

# MEŽA CEĻU ATPUTEKĻOŠANA

Pētījuma atskaite

2025

**Meža ceļu atputeķļošana.** Rīga: RTU Izdevniecība, 2025, 222 lpp.

Izdevums ir pētījuma "Meža ceļu atputeķļošana" atskaite. Tā sastāv no divām daļām. Pirmajā daļā veikta atputeķļošanas līdzekļu tirgus, citu valstu pieredzes, jomu regulējošo normatīvo aktu un atputeķļošanas līdzekļu īpašību analīze. Pamatojoties uz veiktās analīzes rezultātiem, izvēlēti atputeķļošanas līdzekļi, kas izmantoti pētījuma eksperimentālajā daļā. Otrajā daļā ir veikta tehnoloģiju aprobācija izraudzītos meža ceļa posmos, lai pārbaudītu lignosulfonāta atputeķļošanas efektivitāti, ietekmi uz vidi un izskalošanos lietūs ietekmē. Pētījuma pirmo daļu izstrādāja Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Ceļu un tiltu katedra un Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra sadarbībā ar Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un SIA "Ceļu eksperts". Projekta otrajā daļā izpildītāju kolektīvam pievienojās VAS "Latvijas autoceļu uzturētājs".

Projektu finansēja AS «Latvijas valsts meži».

ISBN 978-9934-37-149-3 (pdf)



LATVIJAS VALSTS  
KOKSNEŠ KĪMIJAS  
INSTITŪTS



RĪGAS TEHNISKĀ  
UNIVERSITĀTE



LATVIJAS AUTOCEĻU UZTURĒTĀJS





# MEŽA CEĻU ATPUTEKĻOŠANA

---

## 1. ETAPS

RTU Ceļu un tiltu katedra un  
Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra

sadarbībā ar

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtu un  
SIA "Ceļu eksperts"

Rīga, 2021. gada 30. decembris

|                                                               |                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pētniecības projekta nosaukums</b>                         | <b>"Meža ceļu atputekļošana"</b>                                         |
| RTU līguma numurs                                             | Līguma reģ. Nr. 03000-3.1.2.2-e/56                                       |
| Līguma slēgšanas datums                                       | 30.06.2021.                                                              |
| Pētniecības projekta stadija                                  | 100 %                                                                    |
| Starpziņojumu kopējais skaits                                 | 1. starpziņojums (14.09.2021.)                                           |
| Ziņojuma nodošanas datums                                     | 30.12.2021.                                                              |
| Pētniecības projekta stadijas izstrādes periods               | 30.06.2021.–30.12.2022.                                                  |
| Lappušu skaits                                                | 176                                                                      |
| <b>Pētniecības projekta izpildītāji</b>                       |                                                                          |
| Pētniecības projekta vadītājs (RTU BIF Ceļu un tiltu katedra) | <i>Dr. sc. ing.</i> Viktors Haritonovs                                   |
| <b>Galvenie izpildītāji</b>                                   |                                                                          |
| SIA "Ceļu eksperts"                                           | <i>Mg. sc. ing.</i> Aigars Strežs                                        |
| Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts                     | <i>Dr. habil. chem.</i> Galija Šulga                                     |
| RTU Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra                   | <i>Dr. sc. ing.</i> Remo Merijs-Meri<br><i>Dr. sc. ing.</i> Jānis Zicāns |
| <b>Projektu finansē</b>                                       | AS «Latvijas valsts meži»                                                |
| <b>Lietojums/pētījuma sfēra</b>                               | Meža autoceļi                                                            |
| <b>Papildus izstrādātie materiāli</b>                         | Zinātniskās publikācijas un rekomendācijas                               |

# Saturs

|                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Īss apraksts                                                                                                                                | 6          |
| Lietotie saīsinājumi                                                                                                                        | 7          |
| Pētījumā izmantoto terminu skaidrojumi                                                                                                      | 8          |
| Ievads                                                                                                                                      | 9          |
| <b>1. NODAĻA. ANALĪTISKĀ DAĻA</b>                                                                                                           | <b>10</b>  |
| 1.1. Atputeķļošanas mehānisma apraksts un pieejamo atputeķļošanas līdzekļu tirgus apskats                                                   | 11         |
| 1.1.1. Neorganisko sāļu atputeķļošanas līdzekļi                                                                                             | 17         |
| 1.1.2. Bitumena emulsijas atputeķļošanas līdzekļi                                                                                           | 20         |
| 1.1.3. Lignosulfonāti un citi atputeķļošanas līdzekļi uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes                                             | 23         |
| 1.1.4. Ārzemju un Latvijas pieredzes apkopojums par atputeķļošanas līdzekļu izmantošanu                                                     | 27         |
| 1.1.5. Secinājumi                                                                                                                           | 53         |
| 1.1.6. Rekomendācijas                                                                                                                       | 54         |
| 1.2. Atputeķļošanas efektivitāti ietekmējošie faktori                                                                                       | 55         |
| 1.2.1. Atputeķļošanas līdzekļa veids                                                                                                        | 55         |
| 1.2.2. Seguma materiāls                                                                                                                     | 56         |
| 1.2.3. Autoceļa atrašanās vieta                                                                                                             | 56         |
| 1.2.4. Transportlīdzekļa braukšanas ātrums un svars                                                                                         | 56         |
| 1.2.5. Secinājumi                                                                                                                           | 57         |
| 1.2.6. Rekomendācijas                                                                                                                       | 57         |
| 1.3. Atputeķļošanas līdzekļu tirgu regulējošā dokumentācija                                                                                 | 58         |
| 1.3.1. Standarti un specifikācijas                                                                                                          | 59         |
| 1.3.2. Atputeķļošanas līdzekļu atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām                                                          | 61         |
| 1.3.3. Valsts vides dienesta prasības un Latvijas normatīvo aktu analīze par atputeķļošanas līdzekļu paredzamo ietekmi uz vidi              | 72         |
| 1.3.4. Secinājumi                                                                                                                           | 78         |
| 1.3.5. Rekomendācijas                                                                                                                       | 78         |
| <b>2. NODAĻA. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA</b>                                                                                                       | <b>80</b>  |
| 2.1. Izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu īpašības                                                                                              | 81         |
| 2.1.1. Atputeķļošanas līdzekļu pH                                                                                                           | 81         |
| 2.1.2. Atputeķļošanas līdzekļu viskozitāte (viegliestrādājamība)                                                                            | 82         |
| 2.1.3. Atputeķļošanas līdzekļu virsmas īpašības / virsmas spraigums                                                                         | 84         |
| 2.1.4. Lignosulfonātu ķīmiskās īpašības                                                                                                     | 85         |
| 2.1.5. Atputeķļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē                                   | 92         |
| 2.2. Atputeķļošanas līdzekļu izmantošanas efektivitātes salīdzinājums uz grants segumiem                                                    | 94         |
| 2.2.1. Grants paraugu ņemšana un analīze fizikālo īpašību noteikšanai un puteķļojošās frakcijas iegūšanai                                   | 95         |
| 2.2.2. Minerālmateriāla un atputeķļošanas līdzekļu mijiedarbības novērtēšana ar mikroskopijas metodi                                        | 97         |
| 2.2.3. Žūšanas/mitruma saglabāšanas tests                                                                                                   | 98         |
| 2.2.4. Mitruma iespīšanās dziļuma noteikšana                                                                                                | 105        |
| 2.2.5. Puteķļu aglomerācijas noteikšana, izmantojot granulometrisku testēšanas metodi                                                       | 114        |
| 2.2.6. Atputeķļošanas līdzekļu ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām                                                               | 121        |
| 2.2.7. Paraugu izgatavošana mehānisko īpašību testēšanai un tilpumbūvuma un mitruma noteikšana (Proktora tests)                             | 122        |
| 2.2.8. Atputeķļošanas līdzekļu un puteķļaino daļiņu sistēmas novecošanās izturība ultravioletā starojuma, temperatūras un mitruma iedarbībā | 124        |
| 2.2.9. Laboratorijas eksperimentu rezultātu apkopojums                                                                                      | 134        |
| 2.2.10. Secinājumi                                                                                                                          | 134        |
| 2.2.11. Rekomendācijas                                                                                                                      | 137        |
| <b>3. NODAĻA. PROGNOZĒJAMĀ TĀME IESPĒJAMO ATPUTEĶĻOŠANAS DARBU VEIKŠANAI</b>                                                                | <b>138</b> |
| <b>2. EKSPERIMENTĀLAJĀ KĀRTĀ</b>                                                                                                            | <b>139</b> |
| 3.1. Eksperimentālo posmu izvēle                                                                                                            | 139        |
| 3.2. Ieteicamie eksperimentālo atputeķļošanas darbu risinājumi                                                                              | 142        |
| 3.3. Piemērotāko atputeķļošanas līdzekļu izvēle pētījuma 2. etapam un tā izmaksas                                                           | 143        |
| <b>4. NODAĻA. GALVENIE SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS</b>                                                                                     | <b>145</b> |
| <b>5. NODAĻA. LITERATŪRA</b>                                                                                                                | <b>148</b> |
| <b>6. NODAĻA. PIELIKUMI</b>                                                                                                                 | <b>152</b> |

## Īss apraksts

Šajā projektā uzsākta ilgtspējīgu un Latvijas apstākļiem jaunu meža autoceļu atputeķļošanas līdzekļu (AL) uz lignosulfonātu bāzes izpēte. Pētījuma analītiskajā daļā veikta vietējās un ārzemju pieredzes, specififikāciju, meža apsaimniekošanas standartu un normatīvo aktu analīze. Eksperimentālajā daļā noteikta izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu efektivitāte grants ceļa segumiem, kā arī noteikts lignosulfonātu AL ķīmiskais sastāvs un toksisko ķīmisko savienojumu (polihlorēto

bifenilu (*PCB*) un poliaromātisko ogļūdeņražu (*PAH*)) daudzums. Iegūtie eksperimentālās daļas rezultāti apstiprina uz lignosulfonātu bāzes veidoto AL ekoloģiskumu un atputeķļošanas efektivitāti karstajos un sausajos vasaras periodos. Pētījumā sagatavotas rekomendācijas uz lignosulfonātu bāzes veidoto AL izmantošanai grants ceļa segumu atputeķļošanai, kā arī noteikti eksperimentālie ceļa posmi turpmākai šo AL novērtēšanai reālos meža autoceļos un ekspluatācijas apstākļos.

## Lietotie saīsinājumi

**AL** – atputeķļošanas līdzeklis

**AADT** – *Annual average daily traffic* (angļu val.) – ikgadējā vidējā diennakts satiksmes intensitāte

**ADT** – *Average Daily Traffic* (angļu val.) – vidējā diennakts satiksmes intensitāte

**apgr./min** – apgriezienu skaits minūtē

**BCF** – *Bioconcentration factor* (angļu val.) – biokoncentrācijas faktors

**BOD** – *Biological oxygen demand* (angļu val.) – bioloģiskais skābekļa patēriņš

**BSP** – bioloģiskais skābekļa patēriņš

**CAS** – *Chemical Abstracts Service* (angļu val.) – ķīmiskās vielas numurs ķīmisko vielu reģistrā

**CBR** – *The California Bearing Ratio* (angļu val.) – Kalifornijas nestspējas rādītājs

**CC** –  $\text{CaCl}_2$  (kalcija hlorīds)

**CLP** – *Classification, Labelling and Packaging* (angļu val.) – klasificēšana, marķēšana un iepakojšana

**CMA** – kalcija-magnija acetāts

**C65B3** – katjonu nemodificētās bitumena emulsijas klase atbilstoši standartam LVS EN 13808

**C<sub>50/30</sub>** – šķembu drupināto un laužto virsmu kategorija

**DTG** – *Derivative ThermoGravimetric curve* (angļu val.) – TGA liknes pirmais atvasinājums pēc laika vai temperatūras (masas izmaiņu ātruma atkarība no temperatūras vai laika)

**EC50** – *Half maximal effective concentration* (angļu val.) – vidējā efektīvā koncentrācija

**EK** – Eiropas Komisija

**EPA** – *Environmental Protection Agency* (angļu val.) – Vides aizsardzības aģentūra

**EPD** – *Environmental Product Declaration* (angļu val.) – produkta vides deklarācija

**ESAO** – Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas

**FSC** – *Forest Stewardship Council* (angļu val.) – Mežu uzraudzības padome

**FTIR** – *Fourier Transform Infrared*

*Spectroscopy* (angļu val.) – Furjē transformācijas infrasarkanā starojuma spektroskopija

**HCV** – *High Conservation Value* (angļu val.) – augstas nozīmes saglabāšanas vērtība

**H412** – *Harmful to aquatic life with long lasting effects* (angļu val.) – kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām

**ISO** – *The International Organization for Standardization* (angļu val.) – Starptautiskā standartizācijas organizācija

**LA** – Losandželosas koeficients

**LAU** – Latvijas autoceļu uzturētājs

**LD** – *Lethal Dose value* (angļu val.) – letālās devas vērtība

**LD50** – *Lethal Dose 50 %* (angļu val.) – vielas koncentrācija, kas noteiktā laika intervālā izraisa 50 % letālu iedarbību

**LS** – lignosulfonāti

**LVC** – VSIA “Latvijas Valsts ceļi”

**LVKĶI** – Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

**LVM** – AS “Latvijas valsts meži”

**Mg/m<sup>3</sup>** – blīvuma mērvienība megagrams uz kubikmetru

**MK** – Ministru kabinets

**NEPD** – *Norwegian Environmental Product Declaration* (angļu val.) – Norvēģijas produkta vides deklarācija

**NOAEC** – *No Observed Adverse Effect Concentration* (angļu val.) – nenovērotās nelabvēlīgās ietekmes koncentrācija

**PAH** – *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (angļu val.) – policikliskie aromātiskie ogleņūdeņraži

**PEFC** – *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (angļu val.) – meža sertifikācijas sistēmu novērtēšanas programma

**PCB** – *Polychlorinated Biphenyls* (angļu val.) – polihlorētie bifenili

**PM** – *Particulate Matter* (angļu val.) – gaisā suspendētās cietās daļiņas

**PM1,0** – putekļu cietās daļiņas, kuru izmēri ir mazāki par 1,0 μm

**PM2,5** – putekļu cietās daļiņas (smalkās daļiņas), kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 2,5 μm (mikrometriem)

**PM10** – putekļu cietās daļiņas, kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 10 μm (mikrometriem)

**PVA** – *polyvinyl alcohol* (angļu val.) – polivinilspirts

**PVC** – *polyvinyl chloride* (angļu val.) – polivinilhlorīds

**REACH** – *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals* (angļu

val.) – ķīmikāliju reģistrēšana, vērtēšana, licencēšana un ierobežošana

**RH** – *relative humidity* (angļu val.) – gaisa relatīvais mitrums

**SEM** – skenējošā elektronmikroskopija

**t** – temperatūra

**TGA** – *ThermoGravimetric Analysis* (angļu val.) – termogravimetriskā analīze, kas parāda vielas masas zudumus, temperatūras vai laika izmaiņu ietekmē

**TNI** – tūlītējās nestspējas indekss

**USEPA** – *U.S. Environmental Protection Agency* (angļu val.) – ASV Vides aizsardzības departaments

**UV** – ultravioletais

## Pētījumā izmantoto terminu skaidrojumi

**Aglomerācija** – daļiņu kopu veidošanās process, savācot mazas daļiņas, veidojot vāju fizisku mijiedarbību savā starpā.

**CBR** – Kalifornijas nestspējas vērtība, kuru izmanto, lai raksturotu ceļa segas nesaistīto vai hidrauliski saistīto maisījumu nestspēju, kas noteikta

pēc sacietēšanas vai pēc sablīvēšanas perioda.

**Higroskopisks** – materiāla īpašība uzsūkt mitrumu no gaisa, kas kapilāros kondensējas un pārvēršas par šķidrumu.

**TNI** – tūlītējās Kalifornijas nestspējas vērtības testēšana bez papildu slodzes.

## Ievads

Saskaņā ar AS "Latvijas valsts meži" (turpmāk – LVM) sniegto informāciju, to valdījumā 2021. gada nogalē atradās 11 550 km garš meža autoceļu tīkls visā Latvijas teritorijā. Saskaņā ar definīciju tie ir komersanta ceļi ar segumu, kas nodrošina meža apsaimniekošanu un ir ekspluatējami koksnes produktu transportēšanai.

99 % no meža autoceļiem ir ar nesaistītu minerālo segumu (dabiska grants, drupināta grants, dolomīta šķembas). LVM gadā pārvadā ap 7 milj. m<sup>3</sup> kokmateriālu, kas veido ap 230 000 kravas kokvedēju reisus [1]. Meža autoceļu ekspluatācijas laikā, īpaši sausās vasarās, šādi nesaistītie segumi rada putekļus. Tas apgrūtina redzamību gan satiksmes dalībniekiem, gan traucē un rada neērtības vietējiem iedzīvotājiem, kuri dzīvo meža autoceļu tiešā tuvumā.

