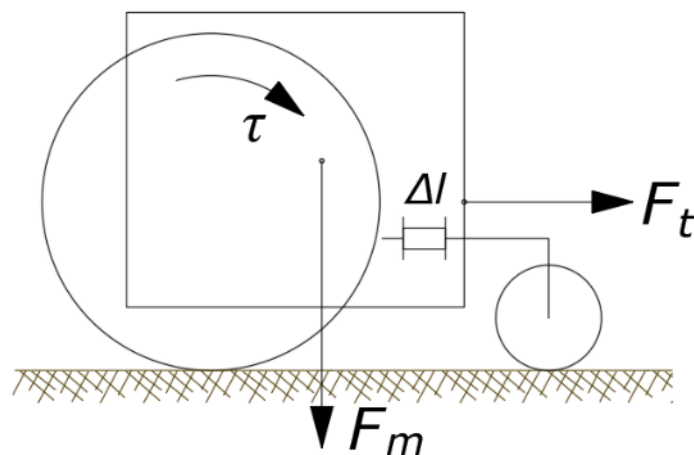
Ratastooli edasiliikumiseks rakendatakse jõudu (pöördemomenti) suurema ratta (veoratta) pööramisega. Edasiliikumist võib takistada kas takistus ratta ees (näiteks, mittepiisavalt kokkupressitud lumi või ebatasasus) või puudulik haardetegur mille tõttu veorattale suunatud jõud ei rakendu teepinnale. Mõõteseadme prototüübi konstrueerimisel on valitud reaalse ratastooli kasutamisel esinevad vertikaaljõud (F_m – ratastooli täismassist), sest väike juhtratas vajub ebapiisavalt kokkupressitud lumest läbi ja seejärel on edasiliikumiseks vajalik jõud oluliselt suurem.

Ratastooli baasil prototüüp koosneb raamist, veorattastest koos elektrimootori ja aku ning juhtploki, juhtrattastest ning vajadusel horisontaaljõu andurist juhtrattaste kanduril. Takistuse ületamiseks on vajalik teatud horisontaalsuunaline jõud (F_t), mida saab mõõta mehhaaniliselt, seadet horisontaalsuunaliselt vedades, näiteks

vedrukaaluga (dünamomeetriga), või elektriliselt läbi mootori elektriliste parameetrite. Nimetatud jõud seadme paigalt liigutamise hetkel tuleb fikseerida (registreerida) ja kasutada maksimaalset väärtust. Madala haardeteguri tuvastamiseks mõõdetakse seadme (ratastooli) liigutamiseks vajalikku jõudu olukorras, kus veoratas on blokeeritud, elektriseadmel blokeeritakse seadme edasiliikumine.

Sel teel määratakse summaarne jõud, mida teekasutaja peab rakendama liikumiseks (liikuma hakkamiseks), jõud sõltub kindlasti ka tee kaldest ja tee pinna ebatasasustest. Mõõteseade on elektriliselt liikuv ja dimensioneeritud nii, et koormuse mõju teekattele vastab ratastoolil esinevale.

5.2 Prototüübi olemus



Pilt 6. Jõudude skeem (Erakogu)

Seega, põhineb leiutis ratastooli alusel konstrueeritud mõõteseadme paigalt liigutamiseks vajaliku jõu (takistusjõud) mõõtmisel kas otseselt jõu- või momendianduriga või kaudselt läbi mootoril rakendatud võimsuse (voolutugevus ja pinge). Tee pind võib olla ebatasane ja/või pehme ning suhteliselt kitsa rattaga liikumisvahendi paigalt või takistuse tagant liigutamiseks vajalik jõud võib olla suurem, kui ratastoolikasutaja seda suudab. Ebapiisava haardeteguri korral ei pruugi vajalik jõud olla rakendatav veoratastele. Haardeteguri mõõtmiseks mõõdetakse veoratta

läbilibisemise hetkeks rakendatud jõudu, vajadusel seadme liigutamist takistades.

Seade koosneb kaheteljelisest alusraamist, mille telgede (tagumise ehk veotelje ja esimese ehk juhttelje) vahele on võimalik paigutada jõuandur (ΔI), kui kasutatakse mehhaanilist lahendust. Elektriseadme puhul rakendatakse veoteljele akutoiteline elektrooniliselt juhitud elektrimootor, mis tagab seadme liigutamiseks sujuva momendi τ mis vastab jõu F_t väärtusele kuni 40% seadme täismassist.

Juhttelg võib olla ühe või kahe rattaga, viimasel juhul erineb rataste vahe veotelje rataste vahest piisavalt, et veoratas ei järgiks juhtratta jälge. Oluline on tagada juhtratta kontaktjäljes erisurve, mis vastab reaalse ratastooli juhtratta põhjustatud erisurvele koormamisel 20-25 kg vertikaalkoormusega. Mõõtmiseks lukustatakse veotelje rattad teljel ja juhttelje rattad otseasendis. Edasiliikumiseks vajalik jõud (F_t) registreeritakse jõuanduri (ΔI) või mootori elektriliste parameetrite kaudu (V , A). Kui haardeteguri väärtus ületab liikumahakkamiseks vajaliku taseme (seade suudab paigalt liikuda), blokeeritakse ainult haardeteguri mõõtmiseks seadme edasiliikumine füüsiliselt. Liikumahakkamise (takistusjõu mõõtmisel) või veorataste läbilibisemise hetk kajastub samaaegselt nii mootori elektriliste parameetrite kui jõuanduri näidu võrdluses. Tee seisundinäitajaks on liikumahakkamiseks vajalik jõud, mille rakendamist peab võimaldama haardetegur - mida suurem on vajalik jõud, seda suurem peab olema haardetegur. Takistusjõu mõõtmine võimaldab anda hinnangu ka teel paiknevate takistuste (nt mitte piisavalt allalastud äärekivi, tõstetud ohutussaar ülekäigurajal jne) puudega liiklejale aktsepteeritavuse kohta.

