



**TALLINNA
TEHNIKA KÕRGGKOO**

Merily Melts

ENNETAV LIBEDUSETÕRJE RIIGITEEDEL

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023



Merily Melts

ENNETAV LIBEDUSETÕRJE RIIGITEEDEL

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Teedehituse õppekava

Juhendaja: Indrek Rajamets

Tallinn 2023

Mina

Merily Melts,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Indrek Rajamets, */allkirjastatud digitaalselt/*

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Merily Melts

sünnikuupäev:

22.07.1997

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Ennetav libedusetõrje riigiteedel“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/



Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Merily Melts**
Õppertühm: **KTE2019**
Eriala: **Teedehitus (1821)**
Lõputöö teema: **Ennetav libedusetõrje riigiteedel**

Lähteandmed töö koostamiseks:

Tee seisundinõuded, hooldelepingud, ilmaprognoosid ja teeilmajaamade andmed, Ida-Harju piirkonnas teostatud ennetava libedusetõrje andmed, muud dokumendid ja juhendid talihooldeteostamiseks.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Analüüsida ja kirjeldada ennetavat libedusetõrjet ja selle tulekut riigiteedel. Kirjeldada materjale libedusetõrje teostamiseks. Analüüsida näiteid ja teha nende põhjal ettepanekuid ennetava libedusetõrje teostamiseks.

Millal teostada ennetavat libedusetõrjet? Millal ei ole mõistlik teostada ennetavat libedusetõrjet?

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Töö maht on 40-60 lehekülge, graafilise materjali sisu sisaldab tabeleid, jooniseid ning fotosid.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev
Tõnis Pelapson	Lääne teed OÜ/ÜLE OÜ hooldejuht		13.02.2023

Lõputöö juhendaja: **Indrek Rajamets**
Lääne teed OÜ projektijuht

(allkiri)

13.02.2023
(kuupäev)

Lõpetaja: **Merily Melts**
üliõpilane

(allkiri)

13.02.2023
(kuupäev)

Kinnitaja: **Aivars Alt**
ehitusinstituudi direktor

(allkiri)

13.02.2023
(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 13.02.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
1 TALVINE TEEHOOLDUS RIIGITEEDEL	8
1.1 Üldine	8
1.2 Haardetegur ja mõõtmised	10
1.3 TIK infosüsteem ja selle kasutus talihooldes	13
1.4 Talihoolduse järelevalve	15
1.5 Rasked ilmaolud.....	16
2 LUME- JA LIBEDUSETÕRJEKS KASUTATAVAD MATERJALID	17
2.1 Lume- ja libedusetõrje.....	17
2.2 Kloriidide kasutamine	18
2.3 Kulunormid	20
2.4 Keskkonnasõbralik libedusetõrje	22
3 ENNETAV LIBEDUSETÕRJE RIIGITEEDEL	24
4 LIBEDUSETÕRJE KASUD JA KAHJUD	26
4.1 Üldine	26
4.2 Vesi, taimestik ja loomastik	26
4.3 Ennetava libedusetõrje kasulik ja kahjulik pool.....	27
5 ENNETAVA LIBEDUSETÕRJE ANALÜÜS JA ETTEPANEKUD	29
5.1 Libeduse tekkimine	29
5.2 Analüüs Ida-Harju piirkonna näitel.....	31
6 ETTEPANEKUD	38
KOKKUVÕTE.....	39
SUMMARY	41
VIIDATUD ALLIKAD.....	43
LISAD	48
Lisa 1. Pärnu hooldelepingu 2023-2028 korrashoiutööde tehniline kirjeldus lume- ja libedusetõrje ...	49
Lisa 2. Libedusetõrje reagentid	51

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on kirjeldada ja analüüsida ennetavat libedusetõrjet riigiteedel ning keskenduda selle praegustele murekohtadele ja teha ettepanekuid nende lahendamiseks läbi praktilise kogemuse Ida-Harju piirkonnas.

Iga talvise perioodi saabudes peavad teehooldajad silmitsi seisma heitlike ilmadega, mis omakorda põhjustab keerulisi olukordi teedel, millega inimesed ei arvesta. Inimesed soovivad olenevalt ilmast saada ideaaltingimusi, mis pole alati aga võimalik. See omakorda põhjustab pahameelt aga teehooldajate suunas. Tänu sellele on järjest enam täiustatud ja muudetud talvist teehooldust riigiteedel. Kasutusele on võetud ennetavad meetmed, mis aitavad parandada talvist teehooldust riigiteedel. Järgnev lõputöö annab ülevaate talvisest teehooldusest riigiteedel ja hetkel kehtivatest nõuetest. Lisaks keskendub töö peamisele teemale, milleks on ennetav libedusetõrje riigiteedel ja selle praegustele murekohtadele. Lõputöö autor analüüsib teostatud ennetavat libedusetõrjet Ida-Harju piirkonnas, kirjeldab selle praeguseid murekohti ning proovib teha ettepanekud nende lahendamiseks. Käesolev lõputöö proovib leida ka vastused küsimustele, millal teostada ennetavat libedusetõrjet ja millal ei oleks mõislik teostada ennetavat libedusetõrjet. Veel puudutab käesolev lõputöö põgusalt libedusetõrjeks kasutatavaid materjale ning keskkonnaga seotud teemasid.

Lõputöö eesmärkide täitmiseks on kasutatud kõiki nii varem kehtinud kui ka hetkel kehtivaid määrusi ja juhendeid, mis on seotud talvise teehooldusega riigiteedel. Uuriti informatsiooni Soomes kasutatavate keskkonnasõbralikema libedusetõrje materjalide kohta. Koguti materjale ennetava libedusetõrje teostamisest Ida-Harju piirkonnas kahe aasta jooksul. Veel kasutati erinevaid Transpordiameti tellimustööl koostatud materjale, mis puudutavad talvist teehooldust, erinevaid hooldelepinguid ning välisallikaid.

Käesolev lõputöö on jaotatud kuueks peatükiks. Lõputöö esimeses peatükis on kirjeldatud talvist teehooldust riigiteedel, mis hõlmab hetkel kehtivaid nõudeid ja määrusi. Annab ülevaate hetkel kehtivatele seisundinõuetele. Kirjeldab talvist haardetegurit ja selle mõõtmiseks kasutatavaid seadmeid ning nende tööpõhimõtteid. Annab ülevaate teeilma infosüsteemist ja selle kasutamisest talihooldetööde planeerimisel (k.a ennetava libedusetõrje teostamiseks). Lisaks sellele kirjeldatakse talihoolduse järelevalve teostamise põhimõtteid.

Lõputöö teises peatükis on kirjeldatud lume- ja libedusetõrjeks kasutatavaid materjale ning nende nõudeid hooldelepingute korrashoiutööde tehnilisest kirjeldusest. Veel annab peatükk ülevaate kloriididest, ning nende kvaliteedi ja toimivuse erinevusest. Lisaks sellel kirjeldatakse varasemalt kehtinud kloriidide kulunorme ja tehakse põgus ülevaade keskkonnasõbralikematest libedusetõrje vahenditest.

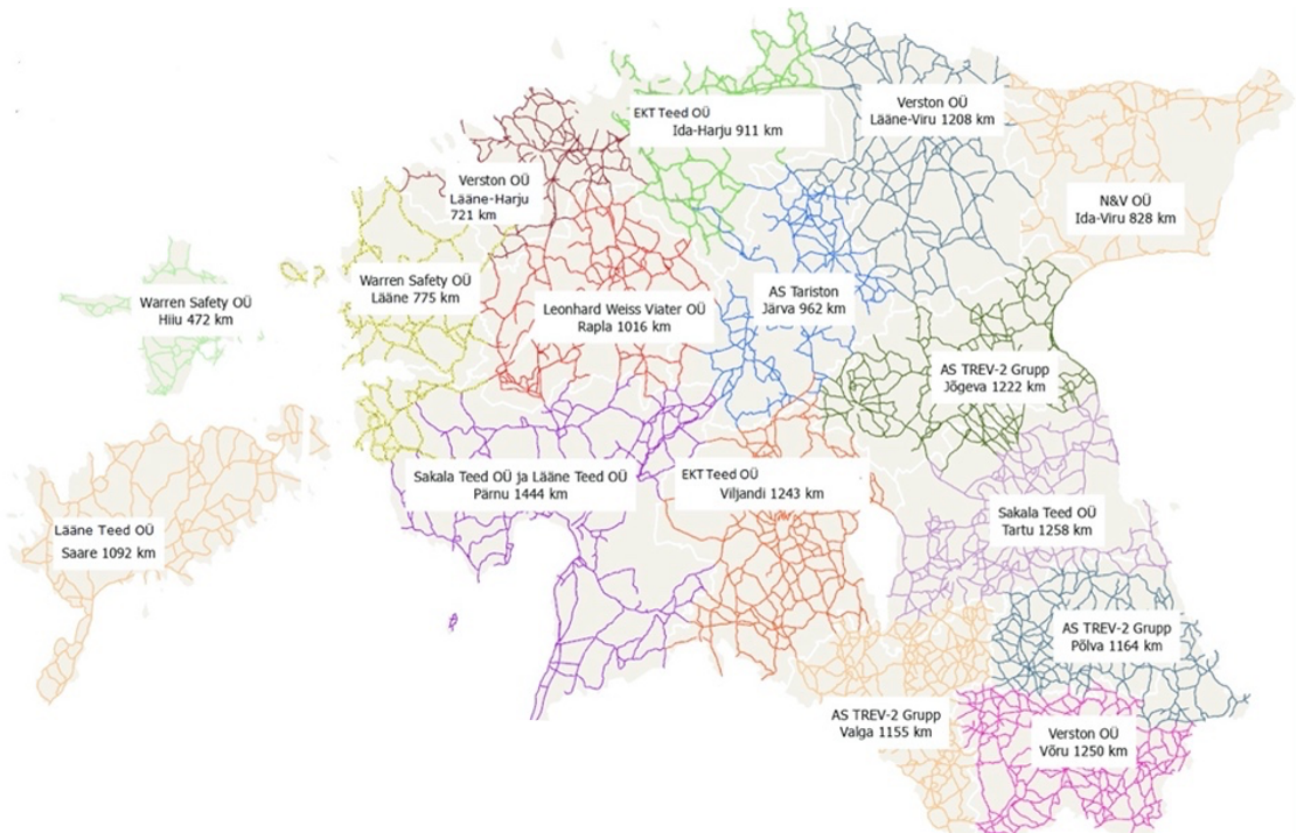
Kolmandas peatükis antakse ülevaade ennetavast libedusetõrjest riigiteedel ja sellega seonduvast. Lõputöö neljandas peatükis antakse ülevaade libedusetõrjega kaasnevate keskkonna kahjude kohta. Arutletakse ka ennetava libedusetõrjega kaasnevate võimalike kahjude üle.

Viiendas peatükis selgitatakse mõningaid libeduse tekkimise võimalusi ja kirjeldatakse nende ära hoidmist läbi ennetava libedusetõrje. Analüüsitakse ennetavat libedusetõrjet Ida-Harju piirkonna näitel ja kirjeldatakse selle praeguseid murekohti ning proovitakse teha ettepanekuid murekohtade lahendamiseks ning ennetava libedusetõrje paremaks teostamiseks. Analüüs põhineb 2021/2022 ja 2022/2023 hooaegadel Ida-Harju piirkonnas teostatud ennetava libedusetõrje kohta. Kuuendas peatükis on väljatoodud võimalike ettepanekute loetelu, mis aitab tõhustada ennetava libedusetõrje teostamist riigiteedel.

1 TALVINE TEEHOOLDUS RIIGITEEDEL

1.1 Üldine

Eesti riigiteedel teostatakse nii suvist kui talvist teehoolet, mille teostamise põhimõtteid kehtestatakse tee seisundinõuete määrusega ja selle kohaselt on nii kattega teedele kui ka kruusateedele määratud nende liiklussageduse alusel seisunditase. Talvine teehoolde on üks oluline osa riigiteede hooldusest, mis tagab ohutud ja turvalised liiklustingimused talvistes oludes. Eesti riigiteede hooldus on jaotatud piirkondade kaupa ja tagatud 17 hooldelepingu aluse, mille teostamist teevad hetkel üheksa erinevat ettevõtet (Joonis 1). [1]



Joonis 1. Riigimaantee korrashoiu jagunemine piirkondade kaupa [1]

Kõigi teehooldajate talihooldetööde tegemise eesmärgiks on tagada seisundinõuded vastavalt sõlmitud hooldelepingule tehes selleks vajalikke hooldetöid nagu ilma- ja patrullteenistus, lume- ja libedusetõrje ning kõiki teisi töid, mis kuuluvad talihooldetööde juurde, et tagada liiklusohutus kõigile liiklejatele.

Järelevalvet lepingute täitmise üle ja seisunditasemetele vastavust kontrollivad Transpordiamet spetsialistid, kasutades selleks teeilmajaamade- ja kaamerate poolt edastatud informatsiooni, hooldetehnikal paiknevate GPS-seiresüsteemide poolt edastatud informatsiooni ning teostavad teedel visuaalset vaatust ja haardeteguri mõõtmist. Teehooldaja peab selleks paigaldama talihooldes kasutatavatele hoolde baasautodele, traktoritele ja patrullautodele GPS seiresüsteemid. Lisaks tuleb esi- ja külgsahkadele ning puisturile paigaldada andurid, mis võimaldavad Transpordiametil näha nende seadmete kasutamist ja puistatud libedusetõrjevahendite koguseid koond kaardirakendusel. [1], [2]

Erinevatel tee seisunditasemetel kehtivad erinevad nõuded, mis on täpsemalt kirjeldatud „Tee seisundinõudes“ ja selle lisades. Olulisemad tee talvised seisundinõuded, mis kehtivad riigiteedele on kirjeldatud (Tabel 1). Kehtivas „Tee seisundinõuded“ olevates lisades „Kattega tee seisundinõuded“ ja „Kruusatee seisundinõuded“ sätestatud nõuded on kehtivad aasta läbi [3]. „Talvised teehooldes nõuded hakkavad kehtima, kui teedel esinevad järgmised talvised tingimused: lumi, jää, tuisk jms“ [4].

Tabel 1. Tee talvised seisundinõuded [5]

Tee talvised seisundinõuded					
Seisunditase	Prioriteet	Kirjeldus	Lumetõrje	Libedusetõrje	Nõuded lume paksusele
3+	Kõrge	Seisunditasemega 3+ teid on 1638 km. Sinna kuuluvad riigipõhiteed ning suurema liiklusega tugi- ja üksikud kõrvalteed. Teepind või vähemalt sõidujäljed on lume- ja jäävabad.	Hiljemalt 5 h jooksul pärast lumetõrjet või tuisu lõppu	Hiljemalt 2 h jooksul pärast libeduse tekkimist	Kriitilise koheva lume paksus ei tohi ületada 4 cm, kriitilise märja lume paksus 2 cm
3	Kõrge	Seisunditasemega 3 teid on 1649 km. Sinna kuuluvad riigipõhiteed ning suurema liiklusega tugi- ja üksikud kõrvalteed. Teepind või vähemalt sõidujäljed on lume- ja jäävabad.	Hiljemalt 5 h jooksul pärast lumetõrjet või tuisu lõppu	Hiljemalt 4 h jooksul pärast libeduse tekkimist	Kriitilise koheva lume paksus ei tohi ületada 4 cm, kriitilise märja lume paksus 2 cm
2	Keskmine	Seisunditasemega 2 on kattega teid 4490km. Sinna kuuluvad enamus tugiteid ja osa suure liiklusega kõrvalteid. Tehakse libedusetõrjet, kuid teed ei pruugi olla lume- ja jäävabad.	Hiljemalt 12 h jooksul pärast lumetõrjet või tuisu lõppu	Hiljemalt 8 h jooksul pärast libeduse tekkimist	Kriitilise koheva lume paksus ei tohi ületada 8 cm, kriitilise märja lume paksus 4 cm
1	Madalaim	Seisunditasemega 1 teid on 8828 km ehk valdav enamik. Tehakse libedusetõrjet, kuid teed ei pruugi olla lume- ja jäävabad.	Hiljemalt 24 h jooksul pärast lumetõrjet või tuisu lõppu	Hiljemalt 12 h jooksul pärast libeduse tekkimist	Kriitilise koheva lume paksus ei tohi ületada 10 cm, kriitilise märja lume paksus 5 cm