Jau vairākus gadus LVM saņem iebildumus no iedzīvotājiem, kuri dzīvo meža autoceļu tuvumā par meža autoceļu segumu putekļainību vasaras periodā. Līdz šim šo problēmu mēģināts risināt, izvietojot ceļazīmes, kas paredz ātruma samazināšanu māju tiešā tuvumā, tomēr tas

pilnībā meža autoceļu putēšanas problēmu neatrisina. Tāpēc vienīgais veids, kā samazināt putekļu daudzumu, ir meža autoceļu atputeķošana. Atputeķošana veicama ar saistvielām nesaistītu kārtu apstrādei, lai samazinātu putēšanu. Atputeķošana saglabā kārtas planējamību un profilējamību. Pēdējā gada laikā citi autoceļu īpašnieki (pašvaldības un VSIA "Latvijas Valsts ceļi") sākuši aktīvi izmantot atputeķošanu ceļu ikdienas uzturēšanā. LVM meža autoceļu ikdienas uzturēšanas darbos līdz šim šāds darbu veids – atputeķošana – nav izmantots. Tomēr, rūpējoties par satiksmes drošību un meža autoceļu tuvumā dzīvojošo iedzīvotāju dzīves kvalitāti, ir jārādod risinājums, kā samazināt putekļu daudzumu uz meža autoceļiem sausos laikapstākļos.

Šajā projektā uzsākta ilgtspējīgu un Latvijas apstākļiem jaunu meža autoceļu atputeķošanas līdzekļu (AL) uz lignosulfonātu bāzes izpēte.

Pētījuma mērķis ir izvēlēties LVM meža autoceļiem vispiemērotāko atputeķošanas paņēmieni un līdzekli un noteikt kritērijus un specifikācijas šim ikdienas uzturēšanas darbam.

# 1. nodaļa

---

## ANALĪTISKĀ DAĻA

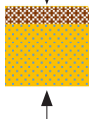
|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Atputekļošanas mehānisma apraksts un pieejamo atputekļošanas līdzekļu tirgus apskats                                      | 11 |
| 1.1.1. Neorganisko sāļu atputekļošanas līdzekļi                                                                                | 17 |
| 1.1.2. Bitumena emulsijas atputekļošanas līdzekļi                                                                              | 20 |
| 1.1.3. Lignosulfonāti un citi atputekļošanas līdzekļi uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes                                | 23 |
| 1.1.4. Ārzemju un Latvijas pieredzes apkopojums par atputekļošanas līdzekļu izmantošanu                                        | 27 |
| 1.1.5. Secinājumi                                                                                                              | 53 |
| 1.1.6. Rekomendācijas                                                                                                          | 54 |
| 1.2. Atputekļošanas efektivitāti ietekmējošie faktori                                                                          | 55 |
| 1.2.1. Atputekļošanas līdzekļa veids                                                                                           | 55 |
| 1.2.2. Seguma materiāls                                                                                                        | 56 |
| 1.2.3. Autoceļa atrašanās vieta                                                                                                | 56 |
| 1.2.4. Transportlīdzekļa braukšanas ātrums un svars                                                                            | 56 |
| 1.2.5. Secinājumi                                                                                                              | 57 |
| 1.2.6. Rekomendācijas                                                                                                          | 57 |
| 1.3. Atputekļošanas līdzekļu tirgu regulējošā dokumentācija                                                                    | 58 |
| 1.3.1. Standarti un specifikācijas                                                                                             | 59 |
| 1.3.2. Atputekļošanas līdzekļu atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām                                             | 61 |
| 1.3.3. Valsts vides dienesta prasības un Latvijas normatīvo aktu analīze par atputekļošanas līdzekļu paredzamo ietekmi uz vidi | 72 |
| 1.3.4. Secinājumi                                                                                                              | 78 |
| 1.3.5. Rekomendācijas                                                                                                          | 78 |



Analītiskajā daļā pēc LVM pasūtījuma apskatīta putekļveida piesārņojuma rašanās problēma, kā arī pēc uzkrātās pašu un pasaules pieredzes ieteikti meža autoceļu atputeķļošanas paņēmieni.

Biežāk izmantotie atputeķļošanas līdzekļi (AL) un to darbības principi apkopoti 1.1. tabulā, treknrakstā izceļot pētījumā analizētos AL veidus.

**1.1. tabula.** Biežāk izmantotie AL un to darbības principi

| AL darbības mehānisms                                                                                                                                                 | AL izcelsme                          | AL veids                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Putekļveida daļiņu<br><b>saistīšana, veidojot cietu seguma virskārtas slāni</b><br>  | No neatjaunojamiem resursiem iegūtie | AL uz jēlnaftas produktu bāzes                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                       |                                      | <b>AL uz bitumena emulsiju bāzes</b>                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                       |                                      | AL uz polimēra emulsiju bāzes                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                       | No atjaunojamiem resursiem iegūtie   | AL uz noliepoto naftas produktu (noliepoto minerāleļļu) bāzes                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                       |                                      | <b>AL uz lignosulfonātu bāzes</b>                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                       |                                      | AL uz melases bāzes                                                                                                                                                                           |
| Putekļveida daļiņu<br><b>saistīšana, uzturot noteiktu mitrumu seguma slānī</b><br> | No neatjaunojamiem resursiem iegūtie | <b>AL uz neorganisko sāļu bāzes:</b><br>nātrija hlorīds (NaCl);<br><b>kalcija hlorīds (CaCl<sub>2</sub>);</b><br><b>magnija hlorīds (MgCl<sub>2</sub>);</b><br>kalcija-magnija acetāts (CMA). |
|                                                                                                                                                                       |                                      | Ūdens kā AL                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                       | No atjaunojamiem resursiem iegūtie   | Jūras ūdens kā AL                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                       |                                      | Vīrsmaktīvās vielas saturošs ūdens kā AL                                                                                                                                                      |

## 1.1. Atputeķļošanas mehānisma apraksts un pieejamo atputeķļošanas līdzekļu tirgus apskats

Ceļu satiksme ir viens no galvenajiem antropogēnajiem putekļu veidošanās avotiem (autoceļu nesaistītā seguma un asfalta, riepu, bremžu nodilums, izplūdes gāzes, piemēram, dīzeļa kvēpi u. c.) līdz ar sadzīves energoresursu sadedzināšanas iekārtām (krāsnis, malkas apkures sistēmas, kamīni), rūpniecību, centralizētajām siltumapgādes sistēmām un lauksaimniecību. Grants ceļu seguma nodiluma rezultātā veidojas putekļi, kas kaitīgi ietekmē cilvēka veselību un vidi. Par putekļiem uzskata nelielas, cietas minerālas vai organiskas izcelsmes daļiņas. Daļiņu izmēri var būt no mikrometra (milimetra tūkstošā daļa) līdz pat 0,1 mm. Atkarībā no to izmēriem putekļi spēj noteiktu laiku noturēties gaisā, kā rezultātā veidojas dispersa sistēma – aerosols, kad gaisā (dispersijas vidē)

izkļiedētas cietas daļiņas (dispersā fāze). Gaisa vides piesārņojumu ar putekļiem raksturo cieta daļiņu ķīmiskās īpašības, izmēri un koncentrācija 1 m<sup>3</sup> gaisa. Putekļus veidojošo cieta daļiņu ķīmiskās īpašības pamatā ir atkarīgas no ceļa seguma materiāla mineroloģiskā sastāva. Savukārt cieta daļiņu izmērus raksturo parametrs *PM* (*particulate matter*): putekļu daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 10 µm, apzīmē ar *PM10*, bet daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 2,5 µm, – ar *PM2,5*. Putekļi ar šāda izmēra cietajām daļiņām var viegli nonākt cilvēka iekšējā elpošanas sistēmā, negatīvi ietekmējot veselību. Līdz ar to šīm putekļu frakcijām normatīvajos aktos

**1.2. tabula.** Putekļu piesārņojuma kritisko vērtību apkopojums Latvijas normatīvajos dokumentos

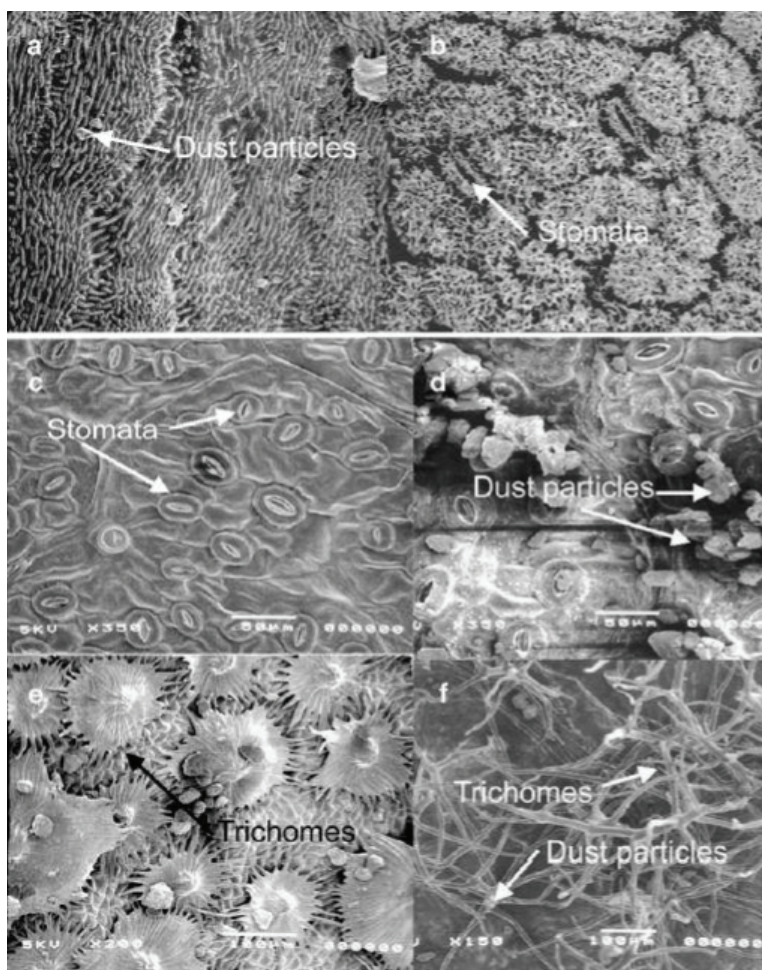
| Nr. p. k.                                              | Robežlieluma veids                                                          | Noteikšanas periods | Robežlieluma skaitliskā vērtība                                                    | Pielaišanas robeža                                                                                                                                                                               | Datums, līdz kuram pieļaujama robežlieluma pārsniegšana, nepārsniedzot pielaišanas robežu |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām <i>PM10</i></b>  |                                                                             |                     |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |
| 1.                                                     | Dienas robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( <i>R<sub>d</sub></i> ) | 24 stundas          | <b>50 µg/m<sup>3</sup> (nedrīkst pārsniegt vairāk kā 35 reizes kalendārā gadā)</b> | Sākotnēji 50 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2001. gada 1. janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2005. gada 1. janvārī. | 2005. gada 1. janvāris                                                                    |
| 2.                                                     | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( <i>R<sub>g</sub></i> )   | Kalendārā gads      | <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>                                                         | Sākotnēji 20 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2001. gada 1. janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2005. gada 1. janvārī  | 2005. gada 1. janvāris                                                                    |
| <b>Gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām <i>PM2,5</i></b> |                                                                             |                     |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |
| <b>1. posms</b>                                        |                                                                             |                     |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |
| 1.                                                     | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( <i>R<sub>g</sub></i> )   | Kalendārā gads      | 25 µg/m <sup>3</sup>                                                               | Sākotnēji 20 % virs robežlieluma vērtības. Aprēķinā to samazina, sākot ar 2009. gada 1. janvāri, un turpina vienādās daļās samazināt katrus 12 mēnešus, līdz sasniedz 0 % 2015. gada 1. janvārī  | 2015. gada 1. janvāris                                                                    |
| <b>2. posms</b>                                        |                                                                             |                     |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |
| 2.                                                     | Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai ( <i>R<sub>g</sub></i> )   | Kalendārā gads      | <b>20 µg/m<sup>3</sup></b>                                                         |                                                                                                                                                                                                  | 2020. gada 1. janvāris                                                                    |

\* 2. posms – iesakāmo robežlielumu Eiropas Komisija pārskata 2013. gadā, ņemot vērā turpmāko informāciju par ietekmi uz veselību un vidi, tehniskajām iespējām un pieredzi dalībvalstīs attiecībā uz mērķlielumu.

\*\* Treknrakstā uz šo brīdi aktuālie normatīvo aktu rādītāji.

ir piešķirta īpaša nozīme. Saskaņā ar ES direktīvu (2015/1480), kas ir saistoša arī Latvijai, dienas vidējie *PM10* rādītāji nedrīkst pārsniegt  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vairāk nekā 35 dienas katru gadu. Savukārt atbilstoši MK noteikumiem Nr. 1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti" gada vidējais *PM10* rādītājs nedrīkst pārsniegt  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bet gada vidējais *PM2,5* daudzums nedrīkst pārsniegt  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (skat. 1.2. tabulu). Jāatzīmē, ka šobrīd izstrādes stadijā ir Gaisa aizsardzības likums, kurā būtu jāparedz vēl stingrākas normas puteļveida daļiņu klātbūtnē gaisa vidē, lai tās būtu saskaņā ar Pasaules Veselības organizācijas (PVO) noteiktajām gada un dienas robežlielumu vērtībām – attiecīgi *PM10* daļiņām  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  un  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ne vairāk kā trīs reizes gada laikā), bet *PM2,5* daļiņām  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  un  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ne vairāk kā trīs reizes gada laikā).

Putekļu daudzumu uz nesaistītiem grants un meža autoceļiem ietekmē satiksmes intensitāte, lietotā grants seguma ceļa kvalitāte, kā arī laikapstākļi (vēja ātrums, temperatūra, mitrums). Piemēram, ASV Mežu dienesta veiktajā aprēķinā par aerosola veida putekļu rašanos grants nodiluma rezultātā noteikts, ka viens transportlīdzeklis, braucot reizi dienā pa grants ceļu, gadā rada



**1.1. att.** Putekļu daļiņas uz augu lapām, vizualizētas ar skenējošo elektronu mikroskopu [2].

564 kg/km putekļu [2]. Savukārt apmežotās vietās tipisks augšnes zudums vienā gadā ir aptuveni 300 kg/ha [2]. Aerosola veida putekļu plūsma sausajā laikā izraisa putekļu uzkrāšanos ceļa malu veģetācijā, kas var aizkavēt augu attīstību. Putekļi noberž virsmas, bojā lapotni, kā arī pasliktina augu kutikulu funkcijas. Savukārt putekļu mākoņi kairina cilvēka plaušas, ilgstošas iedarbības rezultātā var pasliktināties plaušu darbība.

Lai izprastu saikni starp transportlīdzekļa lietošanas intensitāti un putekļu radīšanu, pētījumā [2], izmantojot skenējošo elektronmikroskopu (SEM), veikta  $PM_{2,5}$  daļiņu vizualizācija (1.1. att.) un konstatēti savākto lapu paraugu kutikulu virsmas bojājumi un traucējumi fotosintēzi nodrošinošo atvārsnīšu darbībā. Savukārt, analizējot putekļu daļiņas, kas uzkrājas uz lapu virsmām no braucošiem transportlīdzekļiem, var redzēt, ka tās ir arī lielākas par  $2,5\ \mu\text{m}$  (skat. 1.1. att.).

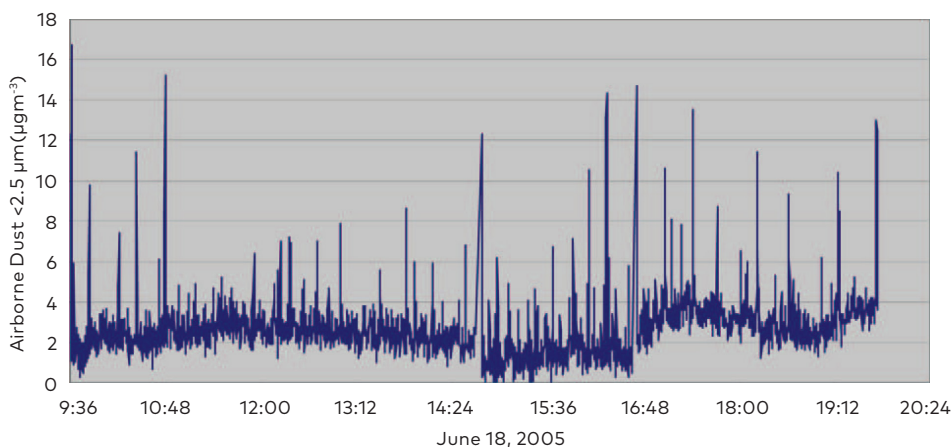
1.2. attēlā parādīti putekļu daudzuma mērījumu rezultāti atklātā vietā, no kuriem labi redzams, ka putekļu daudzums gaisā sākotnēji saglabājas nemainīgs – ap  $2,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bet, pabraucot garām transportlīdzeklī, vidējā koncentrācija palielinās no  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  līdz  $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

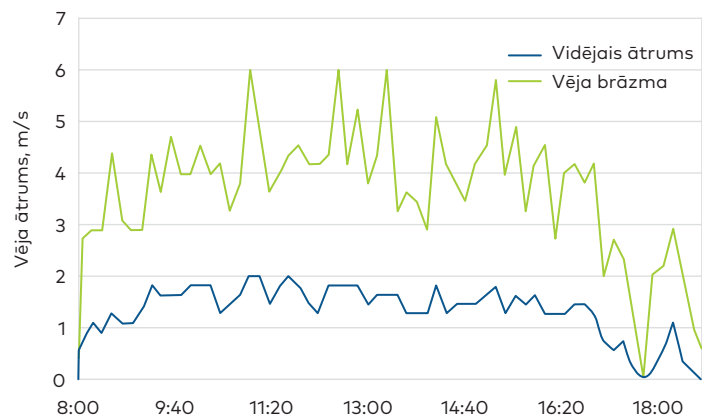
Vēja ātruma un virziena ietekme uz putekļu veidošanos parādīta 1.3. att.