Haardeteguri ja takistusjõu mõõteseadete kergliiklustee (kõik liiklusalad, mis ei ole kavandatud autoliiklusele) seisundi hindamiseks, arvestades ratastoolikasutaja vajadustega. Tee seisundi hindamiseks vajalik tehnika on olemas autoliiklusaladele, kuid puudub kergliiklusteede jaoks,

mistõttu on ebapiisavalt määratletud ka kergliiklusteede seisundile esitatavad nõuded, eriti talihoolduse kvaliteedi hindamise osas. Kriitiliseks liiklusvahendiks kergliiklusteede hindamisel on valitud ratastool. Ratastooli liikumine on takistatud, kui juhtratas vajub läbi lume või pehme pinnase, ratas satub otsese takistuse ette, või, kui teekatte haardetegur on liiga madal et veoratas saavutaks nakke teekattega mis on vajalik edasiliikumiseks. Piiravaks teguriks on jõud, mida teekasutaja peab rakendama liikumiseks (liikumahakkamiseks), see sõltub ka tee kaldest. Teiselt poolt, ei pruugi konkreetsel juhtumil haardetegur olla piisav eeltoodud vajaliku jõu rakendamiseks. Mõõteseade on elektriliselt liikuv ja dimensioneeritud nii, et koormuse mõju teekattele vastab ratastoolil esinevale. Seade koosneb raamist, veoratastest koos elektrimootori ja aku ning juhtploki, juhtratastest ning vajadusel horisontaaljõu andurist juhtrataste kanduril. Takistusjõu mõõtmisel fikseeritakse mootori elektrilised parameetrid ja jõuanduri näit seadme paigalt liigutamisel, haardeteguri mõõtmisel fikseeritakse näidud veorataste läbilibisemisel tingimusel, et seadme edasiliikumine on blokeeritud.

5.3 Miks sai loodud prototüüp?

Haardeteguri mõõtmiseks täna kasutatav tehnika on sobilik vaid autoliikluse aladele, sedagi ainult positiivsetel temperatuuridel kasutamiseks. Kergliiklusteedel aastaringseks kasutamiseks sobilik olemasolev mõõtetehnika on hinnaklassilt liialt kallis et rakendada teehoolduslepingute raames kvaliteedikontrolliks.

Sobiliku tehnilise lahenduse puudumisel ei ole ka hooldusnõuded formuleeritud tasemel, mis võimaldaks adekvaatselt hinnata hooldatud teelõigu kasutuskõlblikkust. Kvaliteedinõuetena esitatakse hooldustsükli pikkust (aega mis kulub libeduse või lumesaju algusest/lõpust hooldustsükli teostamiseni) ja lubatud lumekihi paksust. Konstrueeritud seade võimaldab mõõta kriitilise teekasutaja (ratastool) vaatevinklist tee

kasutatavust (läbitavust), ühendades takistusjõu erinevad komponendid üheks näitajaks.

Haardetegur sõltub kiirusest, paigaltliigutamisel mõõdetav tegur on reeglina suurem, kui liikumisprotsessis registreeritav ning kiiruse suurenedes kahaneb sama pinna haardetegur.

Tee tasasuse hindamiseks kasutatakse IRI (International Roughness Index) mõõtmist kuid see on pigem mugavusnäitaja ja seda ei seostata otseselt läbitavuse ehk tee sihipärase kasutuse võimalikkusega. Kergliiklusaladel on kiirused madalamad ja teekatendile esitatavad nõuded erinevad.

Kergliiklusteel liiklejate ohutus - Soomes on täheldatud, et talvised libisemised ja kukkumised on sagedased ning põhjustavad ühiskonnale märkimisväärseid iga-aastaseid kulusid. Kõige sagedamini kukuvad libisemise tõttu noored, kuid eakatel on tagajärjed tõsisemad. Uuringus soovitatakse liikluskeskkonnas aset leidvad libisemis- ja kukkumisõnnetused liigitada liiklusõnnetusteks ja neid liiklusohutuse alal paremini arvesse võtta. [17]

Teehoolduse lepingutes on kirjas hooldustsükkel (linnas 8 tundi, väljaspool linnu 12 tundi), seega teehooldus on perioodiline. Kuid milline peab olema tee seisund pärast hooldamist, on kirjeldatud üsna ebamääraselt, puuduvad mõõdetavad seisundinäitajad. Teenindustsükkel viitab ajale, mille jooksul, saju lõpust alates, nõuete täitmist ei tagata, maksimaalne lahtise lume paksus 6 cm või lörtsi 3 cm viitab ainult sellele, et hooldustöid tuleb alustada pärast saju lõppu ja ainult siis, kui nimetatud kihi paksus on ületatud. Määrus *MKM määrus 92 lisa 10* on väga ebamäärane ja ei ole piisav et tagada mugav ja ohutu liiklemine kergliiklejatele.