Talvised seisundinõuded peavad olema täidetud vastava seisunditaseme hooldustsükli aja lõpuks (Tabel 2). Maanteede hooldustsükli aja arvestus algab libeduse tekkest või lumesaju või tuisu lõpust. Hooldustsükli aja lõpuks peab olema tee hooldatud ning nõutav tee seisund peab olema tagatud. Kohalikel teedel (seisunditase 1), mille liiklussagedus on alla 50 auto ööpäevas määrab tee omanik hooldustsükli aja. Lumekohi kriitilist paksust ei tohi ületada. „Seisunditasemetega 3+ ja 3 teedel peab olema tehtud ennetav libedusetõrje kogu sõidutee ulatuses, kui ilmaprognooside, teeilmajaamade andmete või muude selliste andmete alusel on tõenäoline haardeteguri vähenemine alla nõutava“. „Seisunditaseme 3+ ja 3 erinevus seisneb ainult selles, et seisunditasemel 3+ tuleb libedusetõrje teostada hiljemalt kahe tunni jooksul ja seisunditasemel 3 tuleb libedusetõrje teostada nelja tunni jooksul pärast libeduse tekkimist, teistel nõuetel on hooldustsükliajad samad“. [6], [4]

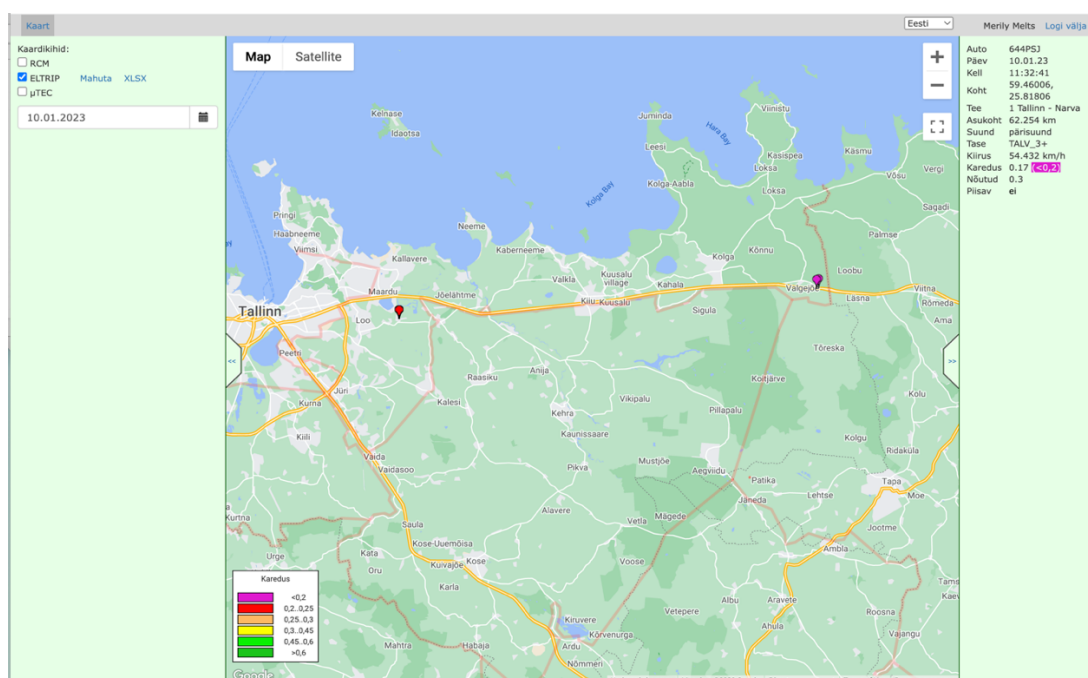
Tabel 2. Hooldustsükli aeg tundides [6]

Hooldustsükkel	Seisunditaseme nõuded			
	1	2	3	3+
Lume ja lõrtsi eemaldamine sõiduteelt	24	12	5	5
Aeg nõutava haardeteguri tagamiseks sõiduteel	12	8	4	2
Tee kohta kehtivate üldnõuete täitmine (nõuded lumevallide vahe, liiklusmärkide puhtuse ja tee tasasuse ning lumevallide madaldamise kohta)	24	24	12	12

1.2 Haardetegur ja mõõtmised

Teepinna haardetegur on üks olulisemaid tegureid talihoolduse teostamise juures ja selle näitajad iseloomustavad teekatte seisukorda, mis omakorda on tähtis liiklusohutuse seisukohast. Tee seisundinõudes mõistetakse haardetegurit, kui teepinna seisundi paremeetrit, mis iseloomustab auto ratta ja teepinna vaheist haaret [7]. Riigiteede nõutava haardeteguri minimaalsed nõuded on sätestatud „Tee seisundinõuete“ lisas 8 esitatud tabelis [6]. Seisunditase 1 nõutav minimaalne haardetegur on 0,20 ja ohtlikes kohtades 0,25. Seisunditase 2 nõutav minimaalne haardetegur on 0,25 kogu teel. Seisunditase 3+ ja 3 nõutav minimaalne haardetegur on sõidujälgedes 0,30 ja teistes kohtades 0,28. Seisunditase 4 nõutav minimaalne haardetegur on 0,30 kogu teel.

Haardeteguri mõõtmiseks kasutatakse Trippi Oy poolt toodetud Eltrip mõõtureid või nende analooge, mis on paigaldatud sõidukile. Haardetegurit mõõdetakse teedel Eltrip seadmega pidurdus meetodil. See tähendab, et mõõdetaval teel sõiduk pidurdab järsult ning registreerib selle ja sõidukile paigaldatud mõõteseade näitab arvutatud haardetegurit, arvestades sõiduki aeglustuse pidurdamisel. Kõik mõõturid peavad olema kalibreeritud vastavalt juhendile ning mõõtmist tegeval isikul peab olema kehtiv kalibreerimistunnistus. Mõõturiga mõõdetud tulemused registreeritakse „Riigiteede katete talviste haardeliste omaduste mõõtmise juhendi“ lisa 1 kohaselt käsitsi või automaatselt, kasutades selleks mobiilset andmete edastamist koos veebipõhise kaardirakendusega¹ [8]. Andmete edastus veebipõhises kaardirakenduses (Joonis 2) koos esitatud andmetega.

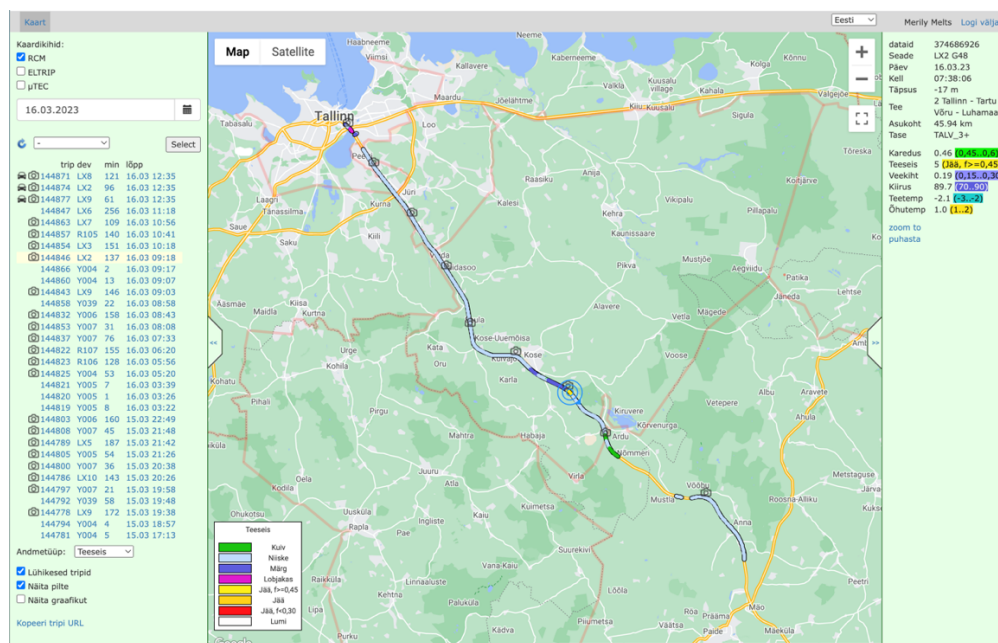


Joonis 2.Veebipõhine kaardirakendus MTSS [9]

Lisaks Eltrip mõõteseadmele võeti seitse aastat tagasi pilootprojektina kasutusele esimesed RCM (optilised andurid) liinibussidele koostöös Transpordiameti, AS Teede Tehnokeskus ja Lux Expressiga, et tagada võimalikult kiire info edastamine teeoludest teehooldajatele ja liiklejatele. Optilised haardeteguri mõõteseadme tööpõhimõte seisneb selles, et mõõteseade mõõdab kontaktivabalt tee seisundit ja haardetegurit. Mõõteseade mõõdab ja analüüsib põhiliselt teepinnalt valguse

¹ Veebiaadress MTSS <https://mtss.teeilm.ee/>

tagasipeegeldumist. Mõõtmisel andur skanneerib teepinda mitu korda sekundis ja tulemused keskmistatakse ning edastatakse serverisse iga sekundi kohta tehtud mõõtmistena. „Mõõtmised liikumisel kiirusega 90 km/h saadakse mõõtetulemused 25 m sammuga“. [10] Andur edastab andmeid nii teetemperatuuride kui õhutemperatuuride kohta, teeseisu, haardeteguri, vee-, jää või lumekihi kohta ja pilti mõõtmise hetkel teeolust (Joonis 3).



Joonis 3. Lux Express bussi edastatavad andmed MTSS rakenduses [9]

Andurid on paigaldatud nendele bussidele, mis liiguvad 3+ ja 3 seisunditaseme teedel, kuna seal on kõrgemad hooldusnõuded ja oluline kiirem reageerimine. Samuti jõuab andurite edastatud info „Transpordiameti Liiklusjuhtimiskeskusesse“, mis hoiatab liiklejaid muutunud teeoludest. Peale busside kasutavad RCM andureid ka riigiteede hooldajad, et avastada kiiremini libedust ja teha paremat teehooldust ning kontrollida tehtud tööd (k.a ennetava libedusetõrje kontroll) [11]. Korrashoiutööde tehnilises kirjelduses on kirjas, et seisunditasemel 3+ peab vähemalt üks patrullisõitu tegev sõiduk olema varustatud optilise haardetegurimõõturiga ning pardakaameraga, millel on GPS positsioneerimine koos võimalusega andmete säilitamiseks seitse päeva. Patrullisõite tuleb teha kõikidel seisunditasemel 3+ olevatel teedel üks kord ööpäevas olenemata ilmast ning muudel aegadel, kui ilmaolud on ebastabiilsed tuleb teostada täiendavaid sõite. [2]

Veel kasutatakse haardeteguri mõõtmiseks ViaFriction järelveetava rattaga seadet, mida peamiselt kasutatakse suvel teekatte haardeteguri mõõtmiseks siis nüüd on seda kasutatud ka talvistes tingimustes. Mõõtmise erinevus seisneb rehvide valikuga, suvel kasutatakse siledat rehvi ja talvel pikisuunalise mustriga rehvi. Mõõtmise ise toimub sarnaselt nagu suvel ehk fikseeritud libisemise režiimil. Mõõteratta kiirus on 20 % väiksem kui sõidukil. Mõõdetud tekkivad jõud kalibreeritakse soovitud haardeteguri väärtusele. Talvise haardeteguri mõõtmisel ei kasutatud ratta ette vee piserdamist. Kahjuks lülitub seade välja ja lõpetab mõõtmise, kui haardeteguri väärtuse on üle 0,35. Seetõttu ei ole seade eriti hea kasutamiseks talvise haardeteguri mõõtmisel. [10]

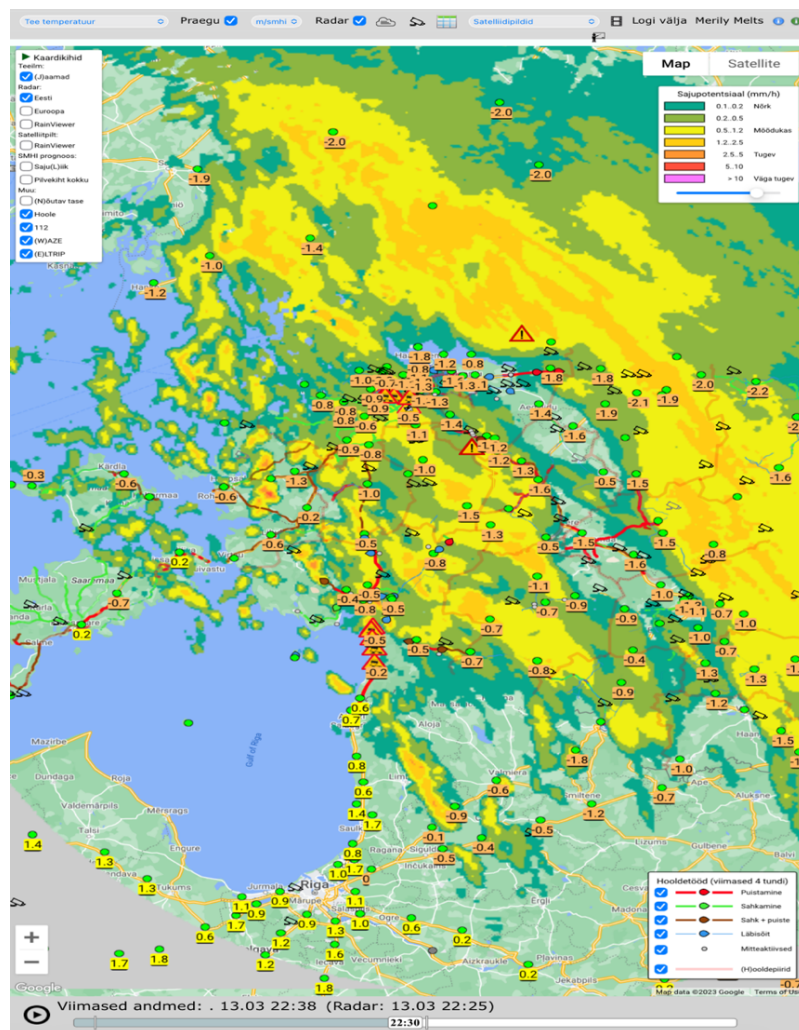
Tuleb meeles pidada, et optilise haardetegurimõõturiga mõõdetud haardeteguri arväärtused ei ole võrdsed ELTRIP-iga mõõdetutega ja sellest lähtuvalt ei ole optilise haardetegurimõõtuuri arväärtused aluseks sanktsioonide rakendamiseks. Optiline haardegur on informatiivne operatiivseks ja vahetuks tagasisideks tee seisukorra kohta ning abiks teehooldejale talihooldetööde planeerimisel ja Tellijale järelevalve tegemiseks. Seega tuleks optilist haardetegurimõõturit katsetada ja täiustada, et saada paremaid ja täpsemaid tulemusi.

1.3 TIK infosüsteem ja selle kasutus talihooldes

Talihooldetööde teostamise otsuste langetamisel on oluline jälgida ilmaprognoose, radaripilte ning tormi- ja teisi võimalike hoiatusi, mis on teehooldega seotud. Selleks on teehooldejatele abiks TIK (teeilma infosüsteem)². Infosüsteemi on koondatud kõik vajalik informatsioon teehoolde ning transpordi korraldamiseks. Hetkel on kasutusel 75 teeilmajaama ja 122 teekaamerat, mis asuvad maanteed ääres ning osad teekaamerad on paigaldatud kohtadesse, kus on võimalik näha ilmastikumuutusi, mis saavad mandrile, näiteks Kõpul ja Sääres asuvad kaamerad. Kuna kaameraid igal pool ei ole tuleks kasutada talihoolduse patrulli, kes kinnitaks teel olevat olukorda. Teekaamerad edastavad uut pilti iga 10 minuti tagant ning liiklusjuhitavatel lõikudel iga 5 minuti tagant. Teeilma andmete infosüsteem TIK on kasutusel juba väga pikka aega ja seda on järjest aastatega täiustatud paremaks. Infosüsteemile on võimalik näha, millised on ilmaolud Läti, Leedu ja Lõuna-Soome riigiteedel lisaks Eestile. Infosüsteem edastab kolme välisprognoosi, mis on SMHI (Rootsi Ilmateenistus), FMI (Soome Ilmateenistus) ja YRNO (Norra Ilmateenistus). Teeilmaprognoos uueneb kord tunnis ja annab saabuvast ette teada infot järgmise 24 tunni kohta. Teeilmajaamad edastavad informatsiooni õhutemperatuuri, õhuniiskuse,

² Veebiaadress TIK <https://tik.teeilm.ee/>

sademetete, tuule kiiruse ja suuna ning talihoolduseks vajaminevate parameetrite kohta nagu teetemperatuuri, teeseisu, nähtavuse, kastepunkti temperatuuri, teekaste, veekihi, puistatud kloriidid koguse jms. Lisaks sellele kuvab TIK andmeid hooldetööde kohta, mis on teostatud, kuid ajalise nihkega umbes üks tund (Joonis 4) tähistatud punased jooned.