Savukārt putekļu daudzuma koncentrācijas vietās ar blīvu apkārtnes veģetāciju, kas atbilst apmežotām vietām, bija ievērojami lielākas. Vidējā  $PM_{2,5}$  koncentrācija gaisā transportlīdzekļu ietekmē svārstās no  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  līdz  $300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (skat. 1.4. (a) att.), bet maksimālā koncentrācija ir pat 1,5–2 reizes augstāka (skat. 1.4. (b) att.). Te gan svarīgi atzīmēt, ka atbilstoši ASV Vides aizsardzības aģentūras (EPA) interpretācijai, ja aptuvenais automobiļu skaits ir  $\leq 150$ , to radītie putekļi cilvēkam nerada ilgtermiņa veselības problēmas.

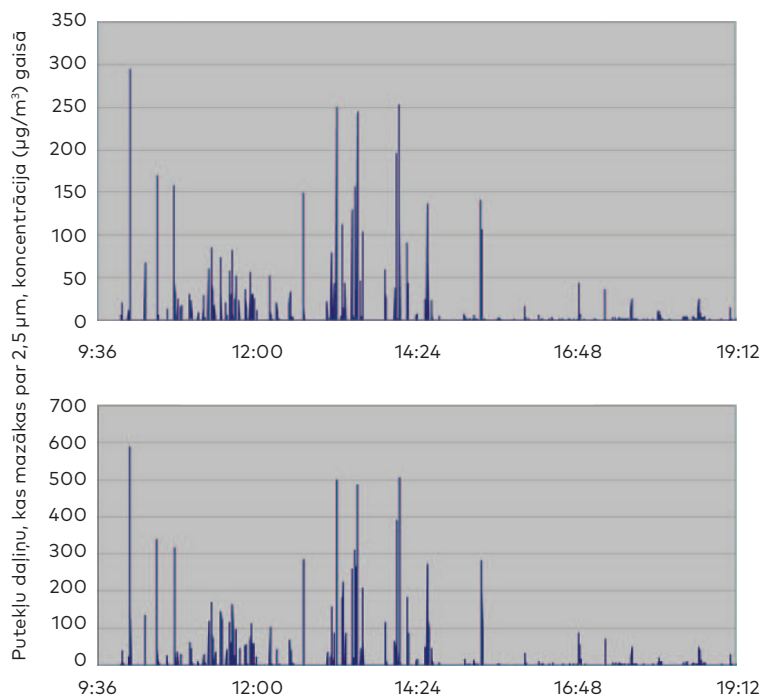
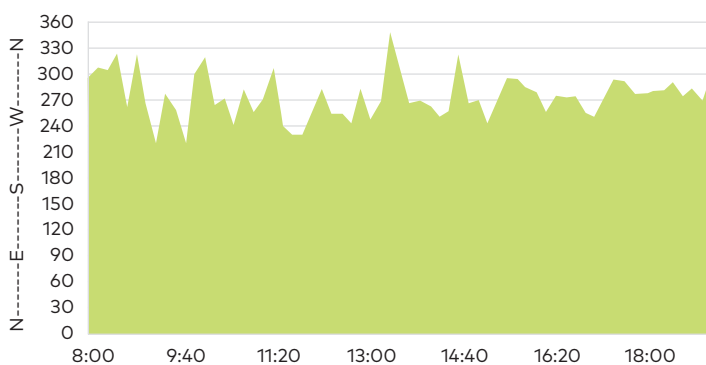
Pasaulē nesaistītā klājuma autoceļu atputeķļošanai izmanto plašu dažādu ražotāju ķīmisko atputeķļošanas līdzekļu klāstu

**1.2. att.** Putekļu daļiņu, kas mazākas par  $2,5\ \mu\text{m}$ , koncentrācija gaisā braucoša automobiļa priekšējā zonā ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [2].





**1.3. att.** Vēja ātruma (augšējais attēls) un virziena (apakšējais attēls) ietekme uz putekļu koncentrāciju [2].



**1.4. att.** Putekļu daļiņu, kas mazākas par  $2,5 \mu\text{m}$ , koncentrācija gaisā braucoša automobiļa aizmugurē ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [2].

(a)

(b)

### 1.3. tabula. Galvenie AL ražotāji un populārākās AL preču zīmes\*

| Ražotājs                                                                                  | Populārākās tirdzniecības markas                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3M (ASV)                                                                                  | 3M™ SDS-2 (biodegradējams AL)                                                                                                                                                                                                                                  |
| ACURO ORGANICS Ltd (Indija)                                                               | DUSTONIL DP (polimēra emulsijas AL)                                                                                                                                                                                                                            |
| The ACT Group (DĀR)                                                                       | DA600 (akrilpolimēra lateksa AL)                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ADW (Polija)</b>                                                                       | <b>ZW-10 (AL akmeņogļu putekļu saistīšanai)</b>                                                                                                                                                                                                                |
| <b>AGATA (Polija)</b>                                                                     | <b>celluguard® tehnoloģija</b>                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Alumichem A/S (Dānija)</b>                                                             | <b>DUST-AWAY (kalcija-magnija acetāta AL)</b>                                                                                                                                                                                                                  |
| ADM, Archer Daniels Midland Company (ASV) (Caliber DC-1000, ksantāna sveķu AL, cietas AL) | Caliber M-1000 (MgCl <sub>2</sub> AL)                                                                                                                                                                                                                          |
| Arclin, Inc. (ASV)                                                                        | DustCap®                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>BASF HOCK Mining Chemical Company Ltd. (Vācija/Ķīna)</b>                               | <b>Master Roc RDS 711 (patentēta sastāva AL)</b>                                                                                                                                                                                                               |
| Benetech Inc. (ASV)                                                                       | Benetech BT-468 (lignosulfonātu AL)                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Borregaard LignoTech (Norvēģija)</b>                                                   | <b>Dustex® (lignosulfonātu AL)</b>                                                                                                                                                                                                                             |
| Cargill Inc. (ASV)                                                                        | Dust-Off (MgCl <sub>2</sub> AL)                                                                                                                                                                                                                                |
| Celanese Corporation (ASV)                                                                | TufCOR® Emulsions (polimēra emulsijas AL)                                                                                                                                                                                                                      |
| Chemtex Speciality Limited (Indija)                                                       | Dustloc                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>CHRYSO GROUP (Francija)</b>                                                            | <b>Chryso®Dust Primer (Na lignosulfonāta), Chryso Eco Dust 100 (polimēra emulsijas AL), Chryso Eco Dust 200 (polivinilacetāta emulsijas AL, izmantojams pēc AL CHRYSO®Dust Primer uzklāšanas), emulsijas tipa bioloģiski noārdošs AL (Chryso Eco Dust Oil)</b> |
| Crown Products & Services sadarbībā ar General Electric Compa (ASV)                       | DusTreat* DC9138E                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cypher Environmental (Kanāda)                                                             | DUST/BLOKR®, ROAD/STABILIZR® (enzīmu, elektrolītu and virsmaktīvo vielu AL)                                                                                                                                                                                    |
| DowDuPont Inc. (ASV)                                                                      | PAVECRYL™ (akrilpolimēra emulsijas AL)                                                                                                                                                                                                                         |
| DUST-A-SIDE HINCOL Ltd (Indija)                                                           | AQUATARP (polimēra ūdens emulsijas AL), DASProduct (bitumena emulsijas AL), HydroTac (lignosulfonāta AL), HYDROWET (virsmaktīvās vielas saturošs AL).                                                                                                          |
| <b>Dust Solutions, Inc./pcp group (Īrija)</b>                                             | <b>DUSTELIM® Road</b>                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ecolab ASV                                                                                | HAULAGE-DC™                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>FUCHS (Vācija)</b>                                                                     | <b>RENOCLEAN AIR (patentēta sastāva AL)</b>                                                                                                                                                                                                                    |
| GelTech Solutions (ASV)                                                                   | Soil <sub>2</sub> O (patentēta sastāva AL)                                                                                                                                                                                                                     |
| Global Road Technology International Holdings (HK) Ltd (Austrālija)                       | GRT Haul-Loc (polimēra AL), GRT Wet-Loc, GRT_Activate                                                                                                                                                                                                          |
| Huntsman International LLC (ASV)                                                          | TERIC® 10A6N (AL uz etoksilētu taukskābju spirtu bāzes)                                                                                                                                                                                                        |
| Hexion Inc. (ASV)                                                                         | Senitel™ (patentēta sastāva AL dažādu smiltis (SiO <sub>2</sub> ) frakciju saistīšanai)                                                                                                                                                                        |
| HollyFrontier Corporation (ASV)                                                           | Anjonu un katjonu bitumena emulsijas                                                                                                                                                                                                                           |
| I-CAT (DĀR)                                                                               | GreenBit (bitumena emulsijas AL), RDC20 (polimēra emulsijas un jonisku modifikatoru maisījums)                                                                                                                                                                 |



### 1.3. tabulas turpinājums. Galvenie AL ražotāji un populārākās AL preču zīmes\*

| Ražotājs                                                         | Populārākās tirdzniecības markas                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Instral BV (Nīderlande)</b>                                   | <b>C-Force® (patentēta sastāva AL)</b>                                                                                                                                                                                     |
| <b>LignoStar (Nīderlande)</b>                                    | <b>NODUST (lignosulfonātu AL)</b>                                                                                                                                                                                          |
| Mideco Pty Ltd (Austrālija)                                      | Dustron®                                                                                                                                                                                                                   |
| Quaker Houghto (ASV)                                             | Daudzfunkcionāli, elastīga seguma AL, cieta seguma AL                                                                                                                                                                      |
| RST, Reynolds Soil Technologies Pty Ltd / Wet Earth (Austrālija) | DustWorx® GX (lignosulfonātam alternatīvs polimēra emulsijas AL),<br>Zero (videi draudzīgs AL),<br>RT8 (modificētas dabas eļļas ūdens emulsijas AL),<br>SHIELD AWR (polimēra emulsijas AL), Magnet (MgCl <sub>2</sub> AL). |
| SAMI Bitumen Technologies (Austrālija)                           | SAMIflex (bitumena emulsijas AL)                                                                                                                                                                                           |
| Sappi (DĀR)                                                      | Lignex (lignosulfonātu AL)                                                                                                                                                                                                 |
| Solenis (ASV)                                                    | Zalta™ (patentēta sastāva AL)                                                                                                                                                                                              |
| SUEZ (ASV)                                                       | DusTreat (bionoārdošs AL)                                                                                                                                                                                                  |
| Syntron Industries Private Limited (Indija)                      | Dustron® (patentēts AL)                                                                                                                                                                                                    |
| Tetra Chemicals                                                  | CC Road                                                                                                                                                                                                                    |
| Vincent's Polyline                                               | Dustoff                                                                                                                                                                                                                    |

\* treknrakstā izcelti ES uzņēmumu piedāvātie AL.

(skat. 1.3. tabulu). Tomēr, ievērojot meža ekosistēmas jutīgumu, tradicionālie ceļu atputeķļošanas risinājumi ne vienmēr var būt izmantojami mežu autoceļu atputeķļošanai. Līdz ar to LVM pasūtītā pētījuma ietvaros tika meklēti videi draudzīgi, ilgtspējīgi risinājumi puteķļu daudzuma samazināšanai uz meža autoceļu nesaistītajiem segumiem.

#### 1.1.1. Neorganisko sāļu atputeķļošanas līdzekļi

Visbiežāk izmantotie AL uz neorganisko sāļu bāzes ir CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub>, kas ir higroskopiski (mitrumu piesaistoši) materiāli un no gaisa piesaista mitrumu, sasaistot kopā puteķļu daļiņas un tā nodrošinot ilgāku puteķļu emisijas nomākšanu. Galvenie CaCl<sub>2</sub> un MgCl<sub>2</sub> ražotāji un populārākās AL tirgus markas apkopotas 1.4. tabulā.

CaCl<sub>2</sub> ir pieejams gan šķidrā, gan cietā (pārslu vai granulu) veidā. CaCl<sub>2</sub> piesaista gaisa mitrumu un uztur ceļa virsmu pastāvīgi mitru pat salīdzinoši karstos un sausos apstākļos. Tā kā CaCl<sub>2</sub> grants ceļa segumā iekļūst vairāku centimetru dziļumā, tas var veicināt ceļa seguma stabilitātes palielināšanos. Vienlaikus CaCl<sub>2</sub> pazemina ūdens sasalšanas temperatūru, līdz ar to samazinot grants ceļa segumam radīto kaitējumu ziemā. Līdzīgi darbojas arī MgCl<sub>2</sub>, taču to visbiežāk piegādā šķidrā veidā, aptuveni 30 %

**1.4. tabula.** Galvenie  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  ražotāji un populārākās AL tirgus markas

| Neorganisko sāļu AL | Galvenie ražotāji                                 | Populārākās tirgus markas                                                                                                                                                                          |
|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{CaCl}_2$     | Dow Inc. (ASV)                                    | LiquidDow™<br>Dow Flake™                                                                                                                                                                           |
|                     | Cargill Inc. (ASV)                                | Dustoff®                                                                                                                                                                                           |
|                     | Occidental Petroleum Corp. (OxyChem) (ASV)        | Liquidow™,<br>Dowflake™ Xtra,<br>Anhydrous 94-97%                                                                                                                                                  |
|                     | Tetra Chemicals (Zviedrija)                       | Roadmaster™                                                                                                                                                                                        |
|                     | Tangshan Sanyou Group Co., Ltd. (Ķīna)            | $\text{CaCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | Solvay S.A. (Beļģija)                             | Caso®                                                                                                                                                                                              |
|                     | Tiger Calcium Services (Kanāda)                   | Formula 35 Plus Premium Dust Control™                                                                                                                                                              |
|                     | Ward Chemicals (Kanāda)                           | Heavy Brine Plus<br>Calcium Chloride V 1.37<br>Calcium Chloride Inhibited W1.32<br>Calcium Chloride W1.32<br>Calcium Chloride Prills<br>MG-30 – (Magnesium Hydroxide in a Calcium Chloride Slurry) |
|                     | Qingdao Huadong Calcium Producing Co. Ltd. (Ķīna) | $\text{CaCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | Weifang Haibin Chemical Co. Ltd (Ķīna)            | $\text{CaCl}_2$ , $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                  |
|                     | Weifang Taize Chemical Industry Co. Ltd (Ķīna)    | $\text{CaCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | Zirax Ltd (Krievija)                              | $\text{CaCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
| $\text{MgCl}_2$     | Nedmag B.V. (Nīderlande)                          | $\text{MgCl}_2$ , $\text{CaCl}_2$                                                                                                                                                                  |
|                     | DEUSA International GmbH (Vācija)                 | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | NikoMag (Krievija)                                | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | Skyline Chemical Corporation (ASV)                | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | Compass Minerals (ASV)                            | DUSTGARD®                                                                                                                                                                                          |
|                     | K+S KALI GmbH (Vācija)                            | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | ICL (Izraēla)                                     | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |
|                     | HuiTai Investment Co., Ltd (Ķīna)                 | $\text{MgCl}_2$                                                                                                                                                                                    |

koncentrācijā.  $\text{MgCl}_2$  un  $\text{CaCl}_2$  piemīt līdzīgas ūdens piesaistes īpašības, tomēr  $\text{CaCl}_2$  saglabā savas gaisa mitrumu saistošās īpašības sausākos apstākļos nekā  $\text{MgCl}_2$ .

Kad  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  tiek uzklāti uz grants ceļa seguma, mitruma saturs ceļa virsmā mainās, atkarībā no temperatūras un gaisa relatīvā mitruma. Ja gaisa relatīvais mitrums pārsniedz kritisko robežvērtību, neorganiskais sāls sāk piesaistīt ūdeni, lai mitrums ceļa virsmā līdzsvarotos ar gaisa mitrumu, bet, ja gaisa mitrums ir zems, tad neorganiskais sāls atdod kristalizācijas ūdeni ceļa seguma materiālam, saglabājot to mitru un samazinot



putēšanu.  $\text{CaCl}_2$  mitruma absorbcijas spēja ir atkarīga no temperatūras: piemēram, 25 °C temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 29 %, kamēr 38 °C temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 20 %. Savukārt  $\text{MgCl}_2$  neatkarīgi no temperatūras sāk piesaistīt ūdeni no gaisa, ja gaisa relatīvais mitrums jeb kritiskā robežvērtība ir 32 %.