5.4 Mida saab veel prototüübiga hinnata?

Seade on vajalik KLT seisundinõuete täpsustamiseks, erinevalt täna fikseeritud lumekihi paksuse ja hooldustsükli nõuetest, on võimalik rakendada lubatud takistusjõu ja haardeteguri numbriliste väärtuste nõuet (liikumiseks vajaliku jõu tase arvestades selle rakendamise võimalikkusega haardeteguri tõttu), kuid tõenäoliselt siiski vastavuses hooldustsükliga (näitajate väärtust on raske tagada kogu aeg, võimalik on nõuded seostada ajaga stiilis, kella seitsmeks hommikul tuleb tagada konkreetsed väärtused, mis võimaldavad KLT kasutada sihtotstarbeliselt).

Seade on vajalik hooldustööde teostajale et oleks võimalik teostada sisemist kvaliteedikontrolli ja tee omanikule ehk tellijale (Eestis: KOV vastutav üksus) et kontrollida lepingus sätestatu täitmist.

Täiendavalt on takistuse mõõtmise funktsiooni võimalik kasutada ka suvistes tingimustes et hinnata KLT ala kasutusvõimalust juhul, kui tegemist on sidumata materjalidest või pinnastest kattega, kuhu võib ratastooli ratas sisse vajuda (vastavate infraobjektide vastuvõtukatsed, juhendid projekteerijatele mis tuginevad juba mõõdetud tulemustel). Näiteks, killustikust kattega pargiteed või liivased rajad/teed rannas, kus tuleb tagada juurdepääs puudega inimestele. Kui tegemist ei ole kõvakattega või katte pinnal on rohkem lahtist ja teralist materjali - näiteks liiva või peenemat killustikku, aga ka kruusateedel. Seade on kasutatav ka takistuste, nagu tõstetud äärekivi ülekäigurajal või ohutussaarel, aga ka kergliiklejate ajutiste käiguteede ja rampide/panduste läbitavuse hindamiseks.

Haardeteguri mõõtmise võimekus on kasutatav näiteks kattemarkeeringul mõõtes või ka teistes olukordades sõiduteel, kui ei ole võimalik mõõta liikuvseadmega seetõttu, et liikuvseadme kasutus eeldab sisuliselt maanteekiirust.

5.5 Prototüübi arenduse eesmärgid

1. Katseseadme (ratastool) prototüübi ehitamine - esimesed katsed tehtud, mehhaaniline prototüüp toimib.
 - Kasuliku mudeli taotluse koostamine, kavand tehtud. Mõõtetulemid ja tasemete määratlus - aluseks (lubatud piirväärtuseks) on jõud, mis vajalik 10% kaldest üles liikumiseks, vastab ca 15 kg.
 - Seadme arendus elektriliseks, elemendid olemas, konstrueerimine (käsitsijuhtimine); arendus - andmeside, GPS-koordinaadid ja tulemus pilve.
2. Investeeringud ja lepingute taotlemine; prototüübi demonstreerimine. Võrdlused erinevate ratastoolidega (sh elektriline) ja lapsevankritega (kas ratastooliga määratud piirid on piisavad lapsevankrile). Suvistes tingimustes läbitavuse ja haardeteguri kontrollmõõtmised (märjal kattel).
3. Investeeringute toel tootearendus prototüübist, kalibreerimine prototüübiga.
4. Leping nt linnaga, konkreetse seadme kasutamine hoolduslepingu lisa alusel
5. Kui olemas toode ja praktiline kogemus reaalses hoolduses, nõuete fikseerimine MTM määruse lisa (seisundinõuded) tänase lisa 10 asemel ehk täiendusena.

5.6 Eeldatav maksumus ja nõudlus

Kirjeldatud seade sobib aastaringseks kasutuseks. Prototüübi baasil on võimalik konstrueerida piisavalt kerge (10...15 kg) ja senistest odavam (ca 5,000 €) seade, kuid tegemist ei ole laiatarbetootega. Seade on vajalik nii konkreetsete põhjendatud nõuete kehtestamiseks kui teehoolduse taseme seireks, seega võib täna hinnata tõenäoliselt

nõudluseks Eestis 20-50 eksemplari, teehoolduse tellijatele, hooldajatele ja valdkonna uurimistöodeks. Välisturu nõudlus seondub põhiliselt sarnase kliimatsooniga kuid ei piirdu sellega, siiski tuleks vähemalt välisturgude puhul alustada rahvusvahelistel konverentsidel erialaspetsialistidest. Laiema tutvustamise eelduseks on tootmiseks valmis seade, mitte prototüüp.

Kindlasti on võimalik, et seadmele oleks turgu ka mujal, mitte ainult põhjamaades, sest puudega inimeste vajadustele ja ohutusele pööratakse tähelepanu järjest enam. Viimaste aastatega on laialt levinud elektrilised abivahendid nagu tõukerattad - nende puhul takistusjõud ei ole olnud piiranguks, kuid haardetegur küll.