Joonis 4. TIK infosüsteem [12]

Veel kuvab TIK liiklejate antud tagasisidet läbi Waze rakenduse teeolude kohta ja peale selle kuvatakse ka hoiatusi, mis on edastatud päästeameti 112 poolt. Kasutaja põhiselt on võimalik seadistada automaatset teavitamist oma tee, teelõigu või piirkonna kohta, mis aitab kokku hoida kasutajate aega ja annab teada olukorrast, mis hakkab tekkima. Kõik eelnimetatud andmed on kättesaadavad kõikidele talihooldetöödega seotud spetsialistidele ning tava liiklejatel on andmeid võimalik näha TarkTee portaalist. [13], [14]

1.4 Talihoolduse järelevalve

Talihooldustööde teostamise ja lepingute täitmise ning nõuetele vastavust kontrollib Transpordiameti spetsialistid. Igal piirkonnal on määratud vastav järelevalve spetsialist (korrashoiu projektijuht), kes kontrollib vastavalt „Korrashoiu järelevalve juhendile“ teede vastavust tee seisundinõuetele. Järelevalve spetsialist hindab talvistes oludes visuaalselt tee pinna seisundit, kontrollib tee seisundile vastavust, hindab liikluskorraldusvahendite puhtust ja lisaks kontrollib hooldustsükli aegadest kinnipidamist. Järelevalve spetsialist mõõdab kontrollsõitude käigus koheva lumekihi paksust, lumevallide vahelist kaugust ja lumevallide kõrgust, roopa suurimat sügavust ja ebatasasusi kinni sõidetud lumes või karedas jääs. Haardeteguri kontrollimiseks ja hooldustsükli aegadest kinnipidamist kontrollitakse Eltrip mõõturiga või nende analoogidega. Mõõtmisel ja hindamisel juhindutakse „Riigiteede katete talviste haardeliste omaduste mõõtmise juhendist“, teeilmajaamade ja TIK (Teeilma infosüsteem) veebiteenuse poolt edastatud andmeid, kontrollivad hooldetehnika GPS seiresüsteemi edastatud informatsiooni ning HOSIS-esse laekunud teateid ja patrullisõidukite poolt edastatud haardeteguri väärtusi ja teede visuaalseid hinnanguid. Teeilmajaamade ja TIK veebiteenuse poolt edastatud andmete ning mõõdetud haardeteguri põhjal ei saa väita, et tee seisundinõuded on tagatud, kui eelnimetatud andmed ei ole prioriteetsuse järjekorras:

- lähim mõjuulatuses olev teeilmajaam kuvab teeseisuks „jää“ või „ALARM!JÄÄ“ ja peale hooldustsükli aega jääb teeseis samaks;
- lähim mõjuulatuses olev teeilmajaam kuvab teeseisuks „jää“ või „ALARM!JÄÄ“ ja peale hooldustsükli aega on mõõdetud haardetegur alla nõutava;
- mõõdetud haardetegur ja vajaduse lisaks mõõdetud haardetegur ei vastanud nõuetele pärast hooldustsükli aega;
- mõõdetud haardetegur ei vasta nõuetele ning pärast hooldustsükli aega jääb lähimas mõjuulatuses olevas teeilmajaamas teeseisuks „jää“ või „ALARM!JÄÄ“;
- pärast hooldustsükli aega mõõdetud haardetegur ei vastanud nõuetele ning hooldetehnika GPS seiresüsteemi kohaselt ei olnud puistamist tehtud.

Ennetava libedusetõrje kontrollimiseks kasutatakse samuti eelnimetatud meetmeid ja ka seal peab arvestama, et Teeilmajaamade ja TIK veebiteenuse poolt edastatud andmete ning mõõdetud haardeteguri põhjal ei saa väita, et tee seisundinõuded on tagatud, kui: Teehooldaja jättis ennetava libedusetõrje

teostamata, kui prognoosid olid ennustanud libedust ning lähim mõjuulatuses olev teeilmajaam kuvab teeseisuks „jää“ või „ALARM!JÄÄ“ ning mõõdetud haardetegur ei vasta nõuetele. [2]

1.5 Rasked ilmaolud

Mõned korrad aastas leidub ka olukordi, kus teehooldajad ei suuda tagada seisundinõudeid ilmastikuolude tõttu. Sellistes oludes, kehtestab tee omanik (riigiteedel Transpordiamet) vastavalt juhendile kriteeriumite alusel (leitav Transpordiameti kodulehel juhendite all) välja rasked ilmaolud ning teavitama sellest teehooldajaid ja edastama hoiatuse meedias liiklejatele. Samuti võib ettepaneku raskete ilmaolude kehtestamiseks teha ka teehooldaja, kui tema võimekus ei suuda tagada tee seisundinõudeid tänu ilmastikuoludele. Selleks peab teehooldaja esitama vastava piirkonna teehoiu juhatajale põhjendatud ja motiveeritud ettepaneku, kus kirjeldab, millise(te) kriteeriumi(te) alusel rasked ilmaolud kehtestada, esitab soovi, kus soovib täpselt rasked ilmaolud kehtestada (tee, lõik, piirkond), ettepanekud kehtivuse kohta (kell, päevad), annab ülevaate meetmete kohta seisundinõuete tagamiseks (tehnikas, alltöövõtjad, tööjõud), kirjeldab, milles võivad olla kõrvalekalded seisundinõuetes (hooldetsükli aeg, lumekihi paksus, haardetegur). Raskete ilmaolude kehtestamiseks on seatud järgmised tingimused:

- kui 4 h jooksul sajab alla kümme sentimeetrit lund, ning lumesadu on katkematu;
- kui tuul on puhanguti üle 12 m/s, mille jooksul sajab 4 h jooksul lund vähemalt viis sentimeetrit ning põhjustab ohtlikud tuisuvaalud, mis ületavad lumekihi kriitilise paksuse;
- ilmastikutingimused, mille puhul on keeruline seisundinõuete tagamine (jäide, kiilasjääd, jäävihm koos temperatuuride kiire langusega alla 0 °C), (väga madalate õhutemperatuuride korral alla -26 °C), (madalad õhutemperatuurid alla -10 °C koos tugeva tuulega ≥ 12 m/s);
- seisunditasemel 1 puhul kinni sõidetud lumise või jäise teekatte peale sajab vihm.

Ka ennetavalt võib raskeid ilmaolusid välja kuulutada, kui ilma- ja teeilmaprognosis annavad selleks aluse lähimatel tundidel. Otsuse tegemisel analüüsitakse Riigi ilmateenistusest tulenevat infot ning jälgitakse ilma- ja teeilmakaameraid, veel analüüsitakse hooldesõidukite GPS tulenevaid andmeid ja teehooldajate ettepanekuid. Tuleb aga meeles pidada, et seisundinõuded tuleb tagada võimalikult kiiresti ning kasutada kõiki meetmeid selle võimalikuks tagamiseks. Ennem raskete ilmaolude saabumist tuleks analüüsida ennetavate meetmete kasutamist, et leevendada võimalikult palju tekkivat olukorda. Iga olukorda tuleb analüüsida eraldi, muidu võib tekitada kasu asemel kahju. [15]

2 LUME- JA LIBEDUSETÕRJEKS KASUTATAVAD MATERJALID

2.1 Lume- ja libedusetõrje

Lume ja libedusetõrje eesmärk on tagada ohutu ja läbipääsetav liikumine kõikidel teedel vastavalt neile kehtestatud seisundinõuetele. Lume ja libedusetõrje tuleb teostada nii, et selle tegevusega ei kahjustataks keskkonda. Lume- ja libedusetõrje kohta on täpsemalt kirjeldatud hooldelepingute korrashoiutööde tehnilises kirjelduses, kui seda on „Tee seisundinõuetes“. Korrashoiutööde tehnilises kirjelduses olev informatsioon pärineb peamiselt vanast „Teehoiutööde tehnoloogianõuetest“, mis uue ehitusseadustiku vastuvõtmisega kaotas kehtivuse [16].

Lumetõrje on lumesaju või tuisu korral teele kogunenud lume või lõrtsi eemaldamine teekattelt, teepeenardelt ja lumevallide eemaldamine nähtavuspiirideni ning passiivsete tuisukaitserajatiste rajamist tuisu mõjude vähendamiseks [16]. Passiivsete tuisukaitserajatiste rajamine pole kohustuslik, vaid teehooldajad peavad ise otsustama, kas neid rajada või mitte. Oluline on tagada nõutud tee seisundinõuded. Transpordiamet on viimastesse lepingutesse sisse kirjutanud tööliigi passiivsete tuisukaitserajatiste kohta, mille eest on võimalik saada eraldi tasu, mis peaks teehooldajaid motiveerima neid kasutama [17]. Lumetõrje hulka kuulub ka bussipeatuste, sildade, muude teerajatiste ning liikluskorraldusvahendite puhastamine lumest. Lumetõrje juurde kuulub ka sõidutee ja kergliiklustee vaheliselt alalt lume äravedu. Lumetõrjet tuleb teostada kui $\frac{1}{2}$ kriitilisest paksusest on ületatud, vastavalt seisunditasemele. Sähkamise kiirus peaks kiiruskaamerate juures olema 30–35 km/h ja üldine sähkamise kiirus võiks jääda 35–45 km/h. Sähkamisel ei tohi paisata lund sõiduteega külgnevale kergliiklusteele. Sõiduteed tuleb lumest puhastada nii, et sõidutee äärde ei jääks vall, mis takistab nähtavust.

Libedusetõrje on teekatte haardeliste omaduste suurendamine puistamisega teekattele kloriide, abrasiivmaterjale (liiv, peenkillustik vm selleks sobiv materjal) või nende segusid ning kloriidide vesilahusi. Lisaks teostatakse teekatte haardeteguri suurendamist ka mehaanilise karestamisega, või sarnase tehnoloogiaga roobaste ja ebatasasuste likvideerimist. Näiteks on kirjelduses kirjeldatud, et puistematerjalideks tuleb kasutada puistematerjale teraläbimõõduga (2–6 mm). Lisaks, et vältida külmumist ja terade püsimist teel võib materjali sisse segada 40–60 kg kloriide 1 m³ puistematerjali koguse kohta. Teede liivatamine ei ole alternatiiviks suure liiklussagedusega teedel, kuna liiv ei püsi seal

ja liiklus teeb teekatte libedaks ning tekivad roopad lume ja jää sisse. Sellepärast on kõige mõistlikum kasutada kloriide. Teekatet ei tohi kahjustada roobaste ja ebatasasuste tasandamisega. Täiendav libedusetõrje puistamisega tuleb teostada kui kasutatakse võrktera asemel siletera. Libedusetõrjet tuleb teostada ka lumesaju ja tuisu ajal, et autorataste mõjul ei sõidetaks lund kinni ning ei tekiks erakorralist libedust. Kruusateede libedusetõrje tuleb teostada puistematerjalidega liiv, peenkillustik või muu sarnase materjaliga, mille teraläbimõõt on kuni 6 mm või mehaanilise karestamisega. Talihooldust tuleb 2+2 teedel teostada kahe hooldeautoga paralleelselt. Rohkem ülevaadet korrashoiutööde tehnilisest kirjeldusest lume- ja libedusetõrje kohta on käesoleva töö lisas (Lisa 1). [2]

2.2 Kloriidide kasutamine

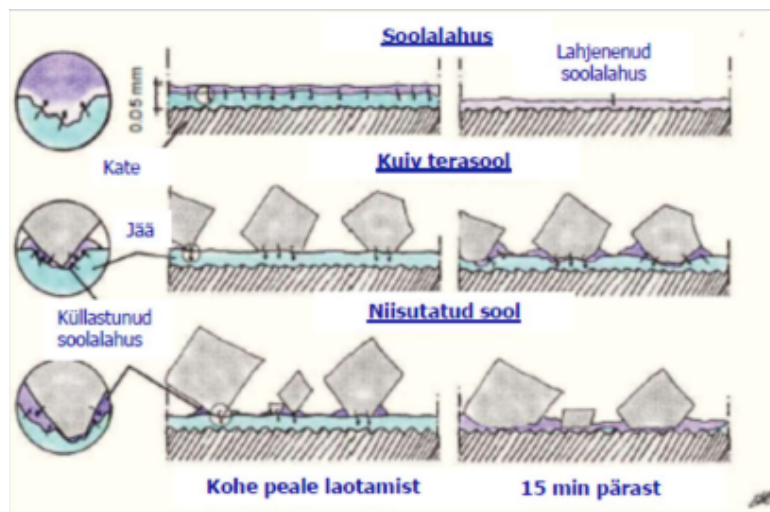
Libedustõrjeks võib sooladena kasutada naatriumkloriidi (NaCl), kaltsiumkloriidi (CaCl_2) ja magneesiumkloriidi (MgCl_2). Eestis kasutatakse peamiselt talihooldel naatriumkloriidi (NaCl), kuna see on teistega võrreldes odavam. Hooldelepingute korrashoiutööde tehnilises kirjelduses on kirjas, et väga madalate temperatuuride korral (alla $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) kui NaCl -ga puistamine on raskendatud, tuleb libedusetõrje teostata CaCl_2 -ga või sarnase mõjuga muu libedustõrjematerjalidega. Kaltsiumkloriidi kasutatakse pigem väga külmade kraadide juures ja ekstreemsetes oludes. Selle kasutamist välditakse peamiselt selle hinna tõttu. NaCl efektiivsus väheneb kui õhutemperatuur on alla $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ning tavaliselt siis teed enam ei soolata. Temperatuuride juures alla $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ tuleb kasutada ainult puistematerjale. Soolalahuse asemel kasutatakse niisutatud soola, kui teitemperatuur on alla $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Naatriumkloriidi (NaCl) ja Kaltsiumkloriidi (CaCl_2) võrdlus [18]:

- kristallilise NaCl niisutamiseks kasutatakse soolalahusena CaCl_2 ;
- uuringute tulemustel on CaCl_2 vähem korrosiooni põhjustav võrreldes NaCl , kuid CaCl_2 suurem hügroskoopsus on metallile suuremaks korrosiooniriskiks, sest hoiab kauem seda niiskena;
- sõiduki piduritele mõjub CaCl_2 negatiivsemalt, kui NaCl ;
- suurema hügroskoopsuse tõttu hoiab CaCl_2 tee kauem niiskena, mistõttu kasutatakse CaCl_2 kruuskatete tolmutõrjeks;
- CaCl_2 on võrreldes NaCl suurem lagundav mõju vanale betoonile (sellepärast ei kasutata Rootsis talihooldeks CaCl_2);
- CaCl_2 ja NaCl on kloriidide sisalduse tõttu mõlemal soolal taimestikule ja põhjavee kvaliteedile sarnane mõju.

Eestis kasutatakse Saksamaa, Valgevene ja Egiptuse soolasi. Tulenevalt sanktsioonidest on Valgevene soola kasutamine praegusel ajal raskendatud. Enamasti kasutatakse Saksamaa soola. Valgevene sool on odavaimaid, kuid selle kasutamine tekitab probleeme soolapuisturitele ja lisaks on üldiselt selle kasutamisel kulunorm suurem, kui Saksamaa soola. Valgevene sool sisaldab rohkem peenemaid ja tolmuosakesi, aga selle koostisega sool mõjub kiiremini kui jämeda-teralise soolaga. Kloriidide katsetamist on vähesel määral Eestis tehtud ja sellest on valminud aruanne Transpordiameti tellimustööl „Kloriidide katsetamine“, kus on täpsemalt kirjutatud kloriididest, selle katsetamisest ja tulemustest Saksamaa, Valgevene ja Egiptuse soolade kohta [19]. Aruandes katsetati soolaseisunditaseme 1 katselõigul ja katsetuste põhjal oli Valgevene ja Saksa soola toimivus sarnane. Egiptuse soola tulemused olid pigem halvemad. Lisaks toimivusele oli teostatud katseid ka varasemalt kehtinud nõuetele, millele kloriidid pidid vastama. Selle tulemusena leiti, et Egiptuse päritolu soola vees lahustumatute ainete sisaldus ületab veidi varem kehtinud normi, kuid enam ei sega see nende kasutamist. Selleks, et saada paremaid ja täpsemaid tulemusi soolade toimivuse kohta, peaks neid kindlasti katsetama veel ning katselõigud peaksid asuma 2. ja 3. seisunditasemetel.

Selleks, et soolade kasutamine teedel annaks tulemusi on vaja teada, kuidas neid kasutada. Soolade kasutamine läbi erinevate viiside võib anda teekatete töötlemisel erinevaid tulemusi (Joonis 5). Sellepärast on oluline, et teehooldaja teaks, kuidas ja millises olekus peaks teekatet töötleva.



Joonis 5. Soolade mõju teekattele läbi erinevate kasutusviiside [19]

Soola kasutamise võimalused [19]:

- „soolalahus laotub ühtlaseks kihiks ja lahjeneb teel oleva niiskuse segunemisega. Kui teepinnal on liiga palju niiskust või tekib seda juurde, võib soolalahusega libedusetõrje tegemine ebaõnnestuda ja tee võib jäätuda“;
- kuiv sool laotub tee pinnale juhuslikult ning osa soola lendub puistamisega teenõlvale. Niiskus peab enne kuiva soola imenduma kui tegelik sulatamine algab. Kuiva soola laotamine teele on oma suure kadu pärast majanduslikult ebaõkonoomne;
- niisutatud sool sisaldab vajalikku algniiskust, mille tulemusena kontakt jääga suureneb ja mõjub kiiremini. Niisutamisel lisatakse kuivale soolale 25-30 kaalu-% soolalahust (minimaalselt 80 liitrit 1 m³ soola kohta).