Lai arī  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  ķīmiskā iedarbība ir līdzīga, taču komerciāli pieejamo produktu faktiskā veiktspēja var būt ļoti atšķirīga. Komerciālie  $\text{CaCl}_2$  AL ir pieejami augstākā koncentrācijā nekā  $\text{MgCl}_2$  AL, kas nozīmē, ka ceļu uzturētāji, kas izmanto vienādu šo materiālu daudzumu, var apstrādāt lielāku virsmas laukumu, izmantojot  $\text{CaCl}_2$  nekā  $\text{MgCl}_2$ , vai arī, lai samazinātu putekļus vienā un tajā pašā ceļa posmā, būs nepieciešams mazāks daudzums  $\text{CaCl}_2$  nekā  $\text{MgCl}_2$ . Piemēram, salīdzinot  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  šķidro AL veiktspēju, ir svarīgi atzīmēt, ka, piemēram, *LIQUIDOW* tehniskā līmeņa  $\text{CaCl}_2$  šķīdums ir pieejams koncentrācijā no 28 % līdz 45 % un ka putekļu ierobežošanai izmantotās koncentrācijas parasti ir no 35 % līdz 45 % [3]. Turpretim komerciālos šķīdros magnija hlorīda produktus parasti piegādā 30 % koncentrācijā. Tā ir būtiska atšķirība, kā parādīts 1.5. tabulā. 1.6. tabulā redzamas arī sauso  $\text{CaCl}_2$  AL lielāko koncentrāciju priekšrocības salīdzinājumā ar  $\text{MgCl}_2$  AL.

Zemāks  $\text{CaCl}_2$  lietošanas līmenis var nozīmēt arī transporta, cilvēkstundu un aprīkojuma izmaksu ietaupījumu. Savukārt kā  $\text{CaCl}_2$  trūkumi jāmin mitruma absorbcijas spējas atkarība no

**1.5. tabula.** Šķidro  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  atputeķļošanas līdzekļu salīdzinājums [3]

|                                                                                                                                    | Mērvienība           | $\text{CaCl}_2$ | $\text{MgCl}_2$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| AL koncentrācija (komerciālie produkti)                                                                                            | %                    | 38              | 30              |
| Atputeķļotā ceļa seguma garums, ko iespējams pārklāt ar vienu 15 141 l (4000 galonu) cisternu-izsmidzinātāju, braukšanas joslas km | Brauktuves kilometri | 2,56            | 1,76            |
| AL līdzekļa daudzums, lai sasniegtu atputeķļošanas efektu 1 km garai braukšanas joslai                                             | litrs                | 5800            | 8600            |

**1.6. tabula.** Sauso  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  atputeķļošanas līdzekļu salīdzinājums [3]

|                                                                                                              | Mērvienība           | $\text{CaCl}_2$ | $\text{MgCl}_2$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| AL koncentrācijas (komerciālie produkti)                                                                     | %                    | 83–87           | 47              |
| Atputeķļotā ceļa seguma garums, ko iespējams pārklāt ar vienu 22 tonnu AL izklieģētāju, braukšanas joslas km | Brauktuves kilometri | 5,44            | 2,88            |
| AL līdzekļa daudzums, lai sasniegtu atputeķļošanas efektu 1 km garai braukšanas joslai                       | tonna                | 4,0             | 7,64            |

temperatūras. Vienlaikus abu neorganisko sāļu AL lietojumu ietekmē laikapstākļi iestrādes brīdī un pēc tās, jo lietus laikā notiek  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  izskalošanās. Jāmin arī tas, ka gan  $\text{CaCl}_2$ , gan  $\text{MgCl}_2$  var palielināt transportlīdzekļu korozijas riskus.

### 1.1.2. Bitumena emulsijas atputekļošanas līdzekļi

Samērā izplatīts produkts daudzās pasaules valstīs putekļu veidošanās ierobežošanai no grants seguma ceļiem ir lēni sadaloša bitumena emulsija, t. i., bitumena pilienu dispersija ūdens šķīdumā virsmas aktīvās vielas klātbūtnē. Virsmas aktīvās vielas īpašības nosaka emulsijas lādiņu, kas ļauj iegūt katjonu bitumena emulsijas, anjona bitumena emulsijas vai nejoniskas bitumena emulsijas. Putekļu veidošanās ierobežošanai galvenokārt izmanto katjonu bitumena emulsijas.

Bitumena emulsijas sadalīšanās rezultātā bitumena daļiņas izdalās no ūdens fāzes, izveidojoties relatīvi cietam bitumena slānim, kas piesaistās nesaistītā seguma materiāla daļiņu virsmai. Bitumena daļiņu lielais izmērs ir par iemeslu tam, ka bitumens neiesūcas seguma dziļākajos slāņos, kas rada risku, ka uz grants seguma virsmas var veidoties cieta, trausla "garoza", kura ir pakļauta sadrupšanas riskam satiksmes un klimata ietekmē. Šo problēmu risina, bitumena emulsiju atšķaidot ar ūdeni un negaistošiem sveķiem, kuri izšķīdina asfaltēnus (asfaltēni ir viena no bitumena ķīmiskā sastāva daļām kopā ar piesātinātajiem organiskajiem savienojumiem, aromātiskajiem savienojumiem un sveķiem), samazinot to daļiņu izmērus un nodrošinot labāku bitumena iesūkšanos ceļa segumā. Bitumena emulsijas lietošanas daudzums ir atkarīgs no daudziem faktoriem (ceļa seguma stāvoklis, atputekļojamās kārtas biezums, bitumena emulsijas koncentrācija, nepieciešamā atputekļošanas pakāpe u. tml.) un var svārstīties no  $0,5 \text{ l/m}^2$  līdz  $4,5 \text{ l/m}^2$ . Svarīgi atzīmēt, ka grants seguma kārtā, kas apstrādāta ar bitumena emulsiju, saglabā nesaistīta maisījuma īpašības un ir planējama. Neskatoties uz to, ka bitumena emulsijas atputekļošanas efekts ir daudzgadīgs, šī metode ir riskanta apkārtējai videi, jo iestrādes laikā apkārtējā vidē intensīvi izdalās gaistošie organiskie savienojumi. Gaistošo organisko savienojumu izdalīšanos gan var samazināt, pievienojot specifiskas piedevas. Jāņem arī vērā, ka lietus pirmo 24 h laikā pēc iestrādes var aizskalot nesacietējušo bitumena emulsiju uz blakus esošajām teritorijām. Savukārt uz ceļiem, kurus regulāri apstrādā ar bitumena emulsiju, veidojas liela bitumena koncentrācija, kas ir vides problēma ilgtermiņā, jo neizbēgami tuvākā vai tālākā nākotnē būs jārisina jautājumi par šī bitumena iznīcināšanu, deponēšanu vai pārstrādi.

Bitumena emulsijas globālajā tirgū piedāvā gan pasaulē labi zināmas naftas pārstrādes kompānijas (tādas kā *British Petroleum*, *Chevron Texaco Corporation*, *Shell Global*, *Total S.A.*, *Nynas AB*, *JX Nippon Oil & Energy Corporation*, *Indian Oil Corporation*,

*China Petrochemical Corporation, RAHA Group, RAD group*), gan vairāki reģionālie ražotāji, piemēram, SIA "Ceļu Emulsija-HL" Latvijā.

Līdzīgi kā neorganisko sāļu AL tirgū (skat. 1.4. tabulu), vairāki ražotāju piedāvātie bitumena emulsiju sastāvi ir patentēti. Piemēram, *Vägverket* – Zviedrijas ceļu administrācija – 1995. gadā ir reģistrējusi patentu E01C 7/36 "Putekļu saistīšana ar emulsiju", kurā aprakstīts gan atputeķļošanai lietojamās bitumena emulsijas sastāvs, gan arī tehnoloģiskie nosacījumi bitumena emulsijas lietošanai atputeķļošanas darbu izpildei.

Patentā aprakstītā metode ir paredzēta nesaistītu grants ceļu apstrādei, vispirms uzklājot grants kārtu, pēc tam šai grants kārtai uzklājot puteķļus saistošu bitumena emulsiju, nekavējoties to iemaisot grants kārtā un noslēgumā sablīvējot. Puteķļus saistošā bitumena emulsija sastāv no 20–40 % bitumena, 0,1–0,3 % emulgatora, 1–4 % vieglā šķīdinātāja, 60–80 % ūdens un 0,1–0,3 % adhēzijas piedevas. Puteķļus saistošo bitumena emulsiju sagatavo, pamatemulsiju (kura sastāv no 40–80 % bitumena, 0,2–0,6 % emulgatora, 2–8 % vieglā šķīdinātāja, 30–40 % ūdens un 0,2–0,6 % adhēzijas piedevas), samaisot vienādās daļās ar ūdeni (50/50).

Kā pamatojums grants seguma atputeķļošanai ar bitumena emulsiju tika minēts tas, ka grants segumu atputeķļošanai tradicionāli lietotie hlorīdi izraisa transportlīdzekļu metāla virsmu koroziju. Turklāt ar hlorīdiem apstrādāta grants seguma virsma lietus laikā kļūst "dubļaina", tādējādi pasliktinot braukšanas apstākļus.

Definētie izgudrojuma mērķi bija:

- izstrādāt metodi grants ceļu apstrādei ar puteķļus saistošu bitumena emulsiju, kas nodrošina atputeķļošanu, kā arī apmierina grants seguma funkcionālās īpašības ekonomiski izdevīgā veidā;
- radīt puteķļus saistošu bitumena emulsiju un tās sagatavošanu no pamatemulsijas;
- nodrošināt, ka bitumena emulsija efektīvi saista puteķļus, ka grants segumu pēc nepieciešamības var planēt, profilēt un sablīvēt, vienlaicīgi ievērojami samazinot ieguldījumu ikgadēji nepieciešamajai grants segumu uzturēšanai;
- ietekmes uz vidi samazināšana, salīdzinot ar hlorīdu lietošanu;
- priekšrocības satiksmes dalībniekiem, jo transportlīdzekļu metāla virsmas netiek pakļautas korozijai.

Patentā rekomendēts puteķļu saistošo bitumena emulsiju sagatavot divos posmos. Pirmajā posmā sagatavo pamatemulsiju, kura satur 40–80 % (parasti 60 %) mīksto bitumenu, kura vidējā kinemātiskās viskozitātes vērtība 60 °C temperatūrā ir 2000 mm<sup>2</sup>/s. Šis mīksta bitumens var sastāvēt no ceļu bitumena B180 ar kinemātisko viskozitāti 135 °C temperatūrā 180 mm<sup>2</sup>/s, kurš ir sajaukts ar 20–30 % plastifikatoru. Plastifikatoram ir jābūt eļļas destilātam, kas iegūts destilācijas procesā, sagatavojot

bitumenu no jēlnaftas. Mainot plastifikatora daudzumu, galaprodukta viskozitāti var regulēt pēc vajadzības. Mīkstā bitumena pagatavošanai var izmantot arī citu bāzes bitumenu, piemēram, B 60, B 85 u. tml. Lai paaugstinātu bitumena emulsijas viskozitāti, jāpievieno 2–8 % (parasti 5 %) plastifikators (vieglais šķīdinātājs, kura vārīšanās temperatūra ir 300–500 °C), 0,2–0,6 % (parasti 0,4 %) emulgators, piemēram, *LILAMULS® EM 44* (atbilstoši *Berol Nobel AB* terminoloģijai), kas ir modificēts alkildiamīns, un 0,2–0,6 % (parasti 0,3 %) diamīna tipa adhēzijas piedeva, piemēram, *DIAMIN HBG* (atbilstoši *Berol Nobel AB* terminoloģijai). Pēc tam visu samaisot emulsijas dzirnavās ar 30–40 % (parasti apmēram 35 %) ūdeni, iegūst “pamatemulsiju”. Otrajā posmā “pamatemulsiju” vienādās daļās samaisa ar ūdeni, rezultātā iegūstot putekļus piesaistošu bitumena emulsiju, kas tiek izmantota uz ceļa. Otrais posms parasti tiek veikts uz ceļa. Tādējādi noliktavās tiek uzglabāta tikai “pamatemulsija”.

Patentā rekomendēts, ka, apstrādājot grants ceļu, papildus putekļu saistošajai emulsijai ir jāiestrādā arī papildu grants maisījums, kura granulometriskajam sastāvam (0/16 mm vai 0/18 mm) jāatbilst Valsts autoceļu direkcijas prasībām. Pirms apstrādes grants segums jāsaģatavo ar nepieciešamo garenprofilu un šķērsprofilu, jābūt nodrošinātai labai ūdens atvadei no grants seguma virsmas, nepieļaujot stāvošu ūdeni.

Saskaņā ar patentā rekomendēto pēc bitumena emulsijas izliešanas uz sagatavotā grants seguma virsmas uzreiz veic greiderēšanu ar autogreideri, kura lāpsta aprīkota ar sistēmu *SYSTEM 2000* (atbilstoši *Sandvik AB* terminoloģijai), putekļus piesaistošo bitumena emulsiju iemaisot grants kārtā. Greidera darba dziļumam jābūt no 2,0 cm līdz 3,5 cm. Ja nepieciešams, darba procedūru atkārtoti vēl vienu reizi, lai iegūtu ar bitumena emulsiju vienmērīgi samaisītu ceļa seguma materiālu. Sablīvēšanai var izmantot atbilstoši pielāgotu ūdens cisternu, nodrošinot arī korektu mitruma uzturēšanu maisījumā. Lai tiktu sasniegti labi rezultāti, blīvēšana jāveic precīzi.

Kopumā atputeļošanu ar bitumena emulsiju patentā rekomendēts veikt trīs soļos.

- 1. solis. Grants maisījuma uzklāšana ( $7\text{--}15\text{ l/m}^2$ ), t. i., papildu grants materiāla pievešana un izlīdzināšana, ja nepieciešams mitrinot.
- 2. solis. Putekļus saistošās bitumena emulsijas iestrāde.
  - » 2.1. solis. Putekļus saistošās bitumena emulsijas izsmidzināšana ( $0,5\text{--}2,0\text{ kg/m}^2$ , vēlams  $0,8\text{--}1,2\text{ kg/m}^2$ ).
  - » 2.2. solis. Tūlīt pēc bitumena emulsijas izsmidzināšanas tās samaisīšana ar grants materiālu, izmantojot autogreideri. Samaisāmās grants kārtas biezums 2,0–3,5 cm.
  - » Pēc nepieciešamības putekļus saistošo bitumena emulsijas izsmidzināšanu ar sekojošu iemaisīšanu var atkārtot, nodrošinot augstāku iemaisīšanas pakāpi.

- 3. solis. Sablīvēšana (pēc tam, kad virsma ir nedaudz nožuvusi), piemēram, izmantojot pielāgotu laistīšanas transportlīdzekli. Var būt nepieciešama arī neliela pēclaistīšana.

Tūlītēja putekļus saistošās bitumena emulsijas samaisīšana ar grants materiālu (2. solis) nozīmē, ka samaisīšana jāveic pirms bitumena emulsijas sadalīšanās. Pēc putekļus saistošās bitumena emulsijas sadalīšanās, t. i., bitumena emulsijai pārējot divās atsevišķās fāzēs (mīkstais bitumens un ūdens), ūdens iztvaikos (virsma izžūs) un samaisītā kārtā sastāvēs no mīkstā bitumena un grants maisījuma. Lai virsmas žūšanas laikā pirms sablīvēšanas novērstu caur atputekļojamo posmu braucošo transportlīdzekļu savstarpēju notāšķīšanu (nosmērēšanu), ir jānosaka distances u. c. nepieciešamie satiksmes organizācijas ierobežojumi.

Segums noformējas dažu stundu laikā pēc sablīvēšanas. Rezultātā iek iegūta samērā stingra virsma apmēram 2–3 cm biezumā. Eksploatācijas periodā segumam gan ir nepieciešama regulāra apkope, bet daudz mazākā apjomā nekā iepriekš.

Patentā aplēsts, ka četru gadu laikā grants ceļa segumu varētu apstrādāt pēc šāda grafika:

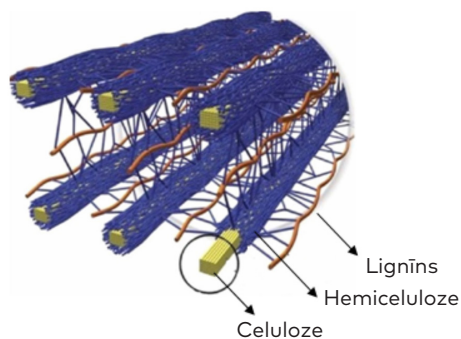
- 1. gads. Uz grants seguma tiek uzklāts 7–15 l/m<sup>2</sup> jauns grants materiāls 0/18 mm vai 0/16 mm un aptuveni 2 kg/m<sup>2</sup> putekļus saistoša bitumena emulsija;
- 2. gads. Uz grants seguma netiek uzklāts jauns grants materiāls, vai tiek uzklāts 3–5 l/m<sup>2</sup> tāds pats jauns grants materiāls kā 1. gadā un aptuveni 1 kg/m<sup>2</sup> putekļus saistoša bitumena emulsija;
- 3. gads. Uz grants seguma netiek uzklāts jauns grants materiāls un putekļus saistoša bitumena emulsija, iespējams, ir nepieciešama grants seguma greiderēšana un blīvēšana;
- 4. gads. Tas pats, kas 3. gadā, vai, ja nepieciešams, tas pats, kas 2. gadā.

Šādas apstrādes rezultātā uz brauktuves tiek uzklāts 7–20 l/m<sup>2</sup> jauns grants materiāls un seguma virsējā kārtā iestrādātā bitumena daudzums līdzinās bitumena daudzumam, kas nepieciešams, piemēram, vienkārtas virsmas apstrādei.