6.PROTOTÜÜBI KATSED

6.1 Varajasemad katsed (Norra)

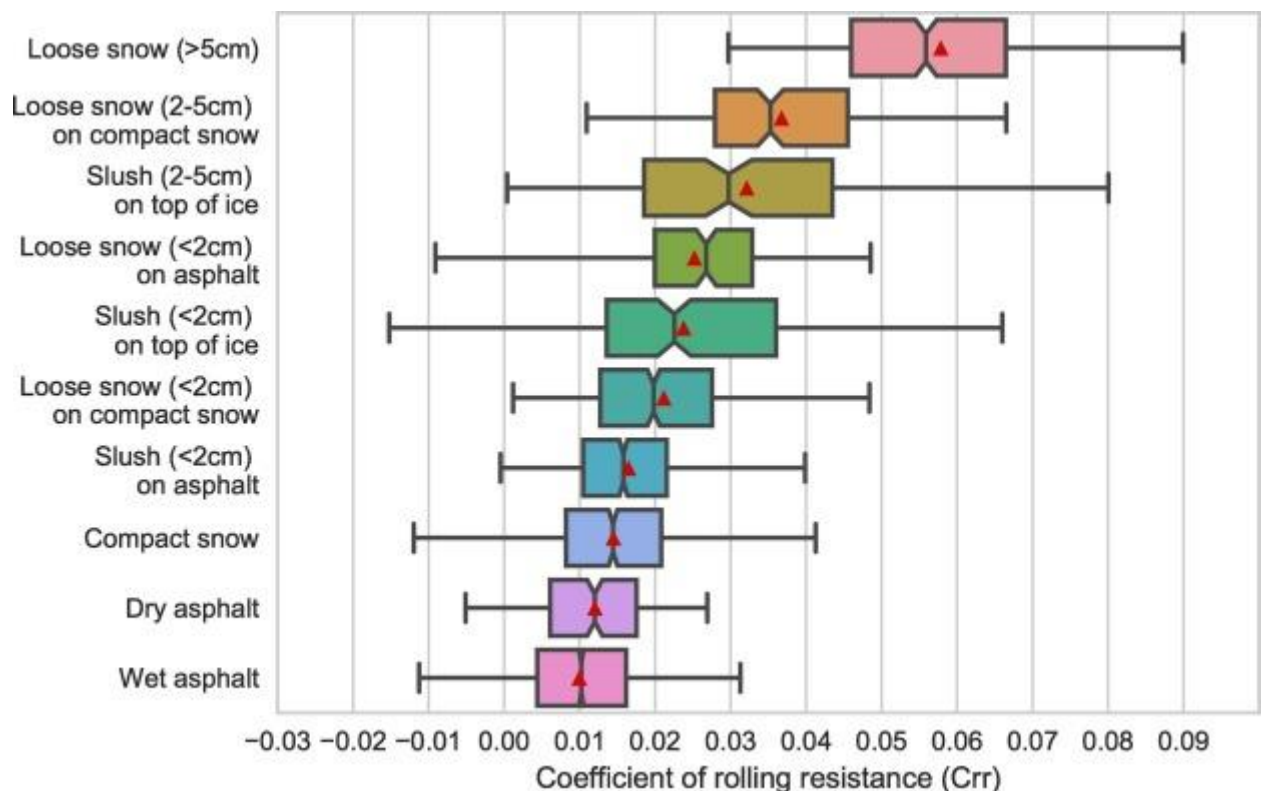
Norras on läbiviidud katsetused jalgrattaga, nimelt katsetati jalgratta veeretakistust talvistes tingimustes. Peamine põhjus, miks selline katsetus läbi viidi on jalgrattaga liiklejate osakaalu kasv massiline kasv just põhjamaades. Küll jalgrattaga tehtud sõitude osakaal langeb talvekuudel, aga uuringu eesmärk on suurendada jalgratta kasutamist. Täpsemalt tänu mugavale liiklemisele talvistes oludes. Norras, Trondheimi tänavatel ja jalgrattateedel mõõdeti erinevatel talvetingimustel jalgratta veeretakistust erinevate mõõteseadmetega, mis olid paigaldatud jalgratta külge (Pilt 7). [18]



Pilt 7. Katsetused jalgrattaga [18]

Samal ajal hindas testija rattur subjektiivselt rattasõidu mugavuse taset ning tingimuste dokumenteerimiseks tehti videosalvestusi. Andmeid koguti 103 teelõigu kohta, sealhulgas kolmel erineval nõutud hooldeseisundi tasemega teedel. Tulemused näitasid, et veeretakistus

suurenes oluliselt vastavalt lahtise lume sügavuse suurenemisele. Teelõigud, mida hooldati vastavalt talihooldde strateegiaga, kus kasutati jäätumisvastaseid kemikaale, harjamist ja liivamine), andsid oluliselt parema veeretakistuse ja kõrgema rattasõidu mugavuse kui hooldatud lõikutel, millel teostati ainult (liivatamist ja karestamist). Uuring näitab, et veeretakistuse mõõtmisi saab kasutada talvise jalgrattasõidu mugavuse kaudseks hindamiseks. Seetõttu võib veeretakistus olla kasulik talvise hoolduse ja tööde organiseerimise parandamiseks. [18] Uuringu käigus selgus, et veeretakistus oli suur lahtises lumes rohkem kui 2 cm.