Libedusetõrjel on praktikas soolalahuse ja niisutatud soola kasutamine teineteist täiendavad töömeetodid. Igal puistamisel on oluline jälgida, et puisturil oleks niisutusmehhanismid töökorras. Soolalahus on kõige sobivam ennetavaks libedusetõrjeks õhukese jää või härmatise korral. Soolalahusega ei ole võimalik eemaldada paksu jääd või lund. Lume korral kasutades tekitab see hoopis kahju kui kasu. Niisutatud sool on sobivam külas ja märjas keskkonnas ning kasutamiseks lumesaju alla. [20]

2.3 Kulunormid

Lisaks soolade toimivusele ja kvaliteedile on veel üheks oluliseks teguriks soolade kasutamisel nende kogused libedusetõrjeks. Korrashoiutööde tehnilises kirjelduses on selgelt kirjas, et kloriidide kasutamisel ei tohi kloriide üledoseerida, et vältida voolavat vett. Esiteks on see oluline keskkonna seisukohast, et liigne kloriide sisaldav vesi ei kahjustaks ümbritsevat keskkonda ja teiseks läheb üleliigne sool raisku. Lisaks sellele võib üleliigne vesi tekitada väga madalatel temperatuuridel rohkem libedust. Lähiriikides on soola kogused ja loodushoid väga tähtsal kohal, seega proovitakse leida koguaeg lahendusi, kuidas vähendada soola kasutamist, kuid tagada piisav liiklusohutus. Varasemalt oli libedusetõrjeks kasutatavate kloriidide koguste kohta täpsemalt kirjeldatud määruses „Teehoiutööde tehnoloogianõuded“, mis olid kehtestatud Teeseaduse alusel, kuid uue 2015.a ehitussedustiku vastuvõtmisega kaotas kehtivuse. Määruses oli väljatoodud 20–25 % naatriumkloriidi lahuse kogused (Joonis 6) ja niisutatud kloriidi kogused (Joonis 7).

Õhutemperatuur, °C	Pärast lume sahkamist		Pärast lõrtsi sahkamist		Jäite puhul	
	ml/m ²	l/km	ml/m ²	l/km	ml/m ²	l/km
0 kuni –2	20–40	150–300	20–40	150–300	5–20	40–150
–2 kuni –4	40–50	300–375	40–160	300–1200	20–40	150–300
–4 kuni –7	50–60	375–450	–	–	40–60	300–450

Joonis 6. Libedusetõrjel kasutatavad 20-25 % naatriumkloriidi lahuse (NaCl) kogused [16]

Õhutemperatuur, °C	Pärast lumekoristust		Pärast lõrtsikoristust		Jäite puhul	
	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km	g/m ²	kg/km
0 kuni –2	10–20	75–150	10–20	75–150	2–5	15–40
–2 kuni –4	10–20	75–150	20–30	150–225	5–10	40–75
–4 kuni –7	20–40	150–300	30–50	225–375	10–20	75–150
–7 kuni –10	40–60	300–450	50–70	375–525	20–30	150–225

Joonis 7. Libedusetõrjel kasutatavad niisutatud naatriumkloriidi kogused [16]

Ennetaval libedusetõrjel on „naatriumkloriidi lahuse kogused 5–20 ml/m² ehk 40–150 l/km ja niisutatud kloriidi kogused 5–15 g/m² ehk 40–120 kg/km“ [16]. Hetkel ei ole Eestis ühtegi kehtivat soolanormide tabelit, millest teehooldajad saaksid lähtuda. Seega peavad kõik teehooldajad ise otsustama kloriidide kvaliteedi ja koguste kohta, et tagada „Tee seisundinõuded“. Kõige paremini saavad teehooldajad oma soola koguseid korrigeerida läbi oma kogemuste või siis lähtuda valemist, mis on kirjeldatud „Teeleht talv 2016“ numbris. Valem $0,1 \text{ mm} \times 1 \% = 1 \text{ g/m}^2 \text{ NaCl}$ tähendab seda, et 0,1 mm veekihi korral piisab libedusetõrjeks 1 % soolast, kui teetemperatuur ei lange väga madalale. Ehk 100 g vee kohta on piisav ennetada libedust 1 g soolaga 1 m² kohta [21]. Samas tuleb arvestada, et kuigi tänapäeva tehnoloogia abil on võimalik näha ennustatavat prognoosi, siis võib prognoos muutuda ja liiga vähese soola korral tuleb teostada puistamine uuesti. Seega tuleks prognoosi suhtuda kriitiliselt ja arvestada koguse juures pisikese varuga, aga mitte liiga suure varuga kui kasutada eelnimetatud valemit. Veel peaks arvestama piirkondlike erisustega, mida tuleks soola koguse ja kasutamisega arvestada.

2.4 Keskkonnasõbralik libedusetõrje

Lisaks naatrium-, kaltsium- ja magneesiumkloriididele on maailmas kasutusel veel erinevaid keskkonnasõbralikemaid libedusetõrjeks kasutatavaid materjale. Materjalide nimetused koos kasutusvormi, temperatuuri piiri ja kirjeldustega on käesoleva töö lisas (Lisa 2) [19]. Kuna järjest rohkem on hakatud muretsema keskkonna pärast, siis on hakatud uurima keskkonda säästvate materjalide kohta. Kloriidide kasutamisega kaasnevaid keskkonna mõjusid ei ole veel piisavalt uuritud, siis ei saa kindel olla, et kloriidide kasutamisega ei kaasneks mingit keskkonna mõju. Sellepärast on mõnedes maades ja isegi Soomes kasutusele võetud põhjavee ning taimestiku kaitseks formiaadid (Fo) ehk sipelgahappe (HCOOH) soolad. Kaaliumformiaat (KCOOK) ja naatriumformiaat (HCOONA) on tavalistest kloriididest mitu korda kallimad, aga nende korrodeeruv mõju betoonile ja metallile on väiksem. Lisaks nendele on kasutusel ka atsetaadid. Näiteks kaltsiummagneesiumatsetaat (CMA), mis on valmistatud lubjakivist ja äädikhapest. See töötati välja USA-s 20 aastat tagasi ja on laialdaselt kasutusel maailmas. Kaltsiummagneesiumatsetaat (CMA) toimib teisiti, kui naatriumkloriid (NaCl), kuid ei ole väga efektiivne madalate temperatuuride korral [22].

Kaltsiummagneesiumatsetaadi ja kaaliumformiaadi baasil on Taanis valmistatud toode ICE&DUST-AWAY, mis sobib kõikidele pindadele ja on palju efektiivsem, kui naatriumkloriid. Toode on kiirelt biolagunev ja ei tekita korrosiooni ega mõju taimedele ohtlikult. Tootel on tolmuvastane toime ehk vähendab õhku paiskuvaid peenosakesi (k.a naastrehvide kasutamisega kaasnevate peenosakeste õhku paiskumisega). ICE&DUST-AWAY tooteid on kasutatud nii libedusetõrje vahendina, kui kruusateede tolmutõrjevahendina [23]. Rootsi pealinnas Stockholmis on läbiviidud terviseameti uuring, mille kohaselt ICE&DUST-AWAY kasutamise tagajärjel on peenosakeste kontsentratsiooni õhus vähenenud ligikaudu 35 %. Toodet on kasutatud alates 2013-14 talvel [24]. ICE&DUST-AWAY tooteid on saadaval erinevate koostistega, millel on erinev temperatuuride toimivus alates $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $-31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. ICE&DUST-AWAY on vedelal kujul ja kasutamiseks koheselt valmis. Kodulehelt leiab ka soovitatavad kogused kasutamiseks, kuid arvestama peab erinevate teguritega [25]. Tootel on palju häid omadusi, et seda kasutada Eestis libedusetõrjeks, kuid selle kallis hind teeb selle kasutamise võimatuks.

Lisaks keskkonnasõbralikematele vahenditele on olemas ka automaatseadmed, mis aitavad vähendada keskkonnamõju näiteks sildadele ja viaduktidel ning vähendaksid hooldemasinate kasutamisega kaasnevat CO_2 kogust. Üheks selliseks seadmeks on FAST fikseeritud automaatne soolalahuse

pihustamise süsteem. Seadme saab paigaldada katte peale või külgedele. [26] Sellised seadmeid oleksid suureks abiks ennetava libedusetõrje teostamisel, kuna andurid teostavad libedusetõrje koheselt, kui teeolud muutuvad. Seadmete kõrge hinna tõttu oleks nende kasutamine õigustatud sildadel ja viaduktidel, kuna teedel oleks nende kasutamine ebamõistlikult kulukas arvestades hetkeolukorda. Keskkonnasõbralikumad libedusetõrje vahendid ja seadmed on mitu korda kallimad ning arvestades Eesti teehooldusele mõeldud väikest eelarvet ja edasist prognoosi. Pole lähiajal Eestis võimekust kasutusele võtta keskkonnasõbralikemaid libedusetõrjevahendeid ja seadmeid. Seni tuleb lume- ja libedusetõrjeks kasutada ennetavaid meetmeid, kuid mõistlikus piires. Kindlasti tuleks keskkonnasõbralikemaid libedusetõrjevahendeid ja seadmeid uurida ning leida soodsamad lahendused, mida saaks kasutusele võtta, mis hõlbustaksid ka ennetava libedusetõrje teostamist. Seni tuleb soola koguseid optimeerida vastavalt olukordadele ja kasutada võimalikult keskkonnasäästlikult.

3 ENNETAV LIBEDUSETÕRJE RIIGITEEDEL

Ennetav libedusetõrje on üks olulisemaid osasid talvisest teehooldest, mis aitab kaasa paremate tingimuste loomiseks talvistes oludes. Ennetava libedusetõrje mõte seisneb selles, et proovitakse vältida libeduse teket teedel ning nii, et hooldustsükli aeg ei käivituks, mis omakorda võimaldab kasutada pikemaid hooldemarsuute. Eelkõige saab ennetada sellist libedust, mis on põhjustatud temperatuuride kõikumisest. Teiste juhtudel tuleb olukordi analüüsida ja teha võimalik parim otsus, et vältida vastupidist efekti. Ennetavat libedusetõrjet on kõige parem kasutada sügisel esimeste öökülmadega ja varakevadel, kui päeval on sula ja öösel külmetab. Ennetavat libedusetõrjet mõistetakse teehooldusega seotud juhendites, aktides ja määrustes järgmiselt:

- „3+ ja 3. seisunditasemega teedel peab olema ennetav libedusetõrje tehtud kogu sõidutee ulatuses, kui ilmaprognooside, teeilmajaamade andmete või muude selliste andmete alusel on tõenäoline haardeteguri vähenemine alla nõutava“ [27];
- Ennetav libedusetõrje tuleb teostada üks kuni kuus tundi enne võimaliku libeduse teket [2];
- Ennetava libedusetõrje teostamisel null kraadi lähedaste temperatuuride korral on soovitatav kloriidilahuste kasutamine [2].

Ennetav libedusetõrje lisati seaduse tasandil nõuetesse 2011. aastast, kui karmistati varasemalt kehtinud teehooldusnõudeid, kuid toona ei olnud võimalik neid kehtivatesse hooldelepingutesse lisada. Esiteks oli põhjuseks vähene raha ja teiseks oli keeruline kehtivaid hooldelepinguid muuta. Seega on ennetavat libedusetõrjet lisatud hooldelepingutesse järk-järgult uute lepingute sõlmimisega. [28] Lisaks sellele on ennetavat libedusetõrjet praeguseni täiendatud ja muudetud. Varasemalt pidid teehooldajad ise otsustama, millal teed lähevad libedaks ning teostama ennetava libedusetõrje, siis nüüd on tehnoloogia läinud täpsemaks ja veebiteenuse TIK kuvatava kolme välisprognoosi järgi on võimalik teha üsna täpne otsus ennetavaks libedusetõrjeks. Teehooldaja vaatleb kolme välisprognoosi ja võtab arvesse patrullisõite teinud autojuhi poolt edastatud informatsiooni ning seeläbi teeb otsuse ennetavaks libedusetõrjeks. Teehooldaja saadab koheselt välja teate ennetava libedusetõrje teostamise alustamise kohta Transpordiametile ning saadab välja masinad teostama ennetavat libedusetõrjet. Pärast ennetava libedusetõrje teostamist tuleb seisunditasemel 3+ tehtud töö tulemuslikkust teehooldajal ise tõestada ning teha selleks kahe tunni jooksul pärast libedusetõrjet haardeteguri mõõtmised kasutades selleks Eltrip mõõturit või selle analoogi. Selleks, et motiveerida teehooldajaid rohkem tegema ennetavat libedusetõrjet on päris uutesse hooldelepingutesse lisatud seisunditaseme 3+ ennetava libedusetõrje eest

eraldi tasustamine. See tähendab, et seisunditaseme 3+ ennetava libedusetõrje eest tasumine toimub tehtud ennetava libedusetõrje teekilomeetri (mitte puistatud kilomeetri) eest vastavalt kululoendis olevale ennetava puistamise teekilomeetri hinnale. Selleks on Tellija poolt etteantud vorm (Joonis 8), mida tuleb teehooldajal täita samal päeval, mil ennetav libedusetõrje tehti ning edastada Tellijale järgmise päeva kella 9.00-ks. Teehooldaja märgib akti kuupäeva ja kella, millal ennetav libedusetõrje teostati ning auto numbrid vastava teelõigu juurde. Lisaks kirjutab teehooldaja akti pärast ennetavat libedusetõrjet teostatud haardeteguri mõõtmist saadud tulemused ja lisab sinna ekraanipildi või selgituse, miks ennetav libedusetõrje teostati. Tuleb meeles pidada, et ennetav libedusetõrje, mis tehti vastavalt prognoosile aga haardetegur jäi saavutamata, ei kuulu väljamaksmisele, aga mitte ka mahaarvamisele. [2]

TALVISE SEISUNDITASEMEGA 3+ RIIGITEEDE ENNETAVA LIBEDUSETÕRJE TEGEMISE AKT nr 2										Lisa 18	
Märtsi kuu 2023. a teostatud tööd											
TELLIJA: Transpordiamet					ENNETAV LIBEDUSETÕRJE LEPINGUS:						
TEEHOOLDAJA:					VAREM TEHTUD TÖÖD:						
LEPINGU NR:					SELLES KUUS TEHTUD TÖÖD:						
PERIOOD: 2021-2026					KOKKU TEHTUD TÖÖD:						
					JÄÄK:						