Izmaksas 1. gadā būs augstākas nekā atputekļošanas izmaksas, piemēram, ar kalcija hlorīdu. 2. gadā izmaksas būs līdzīgas ar atputekļošanas izmaksām, izmantojot kalcija hlorīdu. Savukārt, sākot no 3. gada, atputekļošanas izmaksas būs zemākas.

### 1.1.3. Lignosulfonāti un citi atputekļošanas līdzekļi uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes

Atputekļošanas līdzekļi, veidojušies uz dabiskā ceļā noārdošos izejvielu bāzes, ir organiskas izcelsmes produkti, kas tiek iegūti no koksnes, dažādiem augiem, baktērijām, micēlija utt. Biežāk izmantotie dabisko savienojumu AL ir lignosulfonāti, hitozāns,

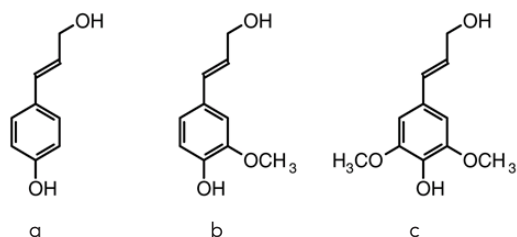


**1.5. att.** Ligno-celulozes biomasas shematiskā struktūra [4].

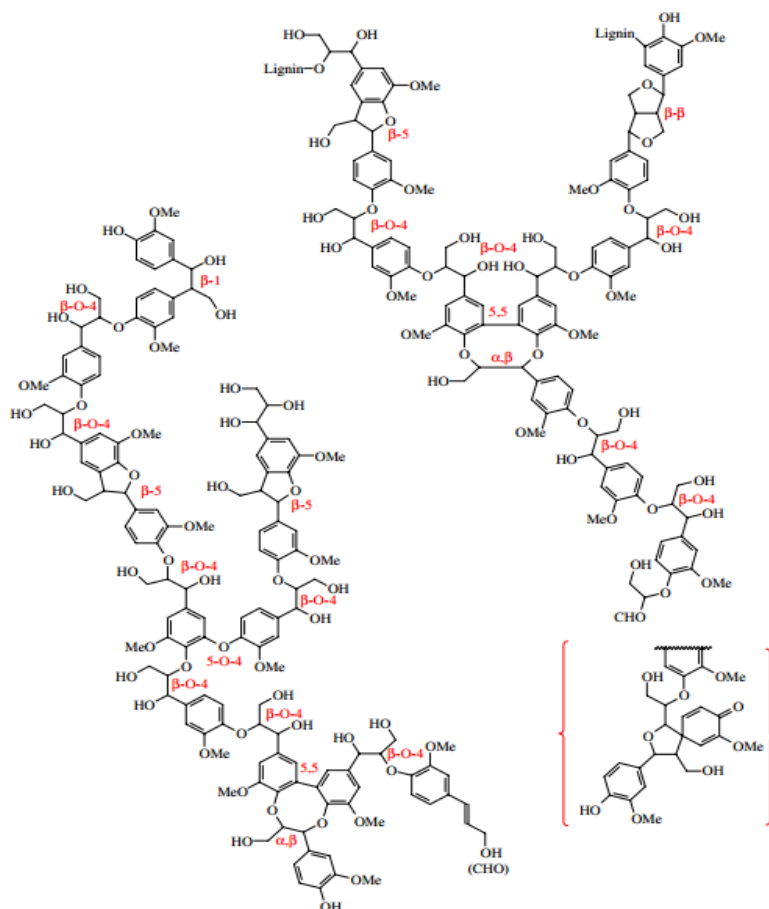
guāra sveķi, ksantāna sveķi un kukurūzas ciete. Salīdzinot ar citiem no atjaunojamiem resursiem iegūtiem AL, izplatītākie ir lignosulfonāti (LS), jo tie ir plaši pieejami, to potenciālā atpūtkļošanas efektivitāte ir relatīvi labi izpētīta, un noteiktos ekspluatācijas apstākļos to veiktspēja ir salīdzināma vai pat labāka nekā neorganisko sāļu AL. Vienlaikus LS AL ir bionoārdāmi, to noārdīšanās produkti nav toksiski un ar laiku LS veido humusvielām līdzīgus savienojumus, kuri uzlabo ceļa apkārtņē esošo augsni. Līdz ar to sagaidāms, ka LS AL potenciālā negatīvā ietekme uz vidi būs mazāka nekā neorganisko sāļu un bitumena emulsiju AL gadījumā, kas ir īpaši nozīmīgi, veicot meža autoceļu atpūtkļošanu jutīgu biotopu tuvumā.

Lignocelulozes biomasa sastāv no celulozes, hemicelulozes un lignīna, kuri cits ar citu savienoti gan ar kovalentām, gan ūdeņraža saitēm. Lignīns kopā ar celulozi un hemicelulozi ir galvenā koku, kā arī augu un lauksaimniecības kultūru sastāvdaļa (skat. 1.5. att.). Pateicoties lignīna klātbūtnei, lignocelulozes biomasa ir izturīgāka, jo lignīns, aizpildot šūnu sienīņu telpu, kalpo par saistvielu celulozes šķiedru pastiprināšanai. Lignocelulozes biomasā lignīna saturs svārstās no 18 % līdz 38 %. Lignīna saturs dažādās lignocelulozes biomasas daļās ir ļoti mainīgs, visvairāk tas koncentrējas stumbra vidusdaļā un lejasdaļā. Lignīns ir liels oglekļa avots un līdz ar to arī bagātīgs enerģijas nesējs ar augstu siltumietilpību. Viena no svarīgām lignīna savienojumu īpašībām ir spēja bionoārdīties mikroorganismu klātbūtnē, neradot toksiskus produktus, kas liecina par lignīna savienojumu nekaitīgumu videi.

Lignīna makromolekulas struktūra veidojas trīs monolignīnu – p-kumaril-, sinapil- un koniferilspirtu – biosintēzes rezultātā (skat. 1.6. att.).



**1.6. att.** Lignīna monomēri:  
a – kumarilspirts;  
b – koniferilspirts;  
c – sinapilspirts.



**1.7. att.** Lignīna makromolekulas struktūra.

Lignīna makromolekulas struktūra ir kompleksa un sastāv no sazarotām polimēra ķēdēm (skat. 1.7. att.). Lignīns satur daudz funkcionālo grupu: hidroksil-, karboksil-, metoksil-, aldehīd- un keto- grupas. Pateicoties makromolekulas funkcionālajam sastāvam, lignīnam piemīt saistošas īpašības, kuras realizējas lignocelulozes biomasas šūnā celulozes šķiedru pastiprināšanai.

Lignosulfonāti ir lignīna sulfoatvasinājumi. Lignosulfonāta sāļus iegūst kā celulozes ražošanas blakusproduktus koksnes sulfītdelignifikācijas procesā 140–145°C temperatūrā un 0,6–0,7 MPa spiedienā. Celulozi atdala no vārīšanas šķīduma filtrējot, cukurus fermentē ar raugiem, lai iegūtu etilspirtu, bet lignosulfonātus koncentrē, iztvaicējot ūdeni, un pārdod kā bioproduktu. Lignosulfonāta makromolekulas bez hidroksilgrupām un karboksilgrupām satur arī jonizētās sulfogrupas, kas piedod tām negatīvu lādiņu, kurš ir līdzsvarots ar pozitīvi lādētiem katjoniem un ļauj reaģēt ar ķīmiskajām vielām. Rezultātā veidojas modificētie lignosulfonāti, kam piemīt uzlabotas saistošās vai citas īpašības – atkarībā no izmantotā ķīmiskā modifikatora un modificēšanas metodes.



Lignosulfonātus izmanto:

- cementa rūpniecībā, lai atvieglotu cementa malšanu, paliecinātu tā smalkuma pakāpi un kvalitāti;
- tekstilrūpniecībā – kubla krāsošanā, jo, pievienojot krāsai lignosulfonātu šķīdumu, iegūst vienmērīgāku krāsas sadalījumu uz šķiedrām;
- kā piedevas ģipsim (izgatavojot ģipša šķiedru plātnes);
- kā urbšanas eļļu piedevas;
- emulsiju stabilizācijai;
- kā flotācijas līdzekli;
- kā piedevu miecvielām;
- metalurģijā, pievienojot tos kā saistvielu veidzemes smilšu-mālu maisījumam;
- lopbarībai;
- **augšnes virsmas stabilizācijai pret ūdens un vēja eroziju, kā arī putekļu daudzuma samazināšanai nesaistītos ceļa segumos, piemēram, grants ceļos.**

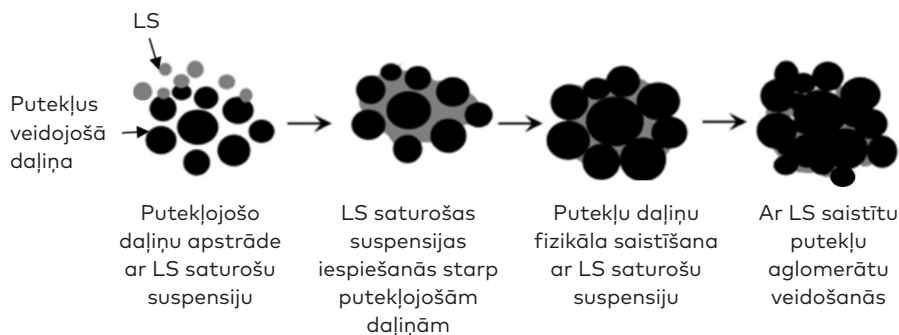
Lignosulfonātu globālais pieprasījums Ziemeļamerikā (ASV, Kanāda), Eiropā (Norvēģija, Zviedrija, Vācijā), Āzijas Klusā okeāna reģionā (Ķīna, Japāna), Austrālijā, Malaizijā un Latīņamerikā (Brazīlija) 2019. gadā veidoja gandrīz 790,6 miljonus ASV dolāru, un tiek prognozēts, ka līdz 2027. gadam tas pārsniegs 1033,63 miljonus ASV dolāru. Lignosulfonātu pasaules tirgus ir mēreni konsolidēts; tirgū dominē galvenie uzņēmumi ar spēcīgu ietekmi pasaulē (skat. 1.7. tabulu). Tomēr no praktiskās lietojamības viedokļa liela nozīme ir jebkuram tuvākajā reģionā strādājošam celulozes rūpniecības uzņēmumam, piemēram, KU SIA "OLDI", kas spētu nodrošināt lētu izejvielu LS AL ražošanai.

Ievērojot liela apjoma lignosulfonātu blakusproduktu veidošanos, celulozes pārstrādes uzņēmumi ne tikai meklē iespējas lignosulfonātu realizācijai, bet arī izstrādā savus modificētos produktus, kuru papildu pievienoto vērtību nosaka izcelsme no atjaunojamām izejvielām un noārdīšanās spēja. Ievērojot šo potenciālu vienlaikus interesi par specifisku produktu, tostarp AL, izstrādi no lignosulfonātiem izrāda arī vietējais uzņēmums SIA "VINCENTS".

**1.7. tabula.** Galvenie LS tirgū strādājošie uzņēmumi

| Lignosulfonātu AL galvenie ražotāji                                                 | Populārākās tirdzniecības markas         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Borregaard, Norvēģija                                                               | Dustex®                                  |
| Burgo Group, Itālija                                                                | Dažādi lignīna produkti (Bretax, Sartax) |
| Lignostar, Nīderlande                                                               | NODUST®                                  |
| Nippon Paper Industries Co., Japāna                                                 | San X® sērijas produkti                  |
| Rayonier Advanced Materials/Tembec Inc., ASV, un Borregaard, Norvēģija, kopuzņēmums | Dažādi lignīna produkti                  |
| Sappi Limited, DĀR                                                                  | Lignex®                                  |
| Shenyang Xingzhenghe Chemical Co. Ltd., Ķīna                                        | Lignosulfonāti                           |
| Wuhan Xinyingda Chemicals Co. Ltd., Ķīna                                            | Lignosulfonāti                           |





LS piemīt izteiktas adhezīvās īpašības, pateicoties kurām tos plaši izmanto kā komponentus dažādās līmēs un saistvielās. Iestrādājot LS ūdens šķīdumu grants putekļainajā virsmā, tas fizikāli ķīmiskās mijiedarbības rezultātā sasaista putekļu daļiņas: vispirms primāros agregātos, pēc tam lielizmēra agregātos, kas pēc tam veido grants-putekļu aglomerātus (skat. 1.8. att.). Šo procesu var pielīdzināt grants virsmas cementēšanai LS šķīduma ievadīšanas rezultātā.

**1.8. att.** Putekļu saistīšanās ar lignosulfonātiem shēma.

### 1.1.4. Ārzemju un Latvijas pieredzes apkopojums par atputeķļošanas līdzekļu izmantošanu

#### 1.1.4.1. Igaunija

Igaunijā ceļa segumu atputeķļošanu ar kalcija hlorīdu reglamentē specifikācijas "Tehnoloģiskie norādījumi ceļu apkopes darbiem. Norādījumi atputeķļošanai ar kalcija hlorīdu", kas apstiprinātas ar Igaunijas valsts Ceļu pārvaldes ģenerāldirektora 12.12.2007. direktīvu Nr. 255 [5].

Specifikācijā norādīts, ka atputeķļošanai  $\text{CaCl}_2$  var izmantot vai nu cietā (pārsļas vai granulas), vai šķīduma veidā. Pārsļas  $\text{CaCl}_2$  saturam jābūt 77–80 %, bet maksimālajam  $\text{CaCl}_2$  saturam šķīdumā jābūt 37–41 %.  $\text{CaCl}_2$  var izšķīdināt ūdenī arī objektā, izmantojot tam piemērotu maisītāju. Specifikācijā norādītas arī  $\text{CaCl}_2$  lietošanas devas. 1.8. tabulā parādīts tipiskākais  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums t/km, atputeķļošanu veicot pavasarī.

**1.8. tabula.** Tipiskākais  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums, atputeķļojot pavasarī

| Satiksmes intensitāte, automašīnas/diennaktī | Ceļa platums, m/ $\text{CaCl}_2$ izlietojuma daudzumu, t/km |     |     |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|-----|
|                                              | 5,0                                                         | 6,0 | 7,0 |
| > 500                                        | –                                                           | 2,0 | 2,5 |
| 200–500                                      | 1,2                                                         | 1,6 | 2,0 |
| 100–200                                      | 0,9                                                         | 1,3 | 1,5 |
| < 100                                        | 0,7                                                         | 0,9 | 1,1 |

Lielāks  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums vēlams ceļa posmos atklātā apvidū, ja tiešā ceļa tuvumā ir apdzīvotas vietas vai augļu un ogu lauki.  $\text{CaCl}_2$  izlietojuma daudzums var būt mazāks ceļa mežu posmos vai posmos ar zemu uzbērumu.

Specifikācijā noteiktas arī prasības grants frakcionālajam sastāvam. Maksimālais pieļaujamais grants frakcijas izmērs ir 16 mm. Ja 0/16 grants maisījuma struktūrā trūkst smalkās daļiņas ( $< 0,074$  mm; 10–16 svara %), tad jāpievieno māls vai slānekļa pelni. Māla daļiņu ( $< 0,002$  mm) saturam no smalko daļiņu daudzuma jābūt vismaz 25 svara %, bet labāk, ja māla daļiņu saturs ir  $> 50$  svara %.

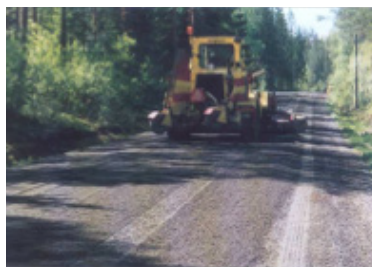
Pareiza materiāla izmantošana grants segumam nodrošina grants ceļa seguma izturību un noturību visos apstākļos. Ūdens neiesūcas ceļa konstrukcijā un nemīkstina grants segumu. Grants seguma virsējai kārtai jābūt 50 mm biezumā.

$\text{CaCl}_2$  iestrādes etapi parādīti 1.9. attēlā. Vispirms brauktuves vidū ar autogreideri izveido valni, tad abās ceļa joslās visā brauktuves platumā izklieš  $\text{CaCl}_2$  (skat. 1.9. (a) att.). Pēc  $\text{CaCl}_2$  izkliešanas grants materiālu ar autogreideri pārmaisa un izlīdzina (skat. 1.9. (b) att.). Lai  $\text{CaCl}_2$  labāk izšķīstu, ceļš ir jāaplaista (skat. 1.9. (c) att.). Beigās, kamēr ceļa segums vēl ir mitrs, ceļa virsmu pieblīvē, darba izpildē iesaistīto tehniku aprīkojot ar uzkarināmu veltni vai blieti (skat. 1.9. (d) att.).

Kalcija hlorīda iestrāde jāveic tūlīt pēc lietus. Kalcija hlorīda daudzums jāizvēlas tā, lai rudenī nevajadzētu veikt papildapstrādi. 1.9. tabulā dots atbilstošās koncentrācijas AL šķīduma izgatavošanai nepieciešamais  $\text{CaCl}_2$  pārslu daudzums pie dažādām  $\text{CaCl}_2$  iestrādes devām.