Pilt 8. Uuringu tulemused [18]

6.2 Prototüübi katsed

Prototüüp konstrueeriti toimiva ratastooli baasil (tänu: Joosep Vahar), konstruktor-keevitaja Kalev Tikk (www.airventures.ee). Elektriiosa konstrueerimisel abistas Arvo Mere (TTÜ dotsent).

Teostasime katse ratastoolil 75 kg kaaluva liiklejaga ja kasutasime võrdlusega ratastooli baasil ehitatud prototüüpi. Talvistes oludes kui nullkaldega kergliiklusteel esineb 2-3 cm lahtist lund, peab ratastooliga liikleja arendama ca 22 kg jõudu, et edasi liikuda. Kujutage ette, et olete jõusaalis ja peate tõstma 22 kg hantlit iga kord, et ratastoolil liikleja liiguks edasi 2-3 cm lume sees ühe meetri. Võrdluseks võib tuua näite veel, arendades 22 kg jõudu lumistes oludes on võrdväärne sellega, kui ratastooliga liiklejal tuleb arendada jõudu 14% kaldpinnal suvel. Lisaks tegime katse nullkaldega ebaühtlasel jäisel aukudega (krobelistel) pinnal, saame tulemuseks 25 kg, seega takistus mängib väga suurt rolli kriitiliste liiklejate suhtes.



Pilt 9. Ratastooli baasil prototüüp [Erakogu]

Kui vaadelda jõudu, mida juba tuleb arendada ratastooliga liiklejal nullkaldega lumisel pinnal ja nüüd kallet suurendada, siis liikuma saamiseks vajaminev jõud läheb väga suureks. 2-3 cm lahtises lumes 10% kaldpinnal küündib vajalik jõud 40 kg juurde. Mis tähendab, et

projekteerimismisnormides erandlikult lubatud 10% pikikalde kergliiklusteel talvel on võimatu missioon ratastoolil liiklejale. Seega vastavalt projekteerimismisnormidele ei tohiks pikikalde piirmäär olla rohkem kui 6%.



Pilt 10. Katsetused betoonil [Erakogu]

Katsetades erinevates olukordades ja kaldteedel jõudsimel järeltulele, et viimane piir, mida ratastoolil liikleja (katsejänes, kaelatrauma tõttu ratastooli jäänud kodanik) suudab taluda on maksimaalselt 15 kg, kuigi see on isegi igati väljakutsuv pingutus. 15 kg on võrdväärne liikuma saamiseks 10% kaldpinnal. Katsejänesel rolli täitis Villu Urban, Tallinna Liikumispuuetega Inimeste Ühingu esimees (kaelapiirkonna trauma tagajärjel invaliidistunud).



Pilt 11. Katsetused Villu Urbaniga [Erakogu]

Ratastoolikasutajad võib eristada mitme tunnuse järgi - profid ehk pidevkasutajad ja amatöörid, kes lühiajaliselt on sunnitud abivahendeid kasutama. Profi võimekus sõltub vigastuse liigist - reeglina kaelapiirkonna vigastustega kaasnevalt on ka käte jõud piiratud, alakeha ehk jalgade vigastus ei piira käte jõudu (ratastoolisportlased). Kriitiliseks loeme seega esimest ehk kaelapiirkonna vigastuste kategooriat. Välikatsed kinnitasid, et 10% kalde piir on põhjendatud, siledal betoonpinnal oli prototüübi liigutamiseks vajalik 15 kg (150 N), mis osutus ka võimete piiriks kaelatrauma tõttu liikumispuudelisele katsetajale. Üllatuslikult mõõtsime aga veidi ebatasasel kaldeta lumisel parkimisplatsil vajalikuks jõuks koguni 25 kg - väikesed ebatasasused ja õhuke lörtsikiht pinnal. Kogenud ratastoolikasutaja muudab raskuskeset ja manööverdab, et väikesed juhtrattad lohkudest või takistuste vahelt välja loovida, katseseadmes me seda ei eelda (juhtratta vertikaalkoormus 25 kg vajutab kitsad rattad ka veidi kinnitambitud lumest läbi).



Pilt 12. Katsetused lumel (Erakogu)