Jrk nr	Kuupäev	Töö teostamise aeg (kellaaj, ajavahemik)	Auto nr	Tee			Mõõdetud haardeteguri näit (vahemik)			TÖÖ TEOSTAMISE VAJADUSOLUKORRA PÕHJENDUS (väljavõtte prognoosid)	MÄRKUSED	1/23 sõidutega Wik
				nr	nimetus	alg km	lõpp km	pikkus km	alg km			
1	01.03.2023	03.15-04.45		1	Tallinn - Narva	26,000	63,676	37,676	0.80 - 0.81			2
2	01.03.2023	03.15-04.45		3716	Saaremaa ühendustee	0	0.030	0.030	0.80 - 0.81			1
3	01.03.2023	03.15-04.45		3717	4.Vahutu ühendustee	0	0.033	0.033	0.80 - 0.81			1
4	01.03.2023	03.15-04.45		3718	5.Vahutu ühendustee	0	0.030	0.030	0.80 - 0.81			1
5	01.03.2023	03.15-04.45		3719	1.Lüpskü ühendustee	0	0.034	0.034	0.80 - 0.81			1
6	01.03.2023	03.15-04.45		3720	2.Lüpskü ühendustee	0	0.034	0.034	0.80 - 0.81			1
7	01.03.2023	03.15-04.45		3721	1.Kemba ühendustee	0	0.027	0.027	0.80 - 0.81			1
8	01.03.2023	03.15-04.45		3722	2.Kemba ühendustee	0	0.032	0.032	0.80 - 0.81			1
9	01.03.2023	03.15-04.45		3723	3.Kemba ühendustee	0	0.030	0.030	0.80 - 0.81			1
10	01.03.2023	03.15-04.45		3724	2.Valgjärve ühendustee	0	0.025	0.025	0.80 - 0.81			1
11	01.03.2023	03.15-04.45		3725	3.Valgjärve ühendustee	0	0.027	0.027	0.80 - 0.81			1
12	01.03.2023	03.15-04.45		3726	4.Valgjärve ühendustee	0	0.027	0.027	0.80 - 0.81			1
13	01.03.2023	03.20-04.50		2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamäe	36,550	55,889	19,339	0.80 - 0.81			2
14	01.03.2023	03.20-04.50		14	Koos - Pärnu	0	3,945	3,945	0.80 - 0.81			1
15	01.03.2023	03.20-04.50		1142	7.Koos-Risti ühendustee	0	0.247	0.247	0.80 - 0.81			1
16	01.03.2023	03.20-04.50		3771	1.Kuivajõe ühendustee	0	0.436	0.436	0.80 - 0.81			1
17	01.03.2023	03.20-04.50		3780	1.Koos-Risti ühendustee	0	0.346	0.346	0.80 - 0.81			1
18	01.03.2023	03.20-04.50		3781	1.Koos-Risti ring	0	0.052	0.052	0.80 - 0.81			1
19	01.03.2023	03.20-04.50		3782	2.Koos-Risti ühendustee	0	0.253	0.253	0.80 - 0.81			1
20	01.03.2023	03.20-04.50		3783	3.Koos-Risti ühendustee	0	0.310	0.310	0.80 - 0.81			1
21	01.03.2023	03.20-04.50		3784	2.Koos-Risti ring	0	0.052	0.052	0.80 - 0.81			1
22	01.03.2023	03.20-04.50		3785	4.Koos-Risti ühendustee	0	0.252	0.252	0.80 - 0.81			1
23	01.03.2023	03.20-04.50		3881	1.Ardi ühendustee	0	0.297	0.297	0.80 - 0.81			1
24	01.03.2023	03.20-04.50		3882	2.Ardi ühendustee	0	0.114	0.114	0.80 - 0.81			1
25	01.03.2023	03.20-04.50		3883	3.Ardi ühendustee	0	0.431	0.431	0.80 - 0.81			1
26	01.03.2023	03.20-04.50		3884	4.Ardi ühendustee	0	0.246	0.246	0.80 - 0.81			1
27	01.03.2023	03.20-04.50		3885	5.Ardi ühendustee	0	0.277	0.277	0.80 - 0.81			1
28	01.03.2023	03.20-04.50		3886	Ardi ring	0	0.059	0.059	0.80 - 0.81			1
29	01.03.2023	03.20-04.50		11141	Ojaoos - Ardi	9,059	9,958	0.899	0.80 - 0.81			1
30	01.03.2023	03.20-04.50		11708	Kuivajõe - Liiva	4,075	4,346	0.271	0.80 - 0.81			1
KOKKU									215,93		KOKKU	0,00

Tellija esindaja:
/allkirjastatud digitaalselt/

Teehooldaja esindaja:
/allkirjastatud digitaalselt/

Joonis 8. Talvise seisunditasemega 3+ riigiteede ennetava libedusetõrje tegemise akt [2]

4 LIBEDUSETÕRJE KASUD JA KAHJUD

4.1 Üldine

Iga talveperioodi saabudes tuleb liiklusohutuse tagamiseks teostada lume- ja libedusetõrjet, millega kaasneb kloriidide kasutamine. See omakorda tõstatab aga küsimuse selle kasulikkuse ja kahjulikkuse kohta. On teada, et naatriumkloriid põhjustab metallide korrosiooni, kahjustab taimestikku ning infrastruktuuri, kuid Eestis ei ole piisavalt kloriidide mõjusid riigiteedel veel pikemalt uuritud. Eriti oluline on kloriidide mõju põhjaveele. Kloriidide kasutamise keskkonnamõju on küll uuritud ühe magistritöö raames, ent ka sealt selgub, et see teema vajaks pikemalt uurimist. Eestis ei ole kloriidide kasutamiseks mingeid piirmäärasid kehtestatud. Soomes arvestatakse kloriidide poolt põhjustatavat keskkonnamõju rohkem ja sellepärast on seal põhjavee- ja taimestiku kaitsealadel kasutusele võetud formiaadid, kuid need on kümme korda kallimad, kui tavalised libedusetõrje vahendid [29]. Margus Kehi käest uurides selgub, et lisaks formiaatidele kasutatakse vähestel sildadel ka kaltsiummagneesiumatsetaati, kuid selle hind on ka soomlased pannud vaikselt nendest loobuma. Selle asemel on pööratud rohkem tähelepanu täpsemale ilmaprognoosile ja libedusetõrje teostamisel kloriidide kulunormidele. Hetkel arendatakse ilmaprognoosidest saadavat infot nii, et nendega oleks võimalik teha veel täpsemat ennetavat libedusetõrjet kui praegu. Lisaks puistamis normide optimeerimisele, tuleb tähelepanu pöörata ka kloriidide ladustamisele, et sealt ei satuks kloriidid põhjavette ega oleks ohuks keskkonnale. Soola ladustamiskohad peavad olema vett mitteläbilaskvad ning sealt valguv vesi tuleb juhtida umbkaevudesse. Soolaveega ümberkäimisel tuleb jälgida, et soolavesi ei rikuks põhjavett. Soolalahus tuleb segada vastavas seadmes puhta vee ja soolaga ning ladustada selleks ettenähtud mahutis. Kuna naatriumkloriidi (NaCl) lahus hakkab külmuma temperatuuril $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, siis tuleb jälgida, et külmaperioodil seade ei külmuks.

4.2 Vesi, taimestik ja loomastik

Teedel kasutatavad libedusetõrje vahendid satuvad keskkonda enamasti vihma, tuule, sõidukite või lume- ja jääsulamisega sõidutee äärsesse taimestikku ja sealt edasi pinnasesse, kahjustades sellega looduskeskkonda. Pinnases olev suur soolasisaldus takistab taimedel vee liikumist ning selletõttu taimed kuivavad. Lisaks häirib pinnase suur soolsus mulla mikroorganisme, kes pole kohastunud elama suure soolsusega pinnases. Seetõttu hävivad bakterid ja teised mulla organismid ning mulla teke häirub, mis

omakorda vähendab mulla viljakust. Peale taimestiku ja mulda võivad kloriidid kahju teha põhjaveele, loomadele ja vee-elustikule. Kõrge soolasisaldus põhjavees põhjustab vee maitse halvenemise, tekitab torustikes korrusiooni, mis põhjustab metallide suurenemise vees. Inimeste tervisele pole kloriidid väikestes kogustes mürgised, kui aga kloriidide sisaldus vees ületab 250 mg/l võib vee maitse ja lõhn olla probleemiks [30]. Joogivesi, mis sisaldab liigselt naatriumi võib olla probleemiks inimestele, kes kannatavad kõrgevererõhutõve all ning tekitada probleeme mõningatele diabeeti põdevatele inimestele. Loomadele on kloriidid eriti ohtlik, kuna loomad kipuvad teedele puistatavat soola sööma, mis omakorda võivad põhjustada raskeid liiklusõnnetusi. Teisalt mõjutavad kloriidid loomade tervislikku seisundit, kuna mõnede loomade jaoks võib olla väikestes kogustes soola tarbimine mürgine. See omakorda võib viia populatsioonide arvukuse vähenemiseks. Veel on katsete tulemusena leitud, et sool võib mõjutada konnade soolist koosseisu. Lisaks selle võivad kloriidid jõuda veekogudesse, kus tekitavad kahju vee-elustikule, sealhulgas loomadele, mis on veekogudega seotud. Veekogudes mõjutab sool hapnikusisaldust, toitaineid ning põhjustab halbade vetikate vohamist. Lemmikloomadele on teede soolamine samuti kahjulik, esiteks on sool kahjulik loomade käppadele, mis põhjustab käpapatjade pragunemist ja põletikke. Teiseks on sool kahjulik nende tervisele kui nad seda endale sisse söövad, mis põhjustab kõhulahtisust, oksendamist, südameprobleeme ja isegi surma. [31]

4.3 Ennetava libedusetõrje kasulik ja kahjulik pool

Igasugusel libedusetõrjel, mida teehooldajad teostavad on oma kasulik ja kahjulik pool nii ka ennetava libedusetõrje puhul. Ennetav libedusetõrje aitab vältida libedust ja parandab liiklusohutust eeskätt kõrgema seisunditasemega teedel, kus on libeduse vältimine kõige olulisem. Ennetav libedusetõrje on küll vähem kahjulik kui tavaline libedusetõrje, mida teostatakse siis, kui teed on juba libedad ja jääs. Esiteks on põhjuseks see, et ennetaval tegevusel kasutatakse vähem soola kui tagajärgede likvideerimisel ning teiseks teostatakse ennetav libedusetõrje peamiselt soolveega. Siiski peame arvestama sellega, et ka liigne soolvee kasutamine mõjub keskkonnale ja mõningatele materjalidele sama kahjulikult. Soolvesi on agressiivne materjal, mis lõhub bituumeni ja killustiku vahelist sidet, mille tulemusena tekivad lõõkaugud [32]. Viimastel aastatel on teekatete seisukord märgatavalt halvenenud tänu talviste temperatuuride kõikumisele ja tihedama kloriidide kasutamisega [33]. Transpordiameti hinnangul on lausa lõppenud talv olnud maanteedele keskmisest keerulisem ja lõõkauke on rohkem, kuid täpset arvestust keegi ei pea. Sel aastal on aga tavapärasemast keerulisem, kuna korrashoiutöödele eraldatud raha on kärbitud ja ilmselt kärbitakse veel siis on lõõkaukude parandamine muutunud keerulisemaks

[34]. Lõputöö autori ettepanekul on oluline, et libedusetõrjet kasutatakse võimalikult optimaalselt (k.a ennetava libedusetõrje teostamist). Ennetava libedusetõrje mõju ei ole küll täpsemalt maanteedel uuritud, kuid kindlasti võiks seda teha. Ennetav libedusetõrje parandab küll liiklusohutust ja aitab teehooldajal hoida kokku kulusid, kuid see peab olema ka ohutu ümbritseva keskkonna suhtes.

5 ENNETAVA LIBEDUSETÕRJE ANALÜÜS JA ETTEPANEKUD

5.1 Libeduse tekkimine

Selleks, et teostada õigeaegselt ennetavat libedusetõrjet peaksime teadma kõiki libeduse tekkimise põhjuseid ning neid mõjutavaid tegureid. Libeduse tekkimise peamisteks põhjusteks on märja teepinna jäätumine, härmatis, vihma külmale teepinnale ning lumesadu. Tee on libe kui seal esineb vett, jääd, härmatis, lahtist lund ja kinni sõidetud lund. Lumine teepind on teistest vähem libedam ning kuiv teepind ei ole libe ka väga madalate temperatuuride juures. Olulised tegurid libeduse tekkimisel on kastepunkt ja selle temperatuur. Kastepunkttemperatuuri järgi saab hinnata, kas ja milline härmatis tekib. „Kastepunkt on temperatuur, milleni õhk peab jahtuma, et temas sisalduv veeaur muutuks küllastunud auruks, see tähendab, et kastepunktist allpool õhus olev veeaur kondenseerub“ [35]. Õhk mahutab vaid teatud hulga veeauru, mis oleneb õhutemperatuurist. Mida kõrgem on õhutemperatuur, seda suurem on veesisaldus. Õhutemperatuuri langedes mahub järjest vähem veeauru õhku ning saavutades kastepunkti temperatuuri, hakkab veeaur kondenseeruma ja avaldub udu, kaste või härmatisena.

Udu tekib teedele siis, kui kastepunkttemperatuur ja õhutemperatuur on võrdsed. Kaste tekib teekattele, kui teetemperatuur on madalam kui kastepunkttemperatuur, kuid teetemperatuurid on plussis. Härmatis tekib siis kui teetemperatuurid on miinuses. Mida negatiivsem on teekaste vahe väärtus seda tugevam on härmatise teke. Härmatis on valge, „koheva lumetaoline sademekiht, mis tekib külma uduse ilmaga või eriti tugeva külmaga“, ning mida härmatise tekkimise algperioodil silm ei erista, kuid paari tunni möödudes on seda teel juba märgata [35]. Härmatise tekkimise tavaliseks põhjuseks on pilvitu taevas (selge) ja külmades ilmastikutingimustes ehk teepind eraldab soojust ning selle temperatuur langeb märgatavalt.

Teekate kuivab kui teetemperatuur on kastepunkti temperatuurist kõrgemal ning kui teetemperatuur on kastepunkti temperatuurist madalamal siis tekitab see niiskust teepinnale. Kui teetemperatuur ja kastepunkti temperatuur on võrdne siis ei toimu ei kuivamist ega lisandu ka niiskust.

Ennetava libedusetõrje õigeaegseks teostamiseks on teetemperatuuri ja kastepunkti temperatuuride erinevus üheks olulisemaks näitajaks. Kui teetemperatuur on kastepunkti temperatuurist madalam avaldub teepinnale kaste. Mida negatiivsem temperatuur on seda rohkem kastet teepinnale tekib.

Üheks salakavalaks libeduse põhjustajaks on must jää. Must jää tekib kui temperatuurid on nullilähedased või temperatuurid langevad järsult ning teekattele sajab vihma või on seal kogunenud vesi ja teekaste. Must jää on õhuke ja läbipaistev jääkiht, mida on raske märgata. Sügisel tekib must jää enamasti kõrge õhurõhu tõttu, kui taevas on selge ning teekattest eraldub palju soojust (soojuskiirgust). Sellepärast on musta jää tekkimist sügisel sildadel ja viaduktidele, kuna nende all ei ole soojust säilitavat maapinda ja selletõttu õhus olev niiskus kondenseerub teepinnale. Teel olev kaste jäätub, kui teetemperatuur hakkab langema alla nulli. Peab arvestama, et soojuskiirguse pärast on teetemperatuur mitu kraadi madalam, kui õhutemperatuur.

Pilvisuse jälgimine on talihoolde perioodil oluline, kuna pilvisus mõjutab otseselt teetemperatuuri ja selle mõjul ka libeduse tekkimist. Tihe pilvine taevas on kui kate, mis aitab vähendada maapinna soojuskiirgust ning märjad teekatted püsivad märjad ka nulli lähedase õhutemperatuuri korral. Seega kui pilved peaksid vähenema või taevas läheb hoopis selgeks siis jäätuvad märjad teepinnad koheselt tänu soojuskiirguse ja veeauru kondenseerumise. Kuna jäätumine toimub sellistes tingimustes kiiresti vajab selline tegevus koheselt reageerimist ennetava libeduse tõrje näol.

Veel võib libedus tekkida ilma järsu soojenemise tagajärjel. Sellise nähtuse eelduseks on õhus olev udu, mis moodustub siis, „kui õhu suhteline niiskus on 100 %“ [35]. Libedus tekib õhu soojenemisest tuule suunas, sest õhu soojenemisega kaasneb libedus tekib tuule suunas, kuna tuule poolt kandub edasi õhus olevaid veepiiskasid ning jääkristalle, mis koonduvad pindadele.

Libeduse tekitajaks on ka vihma sadamine külmale teepinnale, mille tagajärjel maha sadanud vesi osaliselt jäätub ning tekitab jääs teekatte. Alla sadanud vihm ise võib olla samuti alajahtunud ning alla sadades tekitab teekattele jäite. Jäide on maapinnale ning esemetele langenud alajahtunud vihma või udupiiskade jäätumisel tekkinud jääkihti (Kiilasjääks nimetatakse maapinnal tekkinud jäidet). Parim õhutemperatuuride vahemik jäite tekkimiseks on 0 °C kuni -3 °C kraadi.

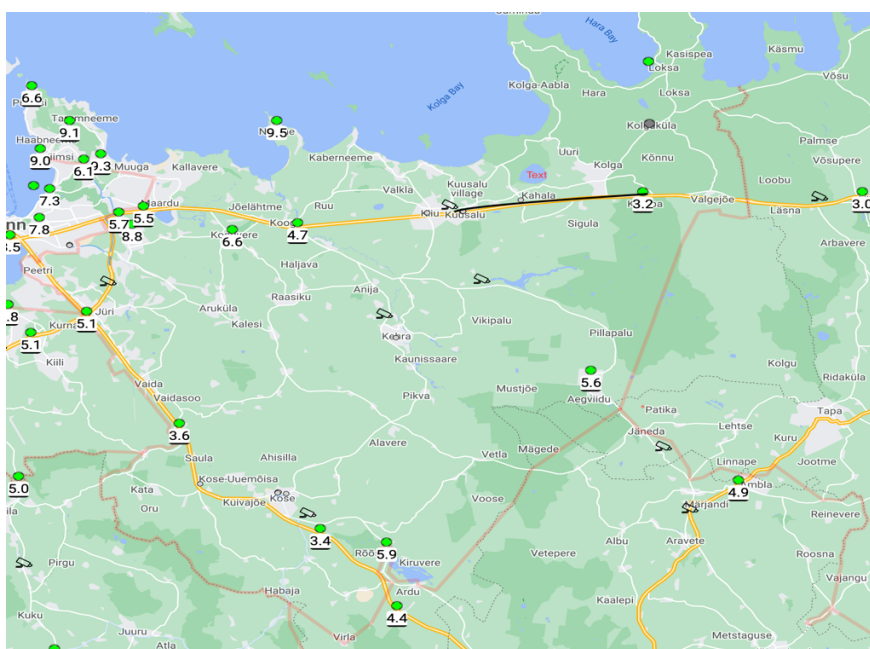
Kevadperioodil ja vahepealsetel sulaperioodidel tekitab libedust lume sulamisega kaasneva vee valgumine teekattele, mis temperatuuride langedes jäätub. Lisaks kaasneb libedust ka väga külmade ilmadega (alla -7 °C). Näiteks, kui pikalt on olnud külmperiood siis liikluse toimel lihvitakse soojade rehvidega teekate libedaks. Veel võib teekatte niiskuse põhjustajateks olla sõidukitest eralduvad heitgaasid ja kliimaseadmete kasutamisega kaasneva kondensvee poolt.