(a)



(b)



(a)



(b)

**1.9. att.** Kalcija hlorīda iestrāde: (a) izkliešana; (b) grants materiāla pārmaisisšana un izlīdzināšana; (c) laistīšana; (d) blīvēšana.

**1.9 tabula.** Šķīduma daudzums ( $\text{m}^3$ ) ar dažādu  $\text{CaCl}_2$  saturu, kas atbilst pārsļu daudzumam

| CaCl <sub>2</sub> saturs šķīdumā, % | Pārsļu kalcija hlorīda saturs, t/km (CaCl <sub>2</sub> saturs 77 %) |      |      |      |       |      |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|------|
|                                     | 0,5                                                                 | 0,8  | 1,0  | 1,3  | 1,5   | 2,0  |
| 37                                  | 0,76                                                                | 1,22 | 1,52 | 1,97 | 2,28  | 3,04 |
| 38                                  | 0,73                                                                | 1,17 | 1,47 | 1,91 | 2,20  | 2,94 |
| 39                                  | 0,71                                                                | 1,14 | 1,42 | 1,85 | 2,013 | 2,84 |
| 40                                  | 0,69                                                                | 1,10 | 1,38 | 1,79 | 2,06  | 2,75 |
| 41                                  | 0,67                                                                | 1,07 | 1,33 | 1,73 | 2,00  | 2,66 |
| 42                                  | 0,65                                                                | 1,03 | 1,29 | 1,68 | 1,94  | 2,58 |
| 43                                  | 0,63                                                                | 1,00 | 1,25 | 1,63 | 1,88  | 2,50 |
| 44                                  | 0,61                                                                | 0,97 | 1,22 | 1,58 | 1,82  | 2,43 |

Specifikācijā rekomendēts apstrādi ar  $\text{CaCl}_2$  noslogotos vai atklātos grants ceļa posmos atkārtot vasarā. Papildu kalcija hlorīda iestrāde jāveic arī tad, ja ceļa virsma ir kļuvusi nelīdzena un tā ir jāplanē. Papildu atputeķļošanai vasarā nepieciešamais kalcija hlorīda daudzums ir mazāks nekā pavasarī.

Papildus  $\text{CaCl}_2$  Igaunijā nedaudz izmanto arī citus atputeķļošanas materiālus. Tie ir ģipsis, lignīns (10 % vai 45 % šķīduma veidā), kā arī  $\text{MgCl}_2$ , kas lietošanā ir līdzīgs  $\text{CaCl}_2$ . Tomēr pēc Igaunijas pieredzes var konstatēt, ka lielā kristalizācijas ūdens daudzuma dēļ  $\text{MgCl}_2$  jālieto par 10 % vairāk nekā  $\text{CaCl}_2$ .

Igaunijas Ceļu pārvalde 2014. gadā uzsāka pētniecības un izstrādes darbu "Atputeķļošanas metodes grants ceļiem, lai no valsts viedokļa identificētu rentablus atputeķļošanas risinājumus" [6]. 2014. gadā *Ramboll Eesti AS* veica izstrādes darbu pirmo posmu, kā rezultātā tika identificēti atputeķļošanas materiāli un metodes, kuras tika pārbaudītas izstrādes darba otrajā posmā 2015. un 2016. gadā. Turklāt tika pārbaudīti grants stabilizācijas materiāli, lai varētu izveidot vieglus pārklājumus bez puteķļiem.

Pētījumā [6] sniegts pārskats par 2015. un 2016. gadā veikto materiālu un metožu pārbaudes rezultātiem atputeķļošanai un grants ceļu stabilizēšanai, tostarp materiālu un izmantoto metožu efektivitātes salīdzinājums, pamatojoties uz posmu vizuālajām pārbaudēm, laboratorijas testiem, mērījumiem un ekspluatācijas izmaksu analīzi (skat. 1.10. tabulu).

Atputeķļošanas materiālu efektivitātes testēšana tika veikta uz otrās šķiras ceļa Nr. 16176 *Vanamõisa-Koonga-Ahaste, Mihkli-Koonga* posmā, no 11,8 km līdz 16,9 km. Atputeķļošana tika veikta 467 m garos posmos ar granulētiem kalcija un magnija hlorīdiem un to šķīdumiem, neapstrādātu rapšu eļļu, neorganiskā silīcija polimēra *LBS (Silicate Polymer)* un akrilāta šķīduma *LDC (Liquid Dust Control)* kombināciju, kā arī bitumena emulsiju (skat. 1.10. tabulu). Turklāt tika izbūvēta papildināta (ķīlēta) virsmas apstrāde.

Grants seguma stabilizācija tika veikta arī uz otrās šķiras ceļa Nr. 24109 *Kõo-Kolga-Jaani* posmā, no 17,7 km līdz 19,1 km.



**1.10. att.** Putekļu emisiju mērīšana.

Stabilizācijai vienā posmā tika izmantots cements ar *InfraCrete* modificējošo minerālpiedevu, bet otrā – cements un akrilāta polimēra *M10 + 50<sup>TM</sup>* un neorganiskā silīcija polimēra *LBS* maisījuma šķīdumu. Stabilizētie testa posmi tika izbūvēti ar ķīlētu virsmas apstrādi – ar bitumena emulsiju BE67B4 un sīkšķembām 8/12&4/8.

Pārbaudes posmos putekļu emisiju mērīja Igaunijas Vides izpētes centrs (skat. 1.10. att.). Pamatojoties uz izmērītajām putekļu emisiju koncentrācijām (miligrami uz kubikmetru, mg/m<sup>3</sup>), putekļu momentānajām emisijām (miligrami sekundē, mg/s) un putekļu īpatnējām emisijām (miligrami uz transportlīdzekļa kilometru, mg/m<sup>3</sup>/km) tika aprēķinātas un apkopotas smalko daļiņu frakcijas attiecībā uz *PM10*, *PM2,5* un *PM1,0*.

Pamatojoties uz atputeļošanas efektivitātes rādītājiem (skat. 1.10. tabulu), var secināt, ka vislabākos rezultātus uzrāda grants segumi, kas apstrādāti ar granulētiem hlorīdiem.

Kopumā, pamatojoties uz 2015. un 2016. gadā veiktās atputeļošanas rezultātiem, var secināt, ka, ņemot vērā izmērīto putekļu emisijas daudzumu un izvērtējot 25 gadu ekspluatācijas

**1.10. tabula.** Izmērītā *PM10* emisija un aprēķinātās izmaksas

| Nr. | Materiāls                          | <i>PM10</i> emisija (µg/pārbrauciena km) |             | 25 gadu diskontētās ekspluatācijas izmaksas, EUR/km |
|-----|------------------------------------|------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|
|     |                                    | 21.07.2015.                              | 19.08.2016. |                                                     |
| 1.  | Ķīlēta virsmas apstrāde (8/12&4/8) | 57,32                                    | 392,53      | 45 706                                              |
| 2.  | Vienkārta virsmas apstrāde (8/12)  | 123,42                                   | 428,55      | 45 853                                              |
| 3.  | Bitumena emulsija                  | 138,42                                   | 2321,94     | 99 454                                              |
| 4.  | Grants                             | 6885,68                                  | 11 603,40   | 34 794                                              |
| 5.  | Grants                             | 8839,50                                  | 27 771,94   |                                                     |
| 6.  | <i>LBS</i> un <i>LDC</i> maisījums | 1951,63                                  | 26 507,06   | 136 173                                             |
| 7.  | Neapstrādāta rapšu eļļa            | 1393,69                                  | 3686,44     | 107 228                                             |
| 8.  | CaCl <sub>2</sub> šķīdums          | 247,23                                   | 3136,18     | 43 549                                              |
| 9.  | MgCl <sub>2</sub> šķīdums          | 160,67                                   | 473,61      | 46 857                                              |
| 10. | Granulēts MgCl <sub>2</sub>        | 309,14                                   | 222,05      | 51 819                                              |
| 11. | Granulēts CaCl <sub>2</sub>        | 204,10                                   | 231,02      | 46 030                                              |

izmaksas, granulētajam  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$  starp visiem pētījumā izmantotajiem atputeķļošanas materiāliem dodama priekšroka, ja ikgadējā vidējā diennakts satiksmes intensitāte AADT ir līdz 100 automašīnām diennaktī. Savukārt stabilizēta grants seguma vizuālā uzraudzība, mērījumi un testi liecina, ka grants seguma nestspējas uzlabošanai izmantotie *InfraCrete*, *M10 + 50<sup>TM</sup>* un *LBS* materiāli nav piemēroti vienkāršai atputeķļošanai šo metožu augsto ekspluatācijas izmaksu un zemākas atputeķļošanas efektivitātes dēļ.

#### 1.1.4.2. Zviedrija

Grants ceļi veido aptuveni 35 % no Zviedrijas publisko ceļu tīkla. Kopumā Zviedrijā ir aptuveni 350 000 km grants ceļu, no kuriem apmēram 75 000 km ir valsts subsidētie privātie publiskie ceļi un apmēram 30 000 km valsts un pašvaldību ceļi. [7]. Ceļus ar grants segumu Zviedrijā parasti būvē, izmantojot 0/16 mm minerālmateriālu maisījumu ar smalko daļiņu saturu 8–15 svara %. Ar smalkāku minerālmateriālu maisījumu nevar sasniegt nepieciešamo kohēziju starp materiāla daļiņām, jo ir pārāk daudz smalka materiāla, kas piesaista pārāk daudz mitruma, līdz ar to materiāls kļūst mīksts, nestabils, slidens, veidojas rises. Zviedrijā tradicionāli grants seguma materiālam pievieno mālu, lai uzlabotu kohēziju un arī ierobežotu puteķļu veidošanos. Grants seguma segas pamata materiālam ir jābūt nedaudz blīvākam, ar lielāku smalko daļiņu saturu nekā asfalta seguma segas pamata materiālam, lai ierobežotu pārāk strauju grants seguma izžūšanu.

Lai grants segumu uzturētu pienācīgā stāvoklī, Zviedrijā regulāri tiek veikti grants seguma uzturēšanas darbi, kas parasti ietver minerālmateriāla papildināšanu, planēšanu, atputeķļošanu, grāvju tīrīšanu, attīrīšanu no veģetācijas. Planēšanu veic mitram grants segumam. Laba ūdens atvade ir grants segumam ar aptuveni 4 % šķērskritumu un grāvju dziļumu aptuveni 0,8 m no seguma virsmas. Ceļa pārredzamība, līdz ar to satiksmes drošība, samazinās, ja regulāri netiek novākta ceļam pieguļošā veģetācija. Novākta veģetācija arī nodrošina grants seguma ātrāku nožūšanu. Tomēr sausos un karstos apstākļos intensīvāka ir puteķļu veidošanās.

Grants seguma ceļu atputeķļošanai pētījuma [8] ietvaros izmantota virkne dažādu AL:

- $\text{MgCl}_2$  šķīduma un granulu veidā;
- $\text{CaCl}_2$  šķīduma un granulu veidā;
- dažādi lignosulfonātu veidi;
- no kalcija karbonāta sastāvošs papīra rūpniecības blakusprodukts, kas tika izmantots mālu vietā, lai palielinātu smalkās frakcijas daudzumu;
- cietes šķīdums;
- rapšu eļļa;
- bitumena emulsija;
- šo AL dažādi maisījumi.

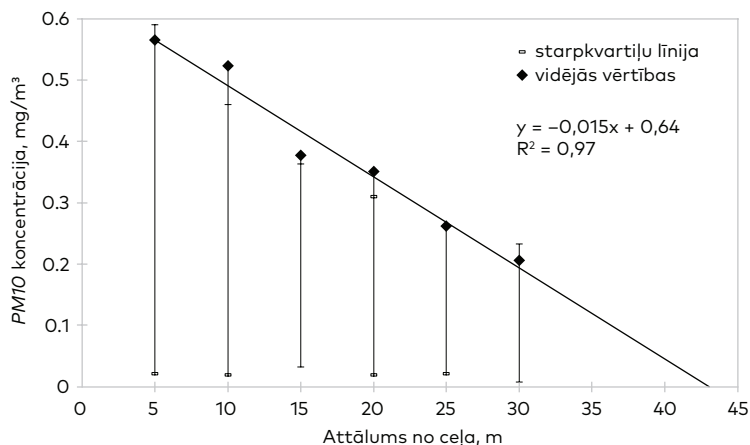
Pētījuma [8] ietvaros izstrādātas AL efektivitātes novērtēšanas laboratorijas un lauka metodes, kas ļāva pamatot vispiemērotākā atputeķļošanas līdzekļa izvēli, kā arī noteikt tā optimālo lietošanas pakāpi. Izmantojot izstrādātās metodes, pētījumā [8] tika veikti gan lauka, gan laboratorijas pētījumi, lai novērtētu dažādu AL efektivitāti un tādu faktoru kā AL saturs un izskalošanās, kā arī minerālmateriālu smalko daļiņu daudzuma ietekme uz atputeķļošanas efektivitāti. Piemēram, AL atlikušās koncentrācijas noteikšanas laboratorijas metodes tika atzītas kā vērtīgas, lai provizoriski laboratorijā novērtētu atputeķļošanas ilgmūžību un līdz ar to varētu spriest par dažādu AL efektivitāti. Tādējādi pētījumā [8] autoru izmantotās AL iespīšanās dziļuma, kā arī AL izskalošanās metodes iespēju robežās tika izmantotas arī LVM pasūtītā pētījuma ietvaros.

Pētījumā [8] secināts, ka kopumā visu pārbaudīto AL efektivitāte bija pieņemama, izņemot polisaharīdus (t. i., lignosulfonātus) un bitumena emulsiiju, kuri veidoja trauslu seguma virsmas garozu. Salīdzinot izmantoto AL veiktspēju, konstatēts, ka visefektīvāk puteķļus piesaistīja grants seguma posmi, kas tika apstrādāti ar magnija vai kalcija hlorīda šķīdumu. Šķīdumu lietošana cieta sāļu vietā nodrošināja vienmērīgāku atputeķļošanas līdzekļa sadalījumu un līdz ar to, iespējams, efektīvāku sniegumu. Izmantojot kalcija vai magnija hlorīda šķīdumus tradicionāli lietoto pārslu vai granulu vietā, ikgadējās atputeķļošanas izmaksas, kā arī to ietekmi uz apkārtējo vidi (ķīmisko vielu nonākšanu apkārtējā vidē) bija iespējams samazināt par 50 %.

Vienlaikus pētījumā [8] veiktie toksiskuma testi parādīja, ka AL lietošana tradicionāli lietotajās devās nerada draudus jutīgiem ūdens organismiem. Ūdens paraugu testi uzrādīja paaugstinātu hlorīdu līmeni, kas, iespējams, varētu izraisīt ar šo ūdeni saskarsmē esošo metāla konstrukciju pastiprinātu koroziju, bet ne tik augstu, lai mainītu ūdens organoleptiskās īpašības.

Lai salīdzinātu atputeķļošanas līdzekļu veiktspēju reālos apstākļos, pētījumā [8] izstrādāta atputeķļošanas lauka programma. AL lietošanas apjomi tika mainīti, mēģinot noteikt minimālo materiāla daudzumu, kas vajadzīgs vēlamā atputeķļošanas efekta sasniegšanai. Lai lauka pētījumos izmērītu puteķļu emisiju, daudzus testa posmos, kas apstrādāti ar dažādiem AL, izmantota jauna mobilā metodika, kuras izmantošana būtu apsverama arī LVM pasūtītā pētījuma 2. posma ietvaros. Ar izstrādāto mobilo *PM10* paraugu ņemšanas metodi var veikt relatīvus puteķļu emisijas mērījumus ar labu izšķirtspēju, uzticamību un ekonomiju. *PM10* mērījumus var izmantot, lai novērtētu transportlīdzekļa radīto puteķļu daudzumu, kas pasliktina redzamību uz grants ceļiem. Metode var aizstāt tradicionālos vizuālos novērtējumus.

Analizējot transportlīdzekļa veida un ātruma ietekmi uz puteķļu veidošanos, pētījumā [8] tika gūts apstiprinājums tam, ka pastāv puteķļu veidošanās ātruma sliekšnis, t. i., kad mazāks ātrums ne vienmēr samazina radīto puteķļu daudzumu. Šis ātruma sliekšnis ir ap 25–35 km/h [8].



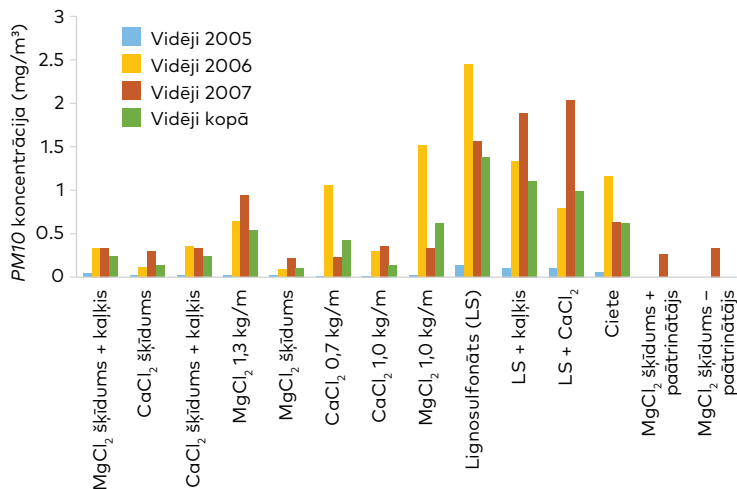
**1.11. att.** *PM10* daļiņu koncentrācija atkarībā no attāluma no ceļa.