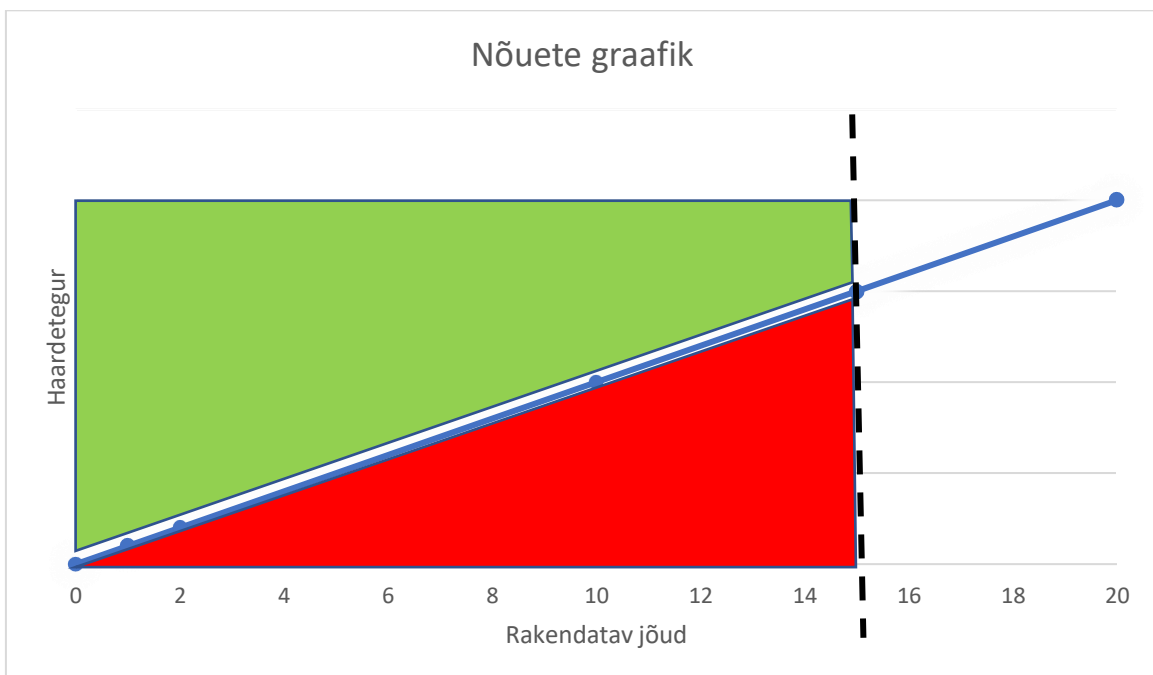
6.3 Lähtepositsioon nõuete fikseerimiseks

Katsete tulemused erinevates olukordades ja kaldpinnal prototüübiga, jõud mõõdetud elektroonilise kohvri kaalumiseks mõeldud seadmega:

- nullkaldega betoonil - 1,1 kg;
- vaipkattel 2,1 kg
- ca 0% kaldel asfaldil 2,1 kg,
- ca 2% kaldel asfaldil 3,6 kg
- asfaltbetoonil – ca 2,7% kaldel 4,6 kg
- betoonil - ca 10% kaldpinnal - 15 kg
- betoonil - ca 14% kaldpinnal - 20 kg,

- lumel (kinni pressitud, 2-3 cm lahtist lund peal, nullkalle) - 22 kg
- lumel (ebatasane, jääne aukudega alus) - 25 kg

Autoparkla kaldteel katsetamisel osutus vajalik jõud suuremaks „katsejänese“ võimekusest 14% kaldel. Sama efekt ilmnes ka kinnitambitud lumega pinnal, kuna lumi ei ole tasane.



Graafik 1. Tegurite piirulukord (Erakogu)

Graafiku joon kirjeldab piirulukorda, kus haardetegur võimaldab rakendada vajalikku jõudu. Jõud on määratletud takistusena, koosnevana teepinna kaldest tulenevast raskusjõust, paigalt liikumiseks vajalikust inertsist ja pinna ebatasasustest tulenevast takistuse ületamiseks vajalikust jõust.

Joonest kõrgemal on normaalolukord, joonest allpool on haardetegur ebapiisav vajaliku jõu rakendamiseks ning markeeritud alast paremal (üle 15 kg piirväärtuse) on vajalik jõud suurem, kui etalon-isik suudab ratastoolile rakendada.

Haardeteguri konkreetsed väärtused selgitatakse välja järgnevate katsetööde käigus.

Siit tulenevalt, ei ole võimalik fikseerida üht ja konkreetset haardeteguri väärtust kui nõuet, sest takistusjõud sisaldab rea erinevaid komponente.

7.INTERVJUUD

7.1 Starship VP of Engineering

Lauri Väin, 01.02.2022

- **Kui palju on teie robotitel olnud tee läbitavuse probleeme?**

Globaalselt väga vähe, protsendi murdosa mure - isegi olukorras, kus mitmes teises asukohas ka Ühendriikides on meie opereerimisalas tugevaid lumesadusid. Aga kohati tõsise lumesaju-järgselt on keskkond ka selline, kus isegi kergem ATV kinni jääks ning mure on nii libedus kui ka segav supp. Kindlasti meeldiks olukord kui teed pidevalt puhtad oleks või oleks võluvits oluliselt parema läbivuse/kliirensi osas.

- **Eestis on hooldusnõuded ebatäpselt määratletud, Pole millegagi mõõta ja seetõttu on ka raskem täpsemaid nõudeid sätestada. Kuid tundub, et teie kogemuse järgi pole see oluline teema?**

Eestis, tavalisel päeval võib eelkõige ülekäikude juures vall olla. Aga halbadel päevadel on robot kõhu peal kinni ja ei liigu väga kuhugi. Kindlasti meile meeldiks kui hooldusnõuded paremad oleks ja neid järgitaks. Praegu kui lumekoristus kõnniteel majaomanike kohustus on, siis tundub vähe lootust.