Haardeteguri vähenemist ja libedust põhjustab ka lumesadu või pinnatuisk, mille tagajärjel satub lumi teekattele. Teekattel kinni sõidetud lumi lihvitakse suure liiklussedusega jäiseks. Sama kehtib ka pinnatuisuga kaasneva lume korral. Märg lumi põhjustab kuivast lumest rohkem libedust ning eriti libe on teekate siis kui lumi sajab alla jäisele teekattele. Lumesadu võib mõõta veemillimeetrites, mis tähendab, et 1 veemillimeeter = 1 lumesentimeeter, külma pakaselist lund 12 cm. See aitab teehooldajal arvestada, mitu sentimeetrit võib lund olla teekattel. Soome lahega piirnevatel piirkondadel tekitab libedust tihti mereefekt (laheefekt), mis toob kaasa tihti heitlikud ilmad. Mereefekt (laheefekt) võib kaasa tuua tiheda lume, vihma kui ka rahe. Lumega kaasnev libedus tekib eelkõige siis, kui talihooldus ei ole piisav ning valel ajal teostatud. [36], [35]

5.2 Analüüs Ida-Harju piirkonna näitel

Analüüs põhineb lõputöö autori kogemustel Ida-Harju piirkonnas 2021/2022 ja 2022/2023 teostatud ennetava libedusetõrje põhjal. Ennetavad meetmed libedusetõrjeks on vajalikud tagamaks turvaline ja ohutu liikluskeskkond. Varasemalt lasti teedel ennem libedus tekkida ning alles siis tegeleti tagajärgede likvideerimisega, mis on teehooldajatele palju kulukam, kui kasutada ennetavaid meetmeid ning minimaliseerida libeduse teket. Selleks, et ennetavad meetmed oleksid tõhusad oleks oluline, et kõik saaksid neist ühtemoodi aru ning teostaksid neid piirkonniti sarnaselt. Täpseks ennetava libedusetõrje teostamiseks on tarvis selgeid ja täpseid juhiseid ning teadmisi, kuidas seda teha. Piisavate teadmiste omandamiseks oleks oluline, et ennetava libedusetõrje teostamise kohta viiakse läbi iga aastane koolitus, kus teehooldajad saaksid analüüsida tehtud tööd ning jagada kogemusi. Veel on oluline, et määrustes ja juhendites oleks piisavalt informatsiooni ennetava libedusetõrje teostamise kohta. Hetkel on ennetava libedusetõrje teostamise põhimõtted määrustes ja juhendites ebapiisavalt kirjeldatud. Hooldelepingutega seotud tehnilises kirjelduses on ennetava libedusetõrje teostamise kohta liiga vähe kirjeldatud ja see omakorda põhjustab selle, et erinevas piirkonnas saadakse selle teostamisest erinevalt aru ning teostatakse erinevalt. Tehnilises kirjelduses on öeldud, et talvistel seisunditasemetel 3+ ja 3 tuleb teostada ennetav libedusetõrje, kui Riigi Ilmateenistuse ilmaprognoos või veebiteenus TIK ilmaprognoos annab selleks aluse [2]. Prognoosid on enamasti juba üsna täpsed, et nende põhjal saaks teostada ennetavat libedusetõrjet, ent kahjuks ei oska nad arvestada eelnevalt teostatud hooldetöödega. Näiteks lubab prognoos õhtuks korra libedust, kuid ei arvesta eelnevalt puistatud soola koguseid. Teekattel olev sool toimib ja pole kohest vajadust teostada ennetavat libedusetõrjet. Veel on oluliseks teguriks ilmajaamade ja teekaamerate vähesus. Piirkondades on kaamerate vahemaad liiga suured (Joonis 9) märgitud joonega.

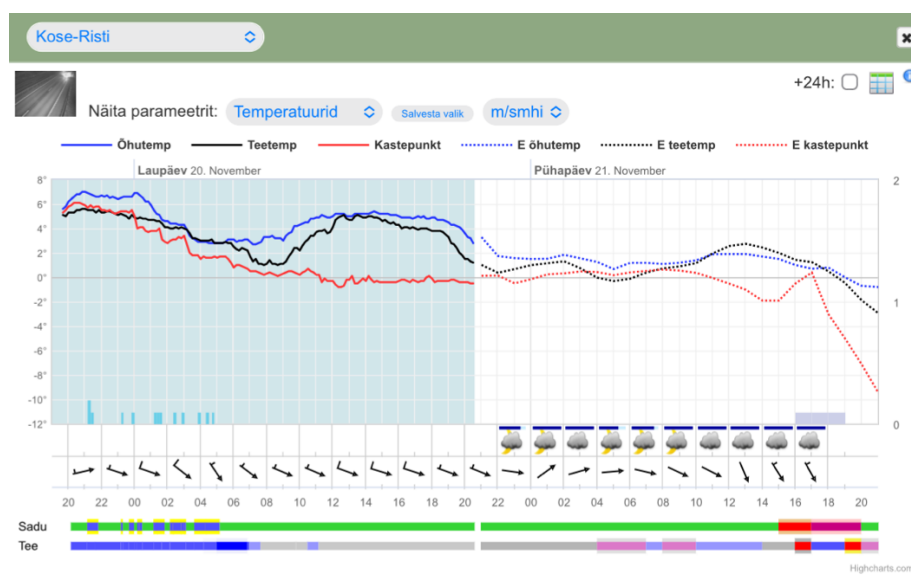
Näiteks on ilmajaamade ja kaamerate vahemaa kohati 15–30 km (Tallinn-Narva, Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa, Tallinn-Pärnu-Ikla), mis on ilmselgelt liiga suur vahemaa, arvestamaks olukorrast vahepealse ala kohta. Kindlasti peaks põhitrassidel olema ilmajaamasid ja kaameraid rohkem, et oleks piisavalt informatsiooni, millega arvestada õigete hooldetööde otsuste planeerimisel. Kaamerate pika vahemaa tõttu puudub informatsioon vahepealse ala kohta ning olemasolevate informatsioonide põhjal teostatud otsused võivad osutuda valeks või ebapiisavaks. Ka patrullisõitude teostamine nendel aladel ei annaks piisavalt täpset informatsiooni, kuna patrullide paigutamine selliselt, et see kataks ära kogu ala on siiski ebamõistlik. Arvestades ühte patrullisõitu tegeva auto marsruuti, mis on üsna pikk on selge, et patrullisõitu alustades saadud informatsioon võib olla muutunud/aegunud ringi lõpuks. Sellepärast on oluline, et teekaamerad ja ilmajaamad oleks paigutatud nii, et patrullisõitu teostavalt inimeselt tulenevat infot on võimalik pidevalt kontrollida ja täpsustada läbi teekaamerate ja ilmajaamade. Päeva lõpuks on siiski oluline see, et ennetada saab seda, mille kohta on teehooldajal piisavalt informatsiooni nii saabuvaks kui ka hetkeolukorra kohta.



Joonis 9. Ilmajaamade ja teekaamerate paigutus Ida-Harju piirkonnas [12]

Veel on murekohana esile kerkinud ennetava libedusetõrje teostamiseks etteantud aeg. Korrashoiutööde tehnilises kirjelduses on kirjas, et ennetav libedusetõrje tuleb teostada üks kuni kuus tundi enne võimaliku libedust ning töö tulemuslikkust tuleb ise tõestada kahe tunni jooksul pärast libedusetõrjet [2]. Kuus tundi on liiga pikk aeg, et teostada ennetav libedusetõrje, kuna selle ajaga võib olukord hoopis muutuda. Võttes

arvesse seda, et ühe hooldeauto marsruut ja töö teostamine kestab üks kuni kaks tundi. On täiesti piisav, et optimaalne ennetuse teostamise aeg oleks kolm tundi enne libeduse tekkimist. Ka selline ajaline aken on juba veidi varuga, arvestades soola mõjumiseks vajalikku aega ning tuginedes kaheaastasele kogemusele. Sellise ajalise ennetuse jõuab teostada saju sisse, enne sadu ning märja või niiske katte jäätumise puhul. Eraldiseisvalt tuleks vaadelda prognoose, mis lubavad kuivale teekattele libedust (k.a härmatise korral). Sellisel juhul võiks aeg olla veel lühem, kuna kuivale teekattele ja härmatise korral ei teki libedus kohe. Parimal juhul ei pruugi libedust isegi tekkida (Joonis 10). Siis peaks ennetuse vajadust jälgima vastavalt hetkeolukorrale ja teostama selle siis kui libedus või härmatis hakkab päriselt kuskil tekkima. Selleks on samuti oluline, et teeilmajaamasid ja kaameraid oleks piisavalt, mis kataksid ära ala ning informatsioon oleks kohe nähtav.

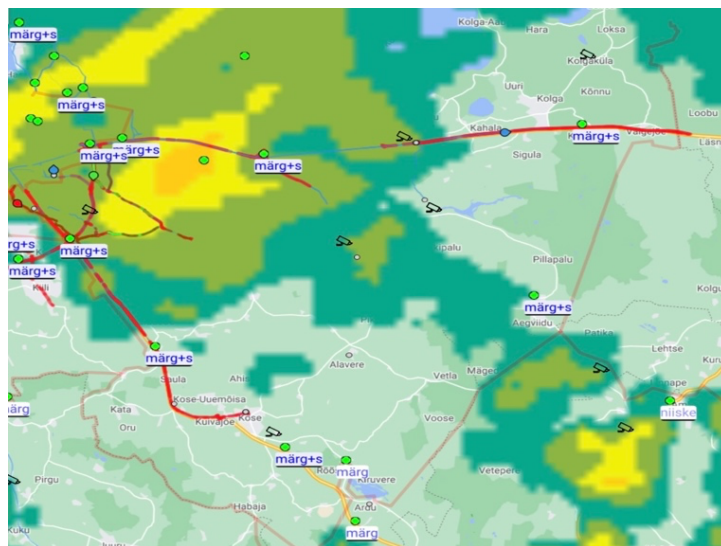


Joonis 10. TIK väljavõtte olukorrast [12]

Veel on ennetava libedusetõrje juures oluline jälgida selle teostamise aega. Teostamisel on oluline arvestada liiklussagedusega, kuna sool toimib paremini tiheda liiklussagedusega. Tuleks uurida ja katsetada ennetavat libedusetõrjet erinevate liiklussagedustega teedel ning leida sügis/kevad olukordadeks, mingid kindlad ajalised vahemikud. See aitaks vältida seda, et ennetus tehakse esimese härmatise prognoosi peale ära, aga hommikusel tipptunnil eelnevalt puistatud sool seal enam ei toimi. Näiteks lubab TIK ilmaprognoos väikest härmatist õhtul kella kümne paiku, samas näitab järgmist härmatist hommikul kella kolme aeg. Sellisel juhul tuleks analüüsida olemasolevat olukorda ja võimalusel teostada ennetav libedusetõrje varahommikul, et sellest oleks kasu hommikusel tipptunnil.

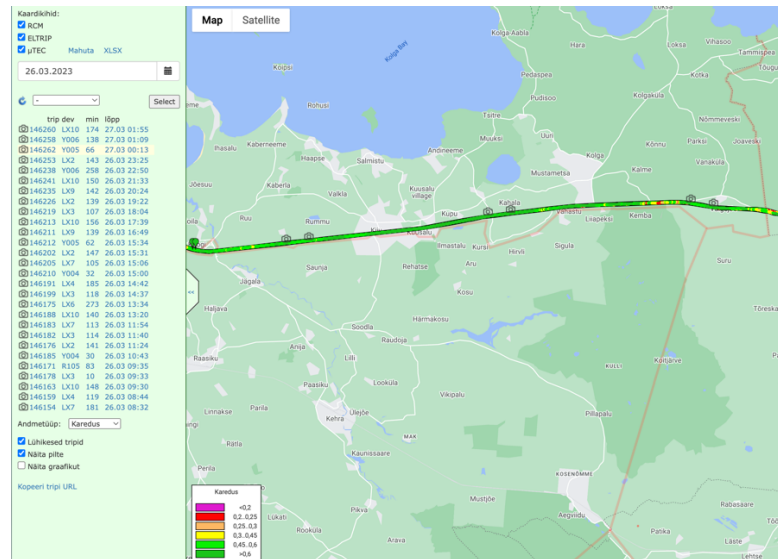
Sarnane näide teistsuguste kellaaegadega kehtib ka õhtuse tipptunni kohta. Ennetava libedusetõrje mõte seisneb ikkagi selles, et tagada inimestele liiklusohutu keskkond.

Ennetava libedusetõrje kasutamise ideaalseim aeg on kevad/sügis olukordades, kus toimub temperatuuride kõikumine. Ka südatalvel on ennetava libedusetõrje kasutamine õigustatud olenevalt olukorrast. Näiteks võiks juhendites olla kirjas, et väga madalate temperatuuride korral ei ole ennetava libedusetõrje tegemine soovitatav, kuna selle teostamine võib tekitada rohkem kahju kui kasu isegi kui ilmaprognoosid annavad aluse teostada ennetav libedusetõrje. Esiteks kaotab NaCl väga madalate temperatuuride korral oma mõju ning isegi kui see sool peaks seal teel korraks mõjuma, tekitab see niiskusega teele rohkem veehulka, mis hiljem uuesti jäätub ja kasvatab jääkihi paksust teele. Sellega tekitab liikluses hoopis ohtu juurde, mitte ei ennetata seda. Väga hästi on ennast tõestanud ka ennetava libedusetõrje teostamine jäävihma ja lume korral (Joonis 11).



Joonis 11. Ennetav libedusetõrje 26.03.2023 [12]

Tänu ennetavale tegevusele sellistes oludes on olnud järelhooldus lihtsam ning kasutatud soola kulu võimalikult minimaalne. Veel aitab ennetav tegevus sellistes oludes vähendada libeduse tekkimise võimalusi (Joonis 12) ennetava libedusetõrje kontroll. Loomulikult on sellistes ilmastikuoludes oluline analüüsida hetkeolukorda, et teha ennetav libedusetõrje võimalikult õigel ajal, et vältida vastupidist efekti.



Joonis 12. Ennetava libedusetõrje kontroll 26.03.2023 [9]

Tähelepanu tuleks pöörata ka ennetava libedusetõrje kontrollimisele ja tõestamisele. Töö tulemuslikkust tuleb kontrollida kahe tunni jooksul pärast libedusetõrjet, kasutades haardeteguri mõõtmiseks Eltrip mõõturit või selle analoogi [2]. Kontrollides töö tulemuslikkust kahe tunni jooksul, tekib küsimus, mida teeholdajad siis täpselt kontrollivad. Näiteks kui ennetav libedusetõrje on teostatud kuus tundi enne ja haardeteguri mõõtmist teostati kohe pärast libedusetõrjet ning prognoositud libedust ei olnud veel saabunud. Siis teeholdajad ei saa tegelikult kontrollida seda, kas ennetav libedusetõrje toimis selleks, mida oli ennustatud. Parim viis töö tulemuslikkust kontrollida oleks mõõtmised teostada siis, kui olukord on saabunud, et saaks tõestada ennetava libedusetõrje kasulikkust.

Tähelepanu tuleks pöörata ka haardeteguri mõõteseadmetele, kuna hetkel kasutuses olevad mõõteseadmed pole veel päris hästi arendatud ning nendega mõõtes võib mõningatel juhtudel saada valeinformatsiooni. Ka kalibreeritud Eltrip mõõtur võib olenevalt olukorrast näidata erinevaid andmeid. Näiteks võib erinevusi mõõtmisel tekitada erinevate rehvide kasutamine (naelrehvid/lamellrehvid) ning mõõtmiste erinevus (koht, kiirus, pidurdamine). Eelnimetatud erinevused võivad aga põhjustada teeholdajatele kahju, kui vale haardeteguri tulemusel teostatakse sanktsioneerimine (mahaarvamine) või ennetava libedusetõrje teostamise eest jääb 3+ seisunditasemel tasustamata. Sellepärast oleks oluline, et mõõtmised teostatakse kõigis piirkondades ühesuguselt.