1.11. attēlā parādītas pētījumā [8] lauka apstākļos izmērītās *PM10* koncentrācijas izmaiņas pretvēja virzienā atkarībā no attāluma no neatputeļota grants seguma ceļa. Katrs punkts attēlo vidēji aptuveni 700 novērojumus 12 minūšu laikā (t. i., laika izšķirtspēja ir viena sekunde) ar satiksmes intensitāti viens transportlīdzeklis minūtē un vidējais transportlīdzekļa ātrums 55–60 km/h.

Kā redzams 1.11. attēlā, putekļu daļiņu koncentrācijas samazināšanās gaisā atkarībā no attāluma no grants ceļa ir relatīvi strauja. Rezultāti neliecina par tūlītēju risku pārsniegt maksimālo pieļaujamo *PM10* koncentrāciju apkārtējā gaisā saskaņā ar Eiropas Padomes direktīvu, ja *ADT* (vidējā diennakts satiksmes intensitāte)  $\leq 125$ .

1.12. attēlā parādītas vidējās putekļu emisijas no ceļa posmiem, kas apstrādāti ar dažādiem AL. Pēc kvantitatīvā un kvalitatīvā novērtējuma konstatēts, ka visefektīvāk atputeļoti ir ar hlorīdiem apstrādātie ceļa posmi. 1.12. att. arī parādīts, ka hlorīdu iestrādes daudzums ir ļoti svarīgs atputeļošanas efektivitātei, jo lielāks daudzums efektīvāk piesaista putekļus. Vienlaikus pētījumā [8] noteikts, ka  $\text{CaCl}_2$  pārslas ir efektīvākas nekā  $\text{MgCl}_2$  pārslas (ja hlorīdu masas % ir vienādi), kamēr  $\text{MgCl}_2$  šķīdums vienādas AL koncentrācijas (32 svara %) gadījumā ir vismaz tikpat efektīvs kā  $\text{CaCl}_2$  šķīdums. Svarīgi atzīmēt, ka pētījumā [8] konstatēts, ka, lietojot magnija vai kalcija hlorīda šķīdumus, ir iespējams samazināt atputeļošanas līdzekļa daudzumu, vienlaikus panākot apmierinošu atputeļošanas efektu. Tas acīmredzot ir tāpēc, ka šķīdumu izmantošana nodrošina vienmērīgāku atputeļošanas līdzekļa izkliedi un līdz ar to arī efektīvāku tā darbību. Rezultātā samazinās ķīmisko vielu izmantošana un ietekme uz vidi, kā arī izmaksas. Pieņemot, ka atputeļošanas nolūkos optimālais 32 svara % hlorīda šķīduma iestrādes daudzums ir vismaz  $0,8 \text{ m}^3/\text{km}$ , pētījumā [8] izteikta iespēja samazināt hlorīdu izmantošanas daudzumu un izmaksas aptuveni par 50 % salīdzinājumā ar tradicionāli lietoto hlorīdu pārslu daudzumu. Tas ļautu par 50 % samazināt vidē ievadīto





**1.12. att.** Vidējā PM10 emisija no visiem testa ceļa posmiem.

ķīmisko vielu daudzums, kas ir vērā ņemams arguments šādas metodes ieviešanai.

Pētījumā [8] veiktie toksiskuma un indikatororganismu augšanas kavēšanas testi rāda, ka hlorīda izmantošana putekļu ierobežošanas nolūkā, lietojot tradicionālās devas, nerada draudus videi.

Pētījumā [8] arī konstatēts, ka gan hlorīdu, gan lignosulfonātu labās šķīdības dēļ tiem ir tendence izskaloties ar nokrišņiem un koncentrācijas samazināšanās dēļ apstrāde ar hlorīdiem un lignosulfonātu vismaz reizi gadā jāatkārto. Tomēr konstatēts, ka hlorīdi izskalojas mazāk, tāpēc ilgākā laika periodā tie uzrāda efektīvāku sniegumu salīdzinājumā ar lignosulfonātu. Hlorīdi arī atzīti pārāki, jo tiem piemīt spēja pārvietoties augšup līdz ar kapilāro mitrumu.

Pētījumā [8] analizēta arī izskalošanās atkarība no smalko daļiņu satura. Ir ļoti svarīgi, lai, lietojot lignosulfonātu, grants seguma smalko daļiņu ( $\leq 0,063$  mm) saturs būtu aptuveni 15 svara %, kas samazinās izskalošanos. Savukārt optimālais smalko daļiņu procentuālais daudzums hlorīdu izskalošanās samazināšanai ir robežās no 10 līdz 16 svara %.

#### 1.1.4.3. Latvija

Latvijā prasības AL izmantošanai kopš 2005. gada nosaka Latvijas autoceļu specifikācijas. Šajās specifikācijās kā iespējamie AL minēti CaCl<sub>2</sub> (gan pārslas, gan ūdens šķīdums), bitumena emulsija, kā arī citi AL, ja tie nekaitē videi. Specifikācijās minētas gan izmantojamās AL koncentrācijas, gan ceļa seguma materiālā iestrādājamās dozas un iestrādes tehnoloģija. Detalizētāka Latvijas autoceļu specifikāciju analīze veikta šī ziņojuma 1.3.1. daļā.

Pētījumā, kuru 2017./2018. gadā pasūtīja VSIA "Latvijas Valsts ceļi", konstatēts, ka Latvijā grants ceļu atputeķļošana necīgā apjomā tiek veikta dažās pašvaldībās, piemēram, Babītes novadā, Ogrē, Ikšķilē, Dobelē, Kuldīgā, Līgatnē, Burtniekos, Carnikavā un





**1.13. att.** Iekārta putekļu daudzuma mērīšanai gaisā *MICRODUST PRO™*.

dažās citās, nedaudz arī valsts autoceļu tīklā. Katrā pašvaldības vai VAS “Latvijas autoceļu uzturētājs” uzturēto ceļu rajonā gadā tiek atputeķļoti apmēram 5–15 km grants seguma ceļu. Kā atputeķļošanas materiāls tiek izmantots  $\text{CaCl}_2$  pārslās (pārsvarā) vai šķīdumā. Atputeķļošanas, t. sk. ceļa profilēšanas, izmaksas vienā sezonā pašvaldību līgumos ir ap 0,14 EUR/m<sup>2</sup> (gan šeit, gan arī turpmāk pētījumā bez PVN), kas ir aptuveni līdz 1,00 EUR/m par 7 m plata ceļa atputeķļošanu. Cena ir salīdzinoši zema, bet tas, iespējams, tāpēc, ka tiek izvērtēta salīdzinoši mazāka  $\text{CaCl}_2$  norma (< 300 g/m<sup>2</sup>).

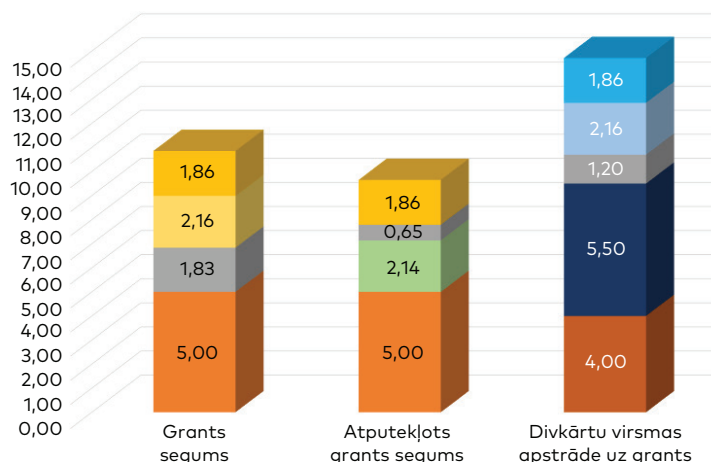
Pētījuma ietvaros veikti putekļu daudzuma mērījumi gan pie grants ceļiem (atputeķļotiem, neatputeķļotiem), gan asfalta seguma ceļiem, kā arī dažādā attālumā un novietojumā no ceļa. Mērījumi veikti ar *Casella (Ideal Industries Ltd)* ražoto lāzeriekārtu *MICRODUST PRO™* (skat. 1.13. att.).

Konstatēts, ka vislielākais putekļu daudzums ir pie nesaistīta grants seguma ceļa un tas var būt ļoti atšķirīgs atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem, satiksmes intensitātes un sastāva, vēja virziena, tuvumā esošās apbūves, kokiem vai dzīvžogiem u. tml. Sagaidāms, ka 20 m zonā no ceļa putekļu *PM10* daudzums transportlīdzekļu kustības rezultātā pārsniegs 50 µg/m<sup>3</sup>, kas pēc valsts normatīvajiem rādītājiem ir pieļaujams ne vairāk kā 35 reizes gadā.

Savukārt atputeķļots grants segums var nodrošināt zināmā mērā līdzvērtīgus apstākļus attiecībā uz transportlīdzekļu radīto putekļu daudzumu gaisā, salīdzinot ar asfaltētu vai bituminētu (piemēram, veikta divkārtu virsmas apstrāde) segumu. Sagaidāms, ka tādā gadījumā putekļu *PM10* daudzums transportlīdzekļu kustības rezultātā nepārsniegs 50 µg/m<sup>3</sup>.

Pētījuma ietvaros aprēķinātas izmaksas 10 gadu periodam dažādu seguma veidu ceļiem (skat. 1.14. att.).

VSIA “Latvijas Valsts ceļi” 2017./2018. gadā pasūtītā pētījuma rezultātā izstrādāti šādi ieteikumi jeb rekomendācijas:



**1.14. att.** Izmaksas 10 gadu periodam dažādu seguma veidu ceļiem.

| Grants segums                                      | Atputekljots grants segums                          | Divkārtu virsmas apstrāde uz grants       |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Grants seguma būvniecība 5 cm biezumā pēc 5 gadiem | Grants seguma būvniecība 5 cm biezumā pēc 10 gadiem | Vienkārtas virsmas apstrāde pēc 10 gadiem |
| Grants seguma būvniecība 5 cm biezumā pēc 5 gadiem | Grants seguma uzturēšana 10 gadus                   | Vienkārtas virsmas apstrāde pēc 5 gadiem  |
| Grants seguma uzturēšana 10 gadus                  | Grants seguma atputekljošana 10 gadus               | Uzturēšana 10 gadus                       |
| Grants seguma būvniecība 10 cm biezumā             | Grants seguma būvniecība 10 cm biezumā              | Divkārtu virsmas apstrāde                 |
|                                                    |                                                     | Grants pamata būvniecība 10 cm biezumā    |

- grants ceļu posmos ar nelielu satiksmes intensitāti ( $AADT < 100$ ) putekļu daudzums nepārsniegs normatīvajos aktos noteiktās  $PM_{10}$  robežvērtības (skat. 1.2. tabulu);
- grants ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $100 < AADT \leq 250$  jānodrošina adekvāti ceļa lietošanas apstākļi, un grants segums katru pavasara-vasaras-rudens sezonu ir jāatputekljo ar  $CaCl_2$ , kurš šobrīd uzskatāms par pieejamu, adekvātu, apzinātu un prognozējamu AL. Turklāt grants seguma atputekljošana ilgtermiņā potenciāli samazinās nesaistītā seguma izmaksas apmēram vidēji par 850 EUR/km gadā;
- grants ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $250 < AADT \leq 500$  lietderīgi veikt divkārtu virsmas apstrādi. Turklāt situācijās, kad nav nepieciešama ceļa segas pastiprinājuma izbūve, seguma izmaksas ilgtermiņā nepārsniegs vai tikai nedaudz pārsniegs nesaistīta grants seguma ilgtermiņa izmaksas;

- ceļu posmos ar satiksmes intensitāti  $AADT > 500$  lietderīgi izveidot bituminētu segumu (virsmas apstrāde uz ar bitumenu piesūcināta pamata, siltais vai karstais asfalts u. tml.), konkrēto tehnoloģiju nosakot atbilstoši satiksmes un citiem apstākļiem.

#### 1.1.4.4. Lietuva

Saskaņā ar statistikas datiem 2018. gada janvārī Lietuvā bija 6815 km grants ceļu. Tomēr, pateicoties grants ceļu asfaltēšanas valsts programmai, grants ceļu daudzums Lietuvā pastāvīgi samazinās. Esošo grants ceļu atputeķļošanai paralēli tradicionāli izmantotajam  $\text{CaCl}_2$  izvērtēta dažādu videi draudzīgāku atputeķļošanas līdzekļu efektivitāte. Pētījumā [9] izvērtēta uz melases bāzēta komerciāla AL *Safecote* ietekme uz atputeķļošanas efektivitāti maisījumā ar  $\text{CaCl}_2$ . Pētījumā grants ceļa segumu apstrādāja ar dažādas koncentrācijas *Safecote* šķīdumu (10 %, 20 % un 30 %) maisījumiem ar 35,6 %  $\text{CaCl}_2$  šķīdumu. Puteķļu koncentrāciju gaisā mērija dažādā attālumā no ceļa malas (0 m, 1 m, 2 m un 3 m) atkarībā no šādiem meteoroloģisko apstākļu rādītājiem: gaisa temperatūras un mitruma, vēja ātruma, atmosfēras spiediena. Konstatēts, ka *Safecote* uzklāšana uz ceļa seguma dod iespēju efektīvi samazināt  $PM_{10}$  daudzumu. Savukārt citā pētījumā [10] lauka apstākļos salīdzināta trīs atputeķļošanas līdzekļu efektivitāte:  $\text{CaCl}_2$  (19 % šķīdums), kalcija lignosulfonāta (19 % šķīdums) un bitumena emulsijas. Ceļu apstrāde ar atputeķļošanas līdzekļiem veikta vairākas reizes, no kurām pirmajā reizē ceļš apstrādāts ar AL lielākā koncentrācijā, bet nākamās reizes – ar aptuveni divreiz mazāku. Konstatēts, ka sākotnēji  $\text{CaCl}_2$  (19 % šķīdums) un kalcija lignosulfonāts (19 % šķīdums) samazināja puteķļainību par 70 %, kamēr bitumena emulsija – par 80 %. Pagarinoties sausuma periodam, puteķļainība pieauga. Izstrādāti matemātiskie modeļi grants mitruma satura prognozēšanai atkarībā no lietotās  $\text{CaCl}_2$  un kalcija lignosulfonāta devas un sausuma perioda ilguma. Konstatēts, ka kalcija lignosulfonāts uzrādīja nedaudz zemāku efektivitāti grunts mitruma satura saglabāšanā nekā  $\text{CaCl}_2$ . Vienlaikus tika konstatēts, ka kalcija lignosulfonāta izskalošanās daudzums ir 5–15% lielāks par  $\text{CaCl}_2$  izskalošanās daudzumu, bet jāņem vērā, ka eksperimenta laikā nebija nodrošināti identiski apstākļi.