- **Kas idee, et robot oma läbimise probleemalad kaardil-pilves salvestaks, oleks utopia? Saaks infot kasutada MuPo suunamisel?**

Me saaks andmetest tuletada küll "heatmap'i" muredest. Seal võib olla natuke keeruline neid andmeid töödelda selle kaardi saamiseks, aga kindlasti tehtav. Operatiivselt oleks ka võimalik tuvastada ja teada anda, aga tõenäosus, et linn või ühistud viitsivad kõige suurema lumekoristus-mäsu ajal sellisele tagasisidele reageerida on väike.

- **Mis on saanud Lumebotist? Kas asi põhimõtteliselt ei toimi?**

Ma sain aru, et seal oli sisemiselt erinev visioon ja see lagunes ära. Ma usun, et on tehtav, aga kuna ta on hooajaline, siis on ta raske äri ja see suure ohtliku masinaga autonoomselt ringi sõitmine on kahtlane lähenemine. Pigem töötaks selline robot ohutuse mõttes väiksema robotina, mis ühe kinnistu raames opereerib ja kogu aeg pinda puhtana hoiab. Nagu muruniidukid ja tolmuimejad.

8. ARENDUSSUUNAD

Kui sellise prototüübi katsetamine annab stabiilsed tulemused, on võimalik asuda juba tootmiskõlbulikku ja lihtsamalt kasutatavat seadet konstrueerima. Tõenäoliselt õnnestub mõõteseade teha väiksem ja kergem, kuid kalibreerida tuleb see prototüübi baasilt. Oluline on säilitada juhtratta (rataste) erisurve, sest takistusjõud sõltub sellest, kui sügavale ratas pehmesse pinda vajub.

Prototüüpi on võimalik arendada edasi mitmel suunal. Üks võiks olla suhteliselt odav spetsiifiline seade, gabariitidelt midagi sarnast ENGLO toodetavale Gapman-seadmele. Teiseks arengusuunaks võiks olla robotika. Iseseisvalt liikuv, mõõtev ja GPS seadmega seadeldis. Eesmärk on kindlasti talletada informatsiooni pilve, et oleks ülevaade teede seisundist 24/7. Seeläbi saaks kergliiklusteede seisunditaseme info veebirakendusega teha kättesaadavaks kõigile liiklejatele.

Tallinn-Tartu maanteedel sõidavad Express bussid, millel on peal haardeteguri mõõteseadeldised (Teconer) mis annavad ülevaate tee seisundist. Üks võimalus oleks panna mõõteseadeldised näiteks Starship pakirobotidele, mis igapäeva tööna pakuvad kullerteenust ning sõidavad kergliiklusteedel ringi aastaringelt. Miks mitte lisaks kullerteenusele anda infot edasi teedel valitsevast olukorrast. Pakirobotid muutuvad aina populaarsemaks ja on jõudnud esimesed robotid isegi Soome, Helsingi tänavatele liiklema.

Lisaks saaks robotiga jooksvalt hinnata teeääres olevate lumehangede kõrguseid. Kas on normi piires, mis praegu on kehtestatud 70 cm või peab hakkama lund ära vedama. Pealmiselt silmas pidades liiklusohutust tuleb tagada kergliiklustee ja sõidutee ristumistel nähtavus liiklejatele, et lapsed ega ratastooliga liiklejad lumehange taha varju ei jääks.



Pilt 13. Snowbot S1 Pro [19]

Lisaks on võimalus arendada välja hoolderobot, mille eelkäijad on siinsamas Eestis Lumebot või Ameerikas Snowbot S1 Pro. Konstrueerida hoolderobot, mis suudab teostada mõõdistustöid ning samal ajal tagada hooldenõudeid. Robotid, mis tegutsevad iseseisvalt. Tõenäoliselt on sellise hoolderoboti reaalne kasutusvaldkond siiski piiratud aladel (parklad, väljakud).

KOKKUVÕTE

Magistritöös on antud ülevaade kergliiklusteede hooldusseisundi nõuetest nii Eestis kui teistes riikides. Täna on kehtestatud nõuded vaid hooldustsüklile ja lahtise lumekihi paksusele, kuid see ei ole piisav et tagada teede läbitavust puudega liiklejale.

Selgub, et täpsemaid nõudeid ei ole kehtestatud selle tõttu, et puuduvad vastavad mõõteseadmed. Puudega liikleja poolelt on piiravaks füüsiline jõud ja haardetegur mis on vajalik ka piiratud jõu rakendamiseks edasiliikumise jaoks.

Töö raames on ratastooli baasil konstrueeritud mehhaaniline katseseade (prototüüp) ning määratud kindlaks piirväärtus puudega liikleja võimete hindamisel. Välja on toodud põhimõtted, mil viisil on võimalik sätestada nõudeid funktsionaalse seosena haardeteguri ja vajaliku jõu vahel. Koostatud on kasuliku mudeli kirjelduse kavand ja mudel on registreerimisel. Seadme arendamine jätkub elektriseadmena.

Seade RAFT (Resistance And Friction Tester) on kasutatav lisaks teede talihoolduse kvaliteedi (tee läbitavuse) hindamise ka erinevate ajutiste käiguteede ja kergliiklusalade seisundi hindamiseks aastaringselt, samuti haardeteguri mõõtmiseks aladel, kus maanteekiirusel toimivat tehnikat kasutada ei saa (nt kattemarkeeringu haardetegur).