Keskkonnakahjude vähendamiseks peaks uurima ja arendama puistureid või seadmeid, et teedele puistataks võimalikult optimaalne kogus soola. Näiteks on Epoke poolt loodud seade EpoTherm, mis

aitab paremini optimeerida soola koguseid. Seade automaatselt seadistab puistekogust vastavalt mõõdetud teetemperatuuridele. Hetkel katsetatakse antud seadet osades piirkondades, kuid täpseid tulemusi ja selle tõhusust pole veel teada. [37]

Kogemuste põhjal on oluliseks murekohaks ka aruandlus ennetava libedusetõrje korral. Teostades ennetavat libedusetõrjet ja täita sellekohast akti igapäevaselt tundub ressursside raiskamisena. Akti täitmiseks kasutatakse TIK ja MTSS keskkonda, mis mõlemad on veebipõhised ning sealt tulenevat informatsiooni kirjutatakse lihtsalt akti ümber. Selleks, et vähendada teehooldaja ja järelevalvet teostava inimese ressursside raiskamist võiks ennetava libedusetõrje tõendamiseks arendada ühtset interaktiivset kaarti, mis võimaldaks töötulemuslikkust kontrollida veebipõhiselt.

Ennetavate meetmete kasutamine riigiteedel on väga oluline, et parandada liiklusohutust, kuid tuleb meeles pidada, et tegemist ei ole mingi imelise vahendiga, mis aitab libedust teedel täielikult vältida. Arvestades meie põhjamaa kliimat siis ei saa kunagi kindlalt väita, et teed ei ole mitte kunagi libedad mitte ühelgi ajahetkel. Sellist olukorda saab lihtsalt minimeerida, kasutades ennetavaid meetmeid. Seetõttu on oluline tähelepanu pöörata ka piirkiirusele ning elektroonilistele liiklusmärkidele. Talvisel perioodil võiks piirkiirused olla oluliselt madalamad (70–80 km/h) olenevalt olukorrast, et liiklejad õpiksid talviste oludega paremini toime tulema. Tihtipeale arvatakse, et libedusetõrje näol on tegemist mingi imelise vahendiga ning selle teostamise tulemusena, ei tohiks teed mitte kunagi libedad olla. Seega ei oska liiklejad arvestada ootamatute olukordadega ning põhjustavad seeläbi ohtlikke olukordi.

Liiklejad arvestavad, et piirkiiruse märk on (90–100 km/h) siis sellise kiirusega peab saama sõita aastaringselt arvestamata teeolusid. Liiklejate paremaks teavitamiseks teeoludest oleks oluline paigaldada rohkem elektroonilise teabega liiklusmärke, et informeerida liiklejaid muutuvatest teeoludest ning olenevalt olukorrast alandada piirkiirust vastavalt teeoludele (Foto 1). Elektroonilised liiklusmärgid informeerivad liiklejaid teel olevate temperatuuride, libeduse, õnnetuste, kiiruse muutusete jms kohta, mis aitab liiklejal teha võimalikult kiired otsused, et tagada liiklusohutus [38].



Foto 1. Elektrooniline liiklusmärk [39]

6 ETTEPANEKUD

Ennetavate meetmete paremaks toimimiseks ja kasutamiseks on lõputöö autoril mõningad ettepanekud. Alljärgnevas loetelus on väljatoodud mõningad näited, mis aitaksid paremini mõista ja teostada ennetavat libedusetõrjet riigiteedel:

- parem juhend ennetavaks libedusetõrjeks (korrashoiutööde tehniline kirjeldus eraldi peatükk ennetava libedusetõrje teostamise kohta);
- paigaldada rohkem teekaameraid ja ilmajaamu piirkondades;
- uurima ja arendama haardeteguri mõõteseadmeid, leidma täpsemad ja kindlamad seadmed või tehnoloogiad järelvalve teostamiseks;
- ennetava libedusetõrje teostamise ja tõendamise kohta eraldi interaktiivne kaart, mida saab järelvalvet teostav spetsialist ise kontrollida ning ennetava libedusetõrje eest tasumine toimuks selle alusel;
- keskkonnasõbralikemate libedusetõrjevahendite uurimine (leida keskkonnasõbralikum vahend ennetava libedusetõrje teostamiseks);
- väga madalatel temperatuuridel vältida ennetava libedusetõrje teostamist (analüüsida olukorda);
- koolitus ennetava libedusetõrje teostamise kohta (analüüsitakse näidete põhjal ennetava libedusetõrje teostamist ja antakse soovitusi selle teostamiseks);
- vähendada ennetava libedusetõrje teostamise aega kolm kuni üks tund enne võimaliku libedust arvestades olusid (kuiva teekatte ja härmatise korral arvestada mitte aega, vaid juhendada reaalsest olukorrast);
- paigaldada puisturile lisaseadmed, et doseerida õiged kogused puistamisel (EpoTherm);
- paigaldada rohkem elektroonilisi liiklusmärke (hoiatab ja annab informatsiooni liiklejatele);
- piirkiiruse alandamine talvisel perioodil põhitrassidel (70–80 km/h) olenevalt olukorrast.

Ettepanekud aitaksid tõhustada ennetava libedusetõrje teostamist riigiteedel ning parandaksid liiklusohutust. Lisaks sellele aitaksid need parandada teehooldajate ja järelvalvet teostavate spetsialistide tööd.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli kirjeldada ja analüüsida ennetava libedusetõrje teostamist riigiteedel ning arutleda selle praeguste murekohtade üle. Leida murekohtadele lahendused ning teha ettepanekud nende lahendamiseks läbi praktilise kogemuse Ida-Harju piirkonnas. Lõputöös käsitlevateks teemadeks oli talvine teehooldus riigiteedel ning sellega seotud nõuded, lume- ja libedusetõrje teostamine ning selleks kasutatavad materjalid, ennetava libedusetõrje teostamine riigiteedel, libedusetõrje mõjust keskkonnale, libeduse tekkimise võimalustest ning ennetavate meetmete kasutamisel tekkinud murekohtadest.

Riigiteede talihoolduse vastutus on tänu seisundinõuetele antud täielikult teehooldajatele. Aastate jooksul on nõudeid järjest enam karmistatud ja uuendatud, et tagada kiirem hooldus riigiteedel ning suurem liiklusohutus. Kasutusele on võetud ennetavad meetmed, mille teostamise eest on uutes lepingutes määratud seisunditaseme 3+ eest eraldi tasustamine. Seisundinõuetest kinnipidamise kontrollimiseks on kasutusel erinevaid mõõtmisvahendeid, mille töökindlust tuleks veel arendada, et tagada võimalikult ühtsed tulemused kõigis piirkondades.

Keskkonnasäästlik lähenemine on järjest enam tulnud teemaks ka teehooldajate seas, mis tõttu on oluline, et teehooldusele mõeldud rahalist ressursi tuleks tõsta. Teehoolduses on kasutusel juba päris palju keskkonnasäästlikemaid libedusetõrje vahendeid, kuid nende kasutamine nõuab rohkem rahalisi ressursse, kui seda on praeguses teehooldes. On oluline, et teehooldajad saaksid arendada ja katsetada keskkonnasäästlikke lahendusi, et leida sobivaimad lahendused ka Eesti riigiteede hoolduseks. Üha enam kallinevad hinnad on ka lähiriigid pannud loobuma keskkonnasäästlikematest libedusetõrje vahenditest, mistõttu panustavad nad rohkem ennetavate meetmete kasutamisele. Ennetavate meetmete kasutuselevõtt on oluliselt vähendanud keskkonnale põhjustatavat kahju, kui seda teostada võimalikult täpselt ning optimeerides oluliselt libedusetõrjeks kasutatavaid kloriide. Läbi tehnoloogiliste arengute tõttu on võimalik ennustada võimalikult täpselt saabuvat libedust ja teha selleks õigeaegset ennetavat libedusetõrjet, mis aitab parandada liiklusohutust ning vähendada teehooldajate kulu. Eriti suureks abiks teehooldajatele ennetuse teostamiseks on TIK teeilma infosüsteem, mis on arendatud küllalt heale tasemele, kuid selle arendamist tuleks jätkata selliselt, et prognoos arvestaks eelnevalt teostatud hooldetöödega.

Meeles tuleb aga pidada, et ennetava libedusetõrje näol ei ole tegemist, mingi imelise vahendiga, mis tagaks selle, et libedust teedel ei teki kunagi. See lihtsalt ei ole võimalik arvestades meie põhjamaade kliimat. Seega oleks oluline, et talvistes oludes langetataks piirkiirust (70–80 km/h) olenevalt oludest, et liiklejad suudaksid paremini toime tulla liikluskeskkonnas ning mõningane vastutus liiklusohutuse eest jääks ka inimestele. Ühtlasi aitab siin kaasa teehooldajaid elektrooniliste liikluskäitumise märkide paigaldamine suurtematele liiklussagedustega teedel, kus kiirused on suuremad ning nende langetamist oleks võimalik kiiresti teostada arvestades kiiresti muutuvate ilmastikuoludega.

Üldiselt on ennetavate meetmete kasutamine riigiteedel ennast väga hästi tõestanud, ent leidub ka mõningasi murekohti, mida oleks vaja uurida ja muuta, et ennetavate meetmete kasutamine oleks tõhusam. Eelkõige oleks vaja muuta juhendeid ja määrusi, et teehooldajad saaksid ühtselt aru ennetavate meetmete kasutamisest ning kõigis hooldavates piirkondades teostataks ennetavat libedusetõrjet sarnaselt. Ennetava libedusetõrje ajaliste piiride muutmine aitaks teehooldajatel teostata täpsemat ja paremat libedusetõrjet ning selle reaalselt toimimist saaks kontrollida õigeaegselt. Valesti või ebapiisavalt tehtud ennetavat libedusetõrjet ei tasuks teehooldajatel peljata, kuna tänu kõikidele kogemustele aitab see muuta ennetava libedusetõrje teostamist paremaks. Ennetavat libedusetõrjet on sobiv teostada saju sisse, enne sadu, märja või niiske katte jäätumise puhul. Ennetava libedusetõrje teostamist tuleks vältida väga madalate temperatuuride korral ning eraldi tuleks käsitleda ennetamist kuivale teekattele ja härmatist. Eriti suureks abiks on ennetava libedusetõrje teostamine sügis/kevad perioodil, kus toimub tihti temperatuuride kõikumist.

Lisaks sellele oleks tarvis tegeleda töötulemuslikkuse tõendamise ja aruandluse poolega, et hõlbustada teehooldajate ning järelevalvet teostavate inimeste tööd. Töötulemuslikkuse tõendamiseks tuleks leida ühtne ja toimiv süsteem, mis oleks kõigis piirkondades sama, et vältida tahtmatut kahju teehooldajate suunas. Aruandlus ennetava libedusetõrje teostamisest võiks olla ühtses veebirakenduses, mis vähendaks igapäevaste aktide täitmist ning lihtsustaks teehooldajate ja järelevalve spetsialistide tööd.

Lõputöö valmimisele on suureks abiks olnud autori praktiline kogemus ennetava libedusetõrjega Ida-Harju piirkonnas. 2021/2022 ja 2022/2023 hooaegadel teostatud ennetav libedusetõrje Ida-Harju piirkonnas on lõputöö autori arvates olnud heaks ajendiks murekohtade leidmiseks ning nende analüüsiks ja ettepanekute teostamiseks. Lõputöö autori ettepanekul tuleks ennetavat libedusetõrjet uurida ja analüüsida veel, et selle teostamine oleks veel põhjalikum ning annaks parimaid tulemusi.

SUMMARY

The thesis *Measures to Prevent Road Slipperiness on National Roads* explains the de-icing process of public roads, analyses pertinent guidelines and regulations, and focuses on current issues. The purpose of the thesis is to answer the question of when de-icing should be applied and which conditions would indicate that it is not a reasonable course of action. The thesis discusses general maintenance of public roads in the winter and applicable requirements, tools used for planning winter maintenance, snow control and de-icing, and the means of de-icing. The paper also briefly describes environmental damage caused by de-icing and means of de-icing that are kinder to the environment. The main focus is on measures to prevent road slipperiness on national roads and current methods. The author of the thesis analyses de-icing methods using East Harju County as an example, describes its current issues, and proposes potential solutions.

De-icing of national roads has proven its usefulness and this practice would be even more efficient if everyone would have a similar understanding of its methods. Currently, regulations and guidelines explain de-icing very briefly, leading to various regions practising different de-icing methods on national roads. The author of the thesis believes that including a separate chapter on de-icing in the technical specifications of maintenance, explaining its methods in greater detail, would be essential. Another issue is the time frame of de-icing which requires the application of de-icing measures between one and six hours before the potential formation of ice and the results of the work to be checked within two hours after de-icing. This time frame is unreasonable and the inspection of the results fails to provide accurate information. The author proposes that de-icing alone should be done up to three hours before the possible formation of ice. Moreover, a combination of dry pavement and frost should be considered a situation of its own because the roads do not turn slippery right away and de-icing should be conducted as needed. The results should be inspected at the time when the formation of ice was predicted. Changing the temporal limits of de-icing would help road maintenance to be more precise and efficient in preventing road slipperiness and inspect its actual results in a timely manner. Road maintenance should not be afraid of incorrect or insufficient de-icing because the sum of all experiences helps increase the efficiency of de-icing. De-icing can be done during precipitation, before precipitation, and when wet or moist surfaces freeze. De-icing should be avoided in very low temperatures, and the prevention of slipperiness in case of a combination of dry pavement and frost

should be handled separately. De-icing during autumns and springs is particularly useful due to the large fluctuations in temperature.

The author believes that the environment is another important consideration and unnecessary ecological damage due to excessive de-icing should be avoided. When performing de-icing, the quantities of salt should be as optimal as possible and de-icing as timely as feasible. Attachments can be mounted on spreaders to optimise the quantities of salt, one such device being EpoTherm. In addition, it is important to research and develop environmentally friendly de-icing substances that are safer for the environment. Eco-friendly de-icing substances currently in use globally are too expensive to use for de-icing in Estonia.

The author proposes to reduce speed limits on national roads in winter conditions (70–80 km/h), because even with de-icing methods, it is not possible to presume that the roads will never become slippery. Installing electronic traffic signs would help significantly with changing speed limits quickly according to the situation and informing road users of road conditions. They would also help road users make decisions as swiftly as possible to ensure road safety.

The thesis was completed largely due to the author's practical experience with de-icing methods practised during the 2021/2022 and 2022/2023 seasons in East Harju County, which also formed the basis for proposals contained therein.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Transpordiamet, „Teehoole,“ Transpordiamet, 3. jaanuar, 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/teehoole>. [Kasutatud 2. märts, 2023].
- [2] Transpordiamet, „Korrashoiu järelevalve juhend riigiteedel,“ 2019. [Võrgumaterjal]. Available: file:///Users/merilymelts/Downloads/korrashoiu_jarelevalve_juhend_riigiteedel.pdf. [Kasutatud 18. märts, 2023].
- [3] Teataja, Riigi, „Määrus nr 92 „Tee seisundinõuded“ Lisa 8 (Tee talvised seisundinõuded),“ 2. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/1021/1201/8003/MKM_29102018_m56Lisa8.pdf#. [Kasutatud 8. märts, 2023].
- [4] Teataja, Riigi, „Tee tavlised seisundinõuded. Lisa 9,“ 5. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/102112018003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 2. märts, 2023].
- [5] Transpordiamet, „Talvine teehoole,“ Transpordiamet, 3. jaanuar, 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/talvine-teehoole>. [Kasutatud 8. märts, 2023].
- [6] Teataja, Riigi, „Tee talvised seisundinõuded. Lisa 9,“ 2. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/1021/1201/8003/MKM_29102018_m56Lisa9.pdf#. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [7] Teataja, Riigi, „Tee seisundinõuded,“ 2. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/102112018003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [8] Transpoediamet, „Riigiteede katete talviste haardeliste omaduste mõõtmise juhend,“ 2018. [Võrgumaterjal]. Available: [file:///Users/merilymelts/Downloads/riigiteede_katete_talviste_haardeliste_omaduste_mootmise_juhend%202018%20\(1\).pdf](file:///Users/merilymelts/Downloads/riigiteede_katete_talviste_haardeliste_omaduste_mootmise_juhend%202018%20(1).pdf). [Kasutatud 16. märts, 2023].
- [9] Tehnokeskus, AS Teede, „Mtss,“ AS Teede Tehnokeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://mtss.teeilm.ee/>. [Kasutatud 10. märts, 2023].