Kõike eelnevat silmas pidades on vaja tagada kergliiklejatele turvaline ja mugav liiklemine aastaringselt, mis tahes liikumisvahendiga. Oluline on luua sobilikud tingimused, mis võimaldavad liiklejatele efektiivset liikumist.

SUMMARY

The Master's thesis provides an overview of the requirements for the maintenance status of bicycle-pedestrian roads both in Estonia and in other countries. Today, the requirements are set up only for the maintenance time cycle and the thickness of the loose snow, but it is not enough to ensure that the road is accessible to a disabled road user.

It turns out that no more specific requirements are foreseen due to the lack of relevant measuring equipment. On the side of the disabled road user, required physical force and grip to execute the force are the limiting factors.

Within the framework of the work, a mechanical test instrument (prototype) has been designed based on wheelchair and the tested to determine the abilities of a disabled road user. The principles by which the requirements can be set as a functional relationship between the coefficient of friction and the required force are set out. A utility model description plan has been developed and the model is being registered. The development of the device will continue as an electrical device.

In addition to assessing the quality of winter road maintenance (road usability), the RAFT (Resistance And Friction Tester) can be used throughout the year to assess the condition of various temporary walkways and pedestrian-bicycle paths, as well as in areas where the equipment measuring at road speed, cannot be used (for example the grip of the road markings).

Such tester, is mainly necessary to provide safe and comfortable traffic conditions for people all year round, with whatever means of movement. It is important to create conditions suitable for all non-motorized road users.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] A. Saluste, "Kergliiklusteede projekteerimismisnormide täiendamine." Tallinna Tehnikakõrgkool, 2017.
- [2] K. Jürgenson, "Puuetega inimeste olukord liikluses." Tallinna Tehnikaülikool, 2019.
- [3] Transpordiamet, "Jalakäijate- ja jalgrattateede projekteerimine." Transpordiamet, 2014.
- [4] EPL, "Ehitatud keskkonna ligipääsetavus nägemispuudega inimestele." EESTI PIMEDATE LIIT, 2016.
- [5] Transpordiamet, "Maanteede projekteerimismisnormid." Riigiteataja, 2015.
- [6] Tallinna Tehnikaülikool, "EVS 843:2016." EESTI STANDARDIKESKUS, 2016.
- [7] "Puudega inimeste erivajadustest tulenevad nõuded ehitisele–Riigi Teataja," *Riigiteataja*, 2018.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/131052018055> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [8] K. Sarap, "Nõmme elanik pahane: kergliiklustee jäi lumest puhastamata, sulavas lumemassis polnud sadadel teekäijatel kerge toime tulla - Delfi," *Delfi*, 2017.
<https://www.delfi.ee/artikkel/80001070/nomme-elanik-pahane-kergliiklustee-jai-lumest-puhastamata-sulavas-lumemassis-polnud-sadadel-teekaijatel-kerge-toime-tulla> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [9] Riigiteataja, "Kergliiklustee seisundinõuded." Riigiteataja, Jul. 14, 2015. Vaadatud: 19.mai, 2022. [Veebileht]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1021/1201/8003/MKM_29102018_m56Lisa10.pdf
- [10] Finnish Transport Infrastructure Agency, "Winter maintenance," *Finnish Transport Infrastructure Agency*, 2022.
<https://vayla.fi/en/maintenance/road-network/winter-maintenance> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [11] A. Ihs, "Winter maintenance in Sweden." VTI, 2002. Vaadatud: 19.mai, 2022. [Veebileht]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:673726/FULLTEXT01.pdf>
- [12] E. Puusaag, "Haardeteguri ja makrotekstuuri mõõtmised koos ajas muutumise analüüsiga." Teede Tehnokeskus, 2016.
- [13] Ü. Luup, "Tänaval kukkunud Jekaterina: Libe on, väga libe," *Pealinn.ee*, 14.jaanuar, 2022.
<https://pealinn.ee/2022/01/14/tanaval-kukkunud-jekaterina-libe-on-vaga-libe/> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [14] Teede Tehnokeskus, "Haardetegur." <https://www.teed.ee/teenused/katsetamine-ja-mootmine/mootmine/haardetegur/> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [15] M. de Graaf, "Companero." Companero, 2018.

- [16] "Teconer," *Teconer Oy*. <https://www.teconer.fi/> (vaadatud 19.mai, 2022).
- [17] F. Malin, J. Mesimäki, and M. Penttinen, "Liukastumistapaturmat ja niiden ehkäisy toiminnallisen tasa-arvon ja yhdenvertaisuuden näkökulmasta." LVM, 2022. Vaadatud: 19.mai, 2022. [Veebileht]. Available: <https://nordicroads.com/pedestrian-slip-and-fall-accidents-and-their-prevention/>
- [18] M. Dahl Fenre and A. Klein-Paste, "Bicycle rolling resistance under winter conditions." NTNU, 2021. Vaadatud: 19.mai, 2022. [Veebileht]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165232X2100063X>
- [19] "Snowbot S1 could be your own snow-blowing robot," *New Atlas*, 24. detsember, 2021. <https://newatlas.com/robotics/snowbot-s1-snow-blowing-robot/> (vaadatud 19.mai, 2022).