- [10] Tehnokeskus, Teede, „Erinevate haardetegurit ja teekatte olekut mõõtvate seadmete võrdlus,“ Transpordiamet, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: [file:///Users/Merily/Downloads/aruanne_haardetegur%20\(1\).pdf](file:///Users/Merily/Downloads/aruanne_haardetegur%20(1).pdf). [Kasutatud 23. märts, 2023].
- [11] Logistikauudised, „Lux Express võtab üle maanteepatrulli ülesanded,“ Logistikauudised, 16. november, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.logistikauudised.ee/uudised/2020/11/16/lux-express-votab-ule-maanteepatrulli-ulesanded>. [Kasutatud 16. märts, 2023].
- [12] AS, Teede Tehnokeskus, „Tik,“ AS, Teede Tehnokeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://tik.teeilm.ee/>. [Kasutatud 18. aprill, 2023].
- [13] Transpordiamet, „Teeilmajaamad ja -kaamerad,“ Transpordiamet, 18. mai, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/teeilmajaamad-ja-kaamerad>. [Kasutatud 10. märts, 2023].
- [14] Tehnokeskus, Teede, „Tik road weather information system,“ Teede Tehnokeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://teed.ee/teenused/teedeinfokeskus/tik/infosustem/>. [Kasutatud 10. märts, 2023].
- [15] Transpordiamet, „Juhend: Raskete ilmaolude kehtestamine, kehtivuse lõpetamine ja raskete ilmaoludega seotud info edastamine,“ 30. aprill, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: file:///Users/merilymelts/Downloads/raskete_ilmaolude_kehtestamise_kehtivuse_lopetamine_ja_teavitamine.pdf. [Kasutatud 25. aprill, 2023].
- [16] Teataja, Riigi, „Teehoiutööde tehnoloogianõuded,“ 29. mai, 2004. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/756881>. [Kasutatud 16. märts, 2023].
- [17] R. Sikk, „Kuhu küll on kadunud lumeredelid ja tuisuvõrgud? Kas me teame, mis need on?,“ 11. veebruar, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://maaleht.delfi.ee/artikkel/95881787/kuhu-kull-on-kadunud-lumeredelid-ja-tuisuvorgud-kas-me-teame-mis-need-on>. [Kasutatud 25. märts, 2023].
- [18] E. K. OÜ, „Kloriidide katsetamine,“ 19. Aprill 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/3120/download>. [Kasutatud 12. Aprill 2023].
- [19] E. K. OÜ, „Kloriidide katsetamine,“ 19. Aprill 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/3120/download>. [Kasutatud 16. Märts 2023].

- [20] OÜ, ERC Konsultatsiooni, „Kloriidide katsetamine“, 19. aprill, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/3120/download>. [Kasutatud 16. märts, 2023].
- [21] M. Puust, „Kui palju soola on ohutuse tagamiseks piisav?“, Teeleht, 2016. [Võrgumaterjal]. Available: file:///Users/Merily/Downloads/teeleht_talv_2016_koos_1.pdf. [Kasutatud 23. märts, 2023].
- [22] P. P. L. C. T. K. T. A. Elina Vestola, „Kalsiumkloridin sivuvaikutukset“, 2006. [Võrgumaterjal]. Available: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Ava-palvelin/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf. [Kasutatud 20. märts, 2023].
- [23] Delfi, „Talv ilma soolata – see on võimalik“, 22. jaanuar, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.delfi.ee/artikkel/92315109/talv-ilma-soolata-see-on-voimalik>. [Kasutatud 20. märts, 2023].
- [24] Alumichem, „Cleaner air and lake water in Stockholm“, 12. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://alumichem.com/cleaner-air-and-lake-water-in-stockholm/>. [Kasutatud 20. märts, 2023].
- [25] A/S, Alumichem, „Ice & dust-away“, Alumichem A/S, [Võrgumaterjal]. Available: https://alumichem.com/uk_docs/Alumichem_Ice_Dust%20Away_2019.pdf. [Kasutatud 17. märts, 2023].
- [26] Boschung, „Fixed Automated Spray Technology - Fast“, [Võrgumaterjal]. Available: [file:///Users/merilymelts/Downloads/DV.29970.4_B-\(E\)_Brochure_TMS_DIGITAL.pdf](file:///Users/merilymelts/Downloads/DV.29970.4_B-(E)_Brochure_TMS_DIGITAL.pdf). [Kasutatud 25. märts, 2023].
- [27] Teataja, Riigi, „Tee seisundinõuded“, 5. november, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/115072015013?leiaKehtiv>. [Kasutatud 23. märts, 2023].
- [28] S. Lõvi, „Maanteeamet tunnistab, et ennetav libedusetõrje on alles muutumas reaalsuseks“, Err, 9. veebruar, 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/554078/maanteeamet-tunnistab-et-ennetav-libedusetorje-on-alles-muutumas-reaalsuseks>. [Kasutatud 23. märts, 2023].
- [29] L. Murd, „Soome kogemus: teede talvise korrashoiu puhul arvestatakse keskkonnaga“, 25. november, 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.accelerista.com/liiklus/talvele-vastu/soomes-arvestatakse-teehooldusel-keskkonnaga/>. [Kasutatud 24. märts, 2023].

- [30] Terviseamet, „Joogivee indikaatornäitajate iseloomustus,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/content-editor/vanaveeb/Keskkonnatervis/vesi/joogivesi/Jv_indikaatornaitajad.pdf. [Kasutatud 4. aprill, 2023].
- [31] J. R. Learn, „The Hidden Dangers of Road Salt,“ 26. mai, 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/road-salt-can-disrupt-ecosystems-and-endanger-humans-180963393/>. [Kasutatud 6. aprill, 2023].
- [32] U. Tooming, „Soolamine närib asfaldisse auke,“ 9. veebruar, 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.postimees.ee/385657/soolamine-narib-asfaldisse-auke>. [Kasutatud 2. aprill, 2023].
- [33] U. Lauri, „Talvised temperatuuride kõikumised on mõjunud teekatetele laastavalt Urmas Lauri urmas.lauri@le.ee 14. märts 2019 11:57,“ 14. märts, 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://online.le.ee/2019/03/14/talvised-temperatuuride-koikumised-on-mojunud-teekatetele-laastavalt/>. [Kasutatud 3. aprill, 2023].
- [34] M. Ots, „Transpordiameti hinnangul on tänavu lõökauke keskmisest enam,“ 10. aprill, 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/1608943151/transpordiameti-hinnangul-on-tanavu-lookauke-keskmisest-enam>. [Kasutatud 15. aprill, 2023].
- [35] S. Sillamäe, „Ekspertarvamus riigitee nr /.../ nõutava haardeteguri tagamise võimalikkuse kohta,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://moodle.tktk.ee/pluginfile.php/296243/mod_resource/content/1/S.%20Sillam%C3%A4e%20ekspertarvamus%20haardetegurist%20%28tsenseeritud%29.pdf. [Kasutatud 23. aprill, 2023].
- [36] M. Kehi, „Salakaval libedus teepeal,“ Teeilmakeskus, 23. oktoober, 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://teeilmakeskus.eu/libedus/salakaval-libedus-teepeal/>. [Kasutatud 23. aprill, 2023].
- [37] Epoke, „EpoTherm,“ Epoke, [Võrgumaterjal]. Available: <https://epoke.dk/home/products/technology/epotherm/>. [Kasutatud 20. aprill, 2023].
- [38] Transpordiamet, „Muutuva teabega liiklusemärgid,“ Transpordiamet, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/muutuva-teabega-liiklusmargid>. [Kasutatud 20. aprill, 2023].

- [39] Transpordiamet, „Kehtima hakkas sadakond muudatust liiklusmärkides,“ ERR, 1. märts, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/686733/kehtima-hakkas-sadakond-muudatust-liiklusmarkides>. [Kasutatud 20. aprill. 2023].
- [40] OÜ, ERC Konsultatsiooni, „Kloriidide katsetamine,“ 19. aprill, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/media/3120/download>. [Kasutatud 16. märts, 2023].

LISAD

Lisa 1. Pärnu hooldelepingu 2023-2028 korrashoiutööde tehniline kirjeldus Lume- ja libedusetõrje

Lisa 2. Libedustõrje reagendid

Lisa 1. Pärnu hooldelepingu 2023-2028 korrashoiutööde tehniline kirjeldus Lume- ja libedusetõrje

1.22. Lumetõrje

1.22.1. Lume ja lõrtsi eemaldamine teekattelt ja teepeenardelt autosahkadega, teehöövlitega, traktorsahkadega, rootorsahkadega.

1.22.2. Kasutada tuleb võimalikult palju kiirsahkasid, et vältida lumevalle tee servades ja mahasõitude kinni lükkamist. Teehöövlite ja traktorite kasutamisel on vajalik hilisem lumevallide eemale lükkamine. Kitsaste teede lumetõrjel on sobilik traktorite kasutamine.

1.22.3. Lume ja lõrtsi eemaldamine tee koosseisu kuuluvatelt ristmikelt, kiirendus- ja aeglustusradadelt, ühissõidukite peatuskohtadelt, ooteplatvormidelt, ülekäigukohtadelt ja -radadelt, parklatest, autobusside ümberpööramise kohtadelt, ning kasutusel olevatelt mahasõitudelt.

1.22.4. Lume äravedu sealhulgas vajadusel sõidutee ja kergliiklustee vaheliselt alalt.

1.22.5. Põrkepiirde sõidutee poolne osa peab olema lumest puhas, sõidutee poolne osa peab olema nähtav, valli ei tohi jääda.

1.22.6. Pideva lumetõrjega tuleb alustada hiljemalt ½ vastava seisunditaseme lumekihi kriitilise paksuse saavutamisest.

1.22.7. Kiiruskaamerate kohal on soovituslik sahkamise kiirus 30 km/h, maksimumkiirus 35 km/h.

1.22.8. Lund ei ole lubatud paisata külgnevale kergliiklusteele.

1.22.9. Sildade, viaduktide ja tunnelite lumest puhastamine, et tagada sõidukite ja jalakäijate ohutu liiklemine ning konstruktsioonide säilimine. Sõidu- ja kergliiklustee hooldada vastavalt teele kehtestatud seisundinõuetele (sh hooldustsükli aeg ja lumekihi paksus) kas mehhaniseeritult või käsitsi tagades järgmiste nõuete täitmise.

1.22.9.1. Põrkepiirde sõidutee poolne osa peab olema lumest puhas, sõidutee poolne osa peab olema nähtav, valli ei tohi jääda.

1.22.9.2. Kõnni- ja käiguteed ning jalakäijate liikumiseks mõeldud trepp peavad olema puhtad.

1.22.9.3. Tagada vete äravool.

1.22.9.4. Jääpurikate eemaldamine viaduktidel sõidutee ja kergliiklustee kohalt

1.23. Libedusetõrje

1.23.1. Libedusetõrje on teepinna nõutava haardeteguri tagamiseks teepinnale kloriidide, abrasiivmaterjalide (liiv, peenkillustik vm selleks sobiv materjal) või nende segude või kloriidide vesilahuste puistamine, jäätunud pinnale kuuma liiva puistamine ningmehaaniline karestamine (sh roobaste ja ebatasasuste tasandamine).

1.23.2. Kloriidide kasutamisel hoiduda kloriidide üledoseerimisest, vältida voolavat vett.

1.23.3. Puistematerjale kasutada teraläbimõõduga 2–6 mm. Külbumise vältimiseks ja terade paremaks püsimiseks teel võib segada puistematerjali sisse 40–60 kg kloriide 1 m³ puistematerjali koguse kohta. Seisunditasemega 1 teedel teha libedusetõrjet puistamisega kuni piisavalt paksu jäätunud või kinnisõidetud lumest kattepinna tekkimiseni. Pärast seda eelistada mehaanilist karestamist. Sulamise ajal jäätunud ja kinnisõidetud lumega katet vajadusel puistata kloriididega katte sulamise kiirendamiseks, et ebatasasusi tasandada.

1.23.4. Roobaste ja ebatasasuste tasandamisega ei tohi kahjustada katet. Siletera kasutamisel teha täiendav libedusetõrje puistamisega. Eelistatud on võrktera kasutamine.

1.23.5. Puistata tuleb ka lumesaju või tuisu ajal, et vältida lume kinni sõitmist autorataste mõjul ja erakorralise libeduse tekkimist.

1.23.6. Ennetava libedusetõrje tegemine talvistel seisunditasemetel 3+ ja 3, kui Riigi Ilmateenistuse prognoos, AS-i Teede Tehnokeskuse veebiteenus TIK <https://tik.teeilm.ee> või viimase analoog on ennustanud libedust.

1.23.7. Lahknevuste puhul AS-i Teede Tehnokeskuse veebiteenuse TIK <https://tik.teeilm.ee> prognoosis võetakse arvesse kolme välisprognoosi, mis on SMHI (Rootsi Ilmateenistus), FMI (Soome Ilmateenistus), ja YRNO (Norra Ilmateenistus).

1.23.8. Ennetav libedusetõrje teha üks kuni kuus tundi enne võimaliku libeduse teket.

1.23.9. Ennetaval libedusetõrjel null kraadi lähedaste temperatuuride korral on soovitatav kloriidilahuste kasutamine.

1.23.10. Ennetava libedusetõrje eest tasumine talihoolde seisunditasemel 3+ ei kuulu talihoolde seisunditaseme 3+ komplekshinna sisse, vaid selle eest tasumine toimub tegelikult tehtud ennetava libedusetõrje teekilomeetri (mitte puistatud kilomeetri) eest vastavalt kululoendis olevale ennetava puistamise teekilomeetri hinnale. Arvestus tehtud ennetava libedusetõrje eest talihoolde seisunditasemel 3+ toimub Tellija poolt etteantud vormi kohaselt, mida Teehooldaja täidab samal päeval, mil ennetav libedusetõrje tehti ja edastab Tellijale järgmise päeva kella 9.00-ks.

1.23.11. Ennetav libedusetõrje, mis vastavalt hoiatavale prognoosile tehti, kuid nõutud haardetegur jäi ikkagi saavutamata, ei kuulu väljamaksmisele, aga mitte ka sanktsioneerimisele.

1.23.12. Kui väga madalate temperatuuride tõttu (alla -12⁰C) on nõutava haardeteguri saavutamine NaCl-ga raskendatud, tuleb libedusetõrje teha CaCl₂-ga või sarnase mõjuga muu libedusetõrjematerjaliga.

1.23.13. Kruusateedel libedusetõrje tegemine puistematerjalidega (läbimõõt kuni 6 mm: liiv, peenkillustik vm) puistamise või mehaanilise, soovituslikult tehhoõvliga, karestamisega. Roobaste ja ebatasasuste tasandamine.

Lisa 2. Libedustõrje reagentid

	Materjali tüüp	Kasutusvorm	Tempera- tuuri piir, °C	Märkused
Kloriidid	NaCl	Helvessool, soolalahus	-10	Kõige üldkasutatavam libedustõrjesool. Omab vähest keemilist mõju betoonile, aga võib kahjustada taimestikku. Põhjustab metallide korrosiooni.
	CaCl ₂	Soolalahus, harvem helvessool	-32	Madalad kontsentratsioonid omavad vähest keemilist mõju betoonile ja taimestikule, aga põhjustab metallide korrosiooni. Võib olla ohtlik inimestele ja jätab libeda jäägi, mida on raske puhastada. Suured kontsentratsioonid kahjustavad betooni, moodustades kaltsiumoksiidkloriide.
	MgCl ₂	Soolalahus, harvem helvessool	-15	Võrreldes naatrium- ja kaltsiumkloriidiga saastab kloriideidega keskkonda umbes 40 % vähem. Põhjustab metallide korrosiooni. Mõju-uuringud betoonile näitavad vastakaid tulemusi.
	KCl	Helvessool	-4	Levinud taimeväetis. Ei mõju nahale ärritavalt ja on taimestikule vähem kahjulik. Libedustõrjeks ebaefektiivne, kui just ei kasutata koos teiste ainetega (näiteks segatuna naatrium- või magneesiumkloriidiga).
Orgaanika	Kaaliumatsetaat	Lahus	-32	Biolagunev libedustõrjevahend, kasutatakse peamiselt lennuväljadel.
	Naatriumatsetaat	Tahke	-18	Kergelt korrosiooni põhjustav. Mõju betoonile alles uuritakse.
	Kaaliumformiaat - KFo	50 % lahus	-50	Hea libedustõrje reagent, aga hügroskoopsuse tõttu seda puhtal kujul helvestena ei kasutata. Kasutatakse kloriiditundlikel aladel. Korrodeeruv mõju metallile ja betoonile väiksem kui kloriididel.
	Naatriumformiaat - NaFo	23 % lahus, helvessool	-14	Kulu võrreldes tavalise NaCl-ga 10-20 % suurem. Kasutatakse kloriiditundlikel aladel. Korrodeeruv mõju metallile ja betoonile väiksem kui kloriididel.
	Kaltsium- magneesium- atsetaat - CMA	Tavaliselt lahus, harva tahke	-4	Valmistatud lubjakivist ja äädikhapest. Biolagunev, ei oma mõju taimestikule ja loomastikule. Vähendab oluliselt jää tekkevõimalusi, kui kasutatakse enne sademeid. Kõrge hind piirab praktilist kasutamist. Ei ole efektiivne väga madalatel temperatuuridel.