#### 1.1.4.5. ASV

ASV veiktajā pētījumā [11] salīdzināti vairāki atputeķļošanas līdzekļi, tostarp neorganiskie sāļi ( $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , nātrija hlorīds), videi draudzīgi atputeķļošanas līdzekļi, veidoti uz dabisko produktu bāzes (lignosulfonāti, taleļļa, augu eļļas, melase), naftas pārstrādes rūpniecības/bitumenu saturoši līdzekļi (bitumena emulsijas, minerāleļļas, kas netika uzskatīti par atbilstošiem dabas parka izvirzītajiem kritērijiem). Atputeķļošanas līdzekļi

### 1.11. tabula. Pētījuma [11] secinājumu apkopojums

| Atputekļošanas līdzeklis             | Priekšrocības                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Trūkumi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Magnija hlorīds (MgCl <sub>2</sub> ) | Efektīvs, lai noturētu šķembas vietā un samazinātu putekļu daudzumu, efektīvāks par CaCl <sub>2</sub> ilgākos sausuma periodos, darbojas ilgāk nekā lignosulfonāti, minimāla ietekme uz ūdens kvalitāti (hlorīdu koncentrācijas zem <i>USEPA</i> noteiktajām sliekšņa vērtībām), nav toksisks jutīgiem ūdens organismiem, mazāk toksisks salīdzinājumā ar atputekļošanas līdzekļiem, veidotiem uz naftas produktu, akrilpolimēru un lignosulfonātu bāzes, lielāks virsmas spraigums nekā CaCl <sub>2</sub> , saglabā higroskopiskās īpašības augstākā temperatūrā nekā CaCl <sub>2</sub> . | Periodiski uzklājams ikgadēji, izskalojas, var būt korozīvs pret tēraudu, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām, nepieciešams minimāls mitruma līmenis (30 %), lai piesaistītu gaisa mitrumu, virsmas ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu var kļūt slidenas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kalcija hlorīds (CaCl <sub>2</sub> ) | Efektīvs putekļu daudzuma samazināšanai. Ekonomiski visefektīvākais salīdzinājumā ar pārējiem atputekļošanas līdzekļiem, mazāk toksisks salīdzinājumā ar atputekļošanas līdzekļiem, kas veidoti uz naftas produktu, akrilpolimēru un lignosulfonātu bāzes. Darbojas labāk nekā MgCl <sub>2</sub> , lielā mitrumā, darbojas ilgāk nekā lignosulfonāti.                                                                                                                                                                                                                                      | Periodiski uzklājams, izskalojas, augsti korozīvs pret alumīniju un tā sakausējumiem, virsmas ar lielu sīkdispersās frakcijas saturu var kļūt slidenas, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nātrija hlorīds (NaCl)               | Vislētākais no hlorīdiem. Labs ceļu mehāniskai stabilizēšanai. Uzlabo mitruma saglabāšanos, sasaldēšanas-atkuššanas izturību, erozijas izturību.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Šķīdumos var veidoties sīkdispersas nogulsnes, nepieciešams augsts mitruma saturs, lai nodrošinātu efektivitāti, izžuvīs var pakļauties vēja erozijai, liela izskalošanās iespēja, bažas par ietekmi uz jutīgām augu sugām, zemāka efektivitāte nekā Ca un Mg atputekļošanas līdzekļiem.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Lignosulfonāti                       | Efektīvi putekļu daudzuma samazināšanai. Efektīvi šķembru saistīšanai. Lētāki nekā kalcija hlorīds. Efektīvāki sausos apstākļos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kā organiski produkti var ietekmēt izšķīdušā skābekļa līmeni ūdenstīlēs pēc nokļūšanas tajās. Slideni mitros apstākļos. Trausli sausos apstākļos. Neapstrādāti var būt stipri skābi (zems pH), bet kopumā tas nav raksturīgi. Ilgtermiņā ne tik efektīvi kā CaCl <sub>2</sub> un MgCl <sub>2</sub> , nepieciešama biežāka uzklāšana. Var būt korozīvi alumīnijam un tā sakausējumiem. Nokļūstot ūdenstīlēs, var izmainīt krāsu, samazināt bioloģisko aktivitāti un kavēt zivju populācijas attīstību. Var notikt izskalošanās lietau laikā. Var būt ar specifisku smaržu. Var slikti saistīties ar ceļa materiālu, kas iepriekš apstrādāts ar neorganiskajiem sāļiem |
| Naftas produkti                      | Netika analizēti potenciālās bīstamības dēļ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Netika analizēti potenciālās bīstamības dēļ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

lietoti Kalifornijas štata Kārnegī transporta atpūtas parka teritorijā. Tur ziemā gaisa relatīvais mitrums naktī ir 85–90 %, pēcpusdienā tas samazinās līdz 60–70 %, kamēr gada sausākajā periodā – rudenī – tas ir 30–50 %. Vidējais nokrišņu daudzums gadā ir 230 mm, kas salīdzinājumā ar Latvijas vidējo gada nokrišņu daudzumu ir aptuveni trīsreiz mazāks. Šo secinājumu apkopojums dots 1.11. tabulā.

Pētījumā [11] apkopoti arī citu autoru pētījumi par AL potenciālo ietekmi uz ūdens un gaisa kvalitāti. Piemēram, *Goodrich et al.* 2009. gadā publicētajā pētījumā analizēta AL izskalošanās un potenciālā ietekme uz ūdens kvalitāti [12]. Pētījumā paraugi tika ņemti 16 vietās grants ceļu tuvumā, kuri tika apstrādāti ar lignīna un  $MgCl_2$  atputeķļošanas līdzekļiem no vienas līdz trīs reizēm gadā. Ūdens paraugi tika ņemti reizi divās nedēļās, 20–50 m gan augšup, gan lejup pa straumi. Netika konstatēta nozīmīga  $MgCl_2$  migrācija tuvumā esošajās ūdenstilpēs. *Piechota et al.* (2004) veiktajā pētījumā salīdzināta akrilpolimēra emulsijas, lignosulfonātu,  $MgCl_2$  un citu atputeķļošanas līdzekļu izturība pret izskalošanos, simulējot lietusgāzes un analizējot pārpalikušos ķīmiskos savienojumus [13], konstatējot, ka toksicitātes samazināšanās virzienā AL var klasificēt šādi: naftas produktu AL, akrilātu AL, lignosulfonātu AL,  $MgCl_2$  AL jeb naftas produktu AL toksicitāte samazinās vislēnāk, bet  $MgCl_2$  AL – visātrāk. Konstatēts, ka AL samazināja suspendēto daļiņu saturu noteces ūdeņos. Vērtēta arī NaCl un  $MgCl_2$  pretledus līdzekļu ietekme uz ūdens kvalitāti, nekonstatējot būtisku hlorīda jonu migrāciju; tikai vienā no testētajiem gadījumiem tā bija vienāda ar USEPA noteikto sliekšņa vērtību (250 mg/l) (*Shi et al.*, 2009) [14].

Ietekme uz gaisa kvalitāti lielā mērā analizēta, balstoties uz jau iepriekš pie Zviedrijas pieredzes minētās zviedru pētnieku grupas (*Edvardson et al.*, 2010) veiktajiem pētījumiem, kuros tika salīdzināti vairāki AL, tostarp  $MgCl_2$  un  $CaCl_2$  (gan šķīduma, gan pārsluveidā), kalcija lignosulfonāts, bitumena emulsija, rapšu eļļa, cieta, polisaharīdi, veicot gan laboratorijas, gan lauka eksperimentus [8]. Testus veica četrās vietās, kurās eksperimentālie ceļa posmi tika sadalīti 13–16 viena km garos ceļa posmos. Pētījuma nepieciešamību pamatoja statistiskie aprēķini no 40 000 paraugu rezultātiem par gaisa kvalitāti, kas iegūti 22 novērošanas punktos. Gan kvantitatīvie, gan kvalitatīvie mērījumi liecināja, ka hlorīdu izmantošana ir visefektīvākā, it īpaši šķīduma veidā, pateicoties vienmērīgākai AL izkliedei. Lignosulfonātiem un bitumena emulsijai bija tendence veidot trauslu virskārtas slāni, kas bija viegli sagraujams transporta plūsmas izraisītās slodzes iedarbībā, tādējādi samazinot AL efektivitāti. Lignosulfonāti arī vieglāk izskalojās salīdzinājumā ar hlorīdiem. Attiecībā par potenciālo toksiskumu pētījumā konstatēts, ka pie izmantotajām devām hlorīdi neizraisa apdraudējumu apkārtējai videi. Salīdzināmu efektivitāti uzrādīja arī no kukurūzas ģenerētā cieta.

Citā pētījumā (*Surdahl et al.*, 2007) tika salīdzināti atputeķļošanas līdzekļi, kas veidoti uz sintētiskas polimēra emulsijas,

enzīmu, lignosulfonāta,  $MgCl_2$  bāzes, kā arī uz atjaunojamo dabas resursu bāzes veidotu AL maisījumi ar neorganiskajiem sāļiem [15]. Tika konstatēts, ka visi šie produkti ir efektīvi un pieņemami. Tomēr kopējais augstākais novērtējums bija maisījumiem (lignosulfonāts +  $MgCl_2$  un augu eļļa +  $MgCl_2$ ), kam sekoja  $MgCl_2$  un lignosulfonāts. Prognozēts, ka uz enzīmiem bāzētie AL varētu būt efektīvāki mālainās augsnes.

Citā pētījumā ASV [16] konstatēts, ka augstas temperatūras un zema gaisa relatīvā mitruma apstākļos no eksperimentālā ceļa posma, kas apstrādāts ar lignosulfonātiem, rodas mazāk putekļu nekā no eksperimentālā ceļa posma, kas apstrādāts ar hlorīdiem ( $CaCl_2$  un  $MgCl_2$ ), kaut gan turpmākajos lauka mērījumos šis apgalvojums neapstiprinājās, tieši otrādi – ar hlorīdiem apstrādātie ceļa posmi radīja mazāku putekļu daudzumu. Vienlaikus augstāks braukšanas komforts putekļu daudzuma ziņā konstatēts ceļa posmā, kas bija apstrādāts ar hlorīdiem, jo tika novērota bedru veidošanās uz ceļiem, kas apstrādāti ar lignosulfonātiem. Attiecībā uz ceļa seguma materiāla eroziju lielāks zudums tika konstatēts no ceļa posma, kas bija apstrādāts ar  $CaCl_2$  (1,5 t/jūdzi/gadu/transporta līdzekli), kamēr  $MgCl_2$  un lignosulfonāts bija efektīvāki (1 t/jūdzi/gadu/transporta līdzekli).

ASV veiktajā pētījumā apkopota pieejamā informācija [17] par dažādiem AL, kas izlases kārtībā parādīta arī 1.12. tabulā.

Atputekļošanas līdzekļu izvēli lielā mērā nosaka arī transporta slodze un ceļa seguma apstākļi. Konstatēts, ka neorganiskie sāļi ( $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ) un lignosulfonāti ir labi piemēroti vidējas satiksmes intensitātes līmeņa gadījumā – līdz 250 transportlīdzekļiem dienā. Tāpat gan neorganiskie sāļi, gan lignosulfonāti ir labāk piemēroti, ja seguma materiāla plasticitātes indekss ir augstāks (it īpaši – virs 8). Salīdzinājumā ar neorganiskajiem sāļiem tiek uzskatīts, ka lignosulfonāti ir labāk piemēroti plašākā ceļa seguma materiāla smalkdispersās frakcijas diapazonā, kā arī lielāku klimatisko apstākļu svārstību gadījumā.

Galvenās bažas, kas saistītas ar AL izmantošanu, ir to potenciālā ietekme uz gruntsūdeņiem. Ietekmi pamatā nosaka AL izmantotās ķīmiskās vielas. Ietekmi uz tuvumā esošajām ūdenstilpēm parasti raksturo pēc bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP), kā arī pēc AL sastāvā esošo letālās devas vielu *LD50* vērtībām. Parasti no atjaunojamajiem resursiem iegūtos AL raksturo lielas BSP vērtības, tomēr dabiskās noārdīšanās dēļ būtiska ietekme uz tuvumā esošajām ūdenstilpēm parasti nav sagaidāma. Attiecībā pret Ca un Mg sāļu izmantošanu ASV netiek pieļauta to izmantošana tuvāk par 20 jardiem (18 m) [13] ūdenstilpēm, kā arī koku un augu sugām, kuras ir jutīgas pret šo sāļu ietekmi, piemēram, alkšņiem, lapeglēm, kļavām, dekoratīvajiem augiem un priedēm (Latvijā tādu ierobežojumu nav). Ja ir bažas par potenciālu AL ietekmi, jāveic vismaz BSP un *LD50* testi uz ķīmiskajām vielām, kuras potenciāli varētu būt AL sastāvā.

1.12. tabula. Pētījuma [17] rezultātu kopsavilkums

| AL                | Raksturojums                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Ierobežojumi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Lietojums                                                                                                                                                                            | Izcelsmē                                                 | Ietekme uz vidi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CaCl <sub>2</sub> | Spēja absorbēt ūdeni no gaisa ir temperatūras un gaisa relatīvā mitruma funkcija, piemēram, 25 °C temperatūrā sāk absorbēt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir vismaz 29 %, bet 38 °C temperatūrā sāk absorbēt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir 20 %. Būtiski palielina virsmas spraigumu starp ūdens plēvīti un daļiņām, tā kavējot ūdens iztvaikošanu un stiprinot sablīvēto grunti, žūšanas procesam turpinoties. | Nepieciešama minimālā kritiskā relatīvā mitruma vērtība, lai absorbētu mitrumu no gaisa. Ilgstošos sausuma periodos nedarbojas tik labi kā MgCl <sub>2</sub> , bet labāk par MgCl <sub>2</sub> darbojas augstāka mitruma apstākļos. Nedaudz korozīvs pret tēraudu, bet ļoti korozīvs attiecībā pret alumīniju un tā sakausējumiem, piesaista mitrumu, tādējādi pagarinot korozijas periodu. Izskalojas ar lietūs ūdeņiem. Lielas sīkdispersās frakcijas satura gadījumā slapja virsma var kļūt slidena. Koncentrācijās < 20 % efektivitāte līdzīga ūdenim | 1–2 apstrādes reizes sezonā. Sākotnējā pārslu deva ir 0,5–1,1 kg/m <sup>2</sup> ; šķīduma deva – 35–38 % šķīdums. Atkārtotās devas lielums ir puse vai trešdaļa no sākotnējās devas. | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> sintēzes blakusprodukts. | Parasti nenožīmīga, ja ir pietiekama buferzona. Ietekme uz ūdens organismiem var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija ir lielāka par 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm citām zivju sugām. Dažas koku sugas ir jutīgas pret ietekmi (piemēram, priede, papele, osis, egles, kļava). Potenciāli draudi šķidra koncentrāta izlīšanas gadījumā. |
| MgCl <sub>2</sub> | Spēja absorbēt ūdeni no gaisa, ja gaisa relatīvais mitrums ir lielāks par 32 % neatkarīgi no temperatūras. Efektīvāk nekā CaCl <sub>2</sub> palielina virsmas spraigumu starp ūdens plēvīti un daļiņām, tādējādi kavējot ūdens iztvaikošanu un stiprinot sablīvēto grunti, žūšanas procesam turpinoties.                                                                                                                    | Nepieciešama minimālā kritiskā relatīvā gaisa mitruma vērtība, lai absorbētu mitrumu no gaisa. Stabils sausākos klimatiskajos apstākļos nekā CaCl <sub>2</sub> . Koncentrētos šķīdumos ļoti korozīvs pret tēraudu, piesaista mitrumu, tādējādi pagarinot korozijas periodu. Izskalojas ar lietūs ūdeņiem. Lielas sīkdispersās frakcijas satura gadījumā slapja virsma var kļūt slidena. Koncentrācijās zem 20 % efektivitāte līdzīga ūdenim.                                                                                                              | 1–2 apstrādes sezonā. Sākotnējā pārslu deva – 1,4–2,3 l/m <sup>2</sup> ; šķīduma deva – 28–35 % šķīdums. Atkārtotās devas lielums ir puse no sākotnējās devas.                       | Sastopams dabā.                                          | Parasti nenožīmīga, ja ir pietiekama buferzona. Ietekme uz ūdens organismiem var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija ir lielāka par 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm citām zivju sugām. Dažas koku sugas ir jutīgas pret ietekmi (piemēram, priede, papele, osis, egles, kļava). Potenciāli draudi šķidra koncentrāta izlīšanas gadījumā. |

### 1.12. tabulas turpinājums. Pētījuma [17] rezultātu kopsavilkums

| AL                           | Raksturojums                                                                                                                                                                                                                                                    | Ierobežojumi                                                                                                                                                                                                                              | Lietojums                                                                                                                                                                                                                                                                             | Izelsme                                                                                                                                                                              | Ietekme uz vidi                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organiskie naftas produkti   | Bitumena adhezīvo īpašību dēļ saista ceļa seguma materiāla daļiņas.                                                                                                                                                                                             | Sausos apstākļos var nesaglabāties pietiekama ceļa seguma deformējamība/ elastīgā atjaunošanās. Liela sīkdispersās frakcijas un asfaltēnu satura gadījumā var veidot garozu un notikt plaisāšana transporta izraisītās slodzes iedarbībā. | Vidēji 1–2 apstrādes reizes sezonā, parasti koncentrācijā 0,5–4,5 l/m <sup>2</sup> atkarībā no ceļa virsmas stāvokļa un AL specifikas. Augstākas viskozitātes emulsijas tiek lietotas porainākiem ceļa seguma materiāliem. Atkārtotajās apstrādes reizēs uznesams mazāks AL daudzums. | Rūpnieciski ražotas bitumena emulsijas, modificētas bitumena emulsijas, emulgētas eļļas, minerāleļļas.                                                                               | Iespējams plašs ietekmi izraisošo komponentu spektrs, tostarp arī toksisks. Pirms izmantošanas nepieciešama detalizēta produkta analīze.                                        |
| Lignīna atvasinājumi         | Saista ceļa seguma materiāla daļiņas. Sausos apstākļos ievērojami palielina materiāla stiprību. Nodrošina efektivitāti ilgstošos sausuma periodos ar zemu mitruma saturu. Augsta mālu satura gadījumā kļūst nedaudz plastisks, nodrošinot papildu sablīvēšanos. | Var izraisīt alumīnija un tā sakausējumu koroziju. Virsmas saistīšanās spēju var stipri mazināt spēcīgas lietavas. Slapjā stāvoklī – slidens, sausā stāvoklī – trausls. Grūti saglabāties cietai kārtai.                                  | Parasti 1–2 apstrādes reizes sezonā. 10–25 % šķīdums ar devām 2,3–4,5 l/m <sup>2</sup> . AL pieejams gan pulvera, gan šķidrā veidā.                                                                                                                                                   | Papīra rūpniecības blakusprodukts. Sastāvs atkarīgs no izejmateriāliem (gk. pulpas) un ķīmikālijām, kuras izmantotas, lai ekstrahētu celulozi; aktīvais komponents – lignosulfonāti. | Nozīmīga ietekme uz ūdens vidi nav sagaidāma. Noplūdes gadījumā var palielināties nelielu ūdenstilpju bioloģiskais skābekļa patēriņš. Nozīmīga ietekme uz augiem nav sagaidāma. |
| Melases cukurbiešu ekstrakts | Nodrošina laicīgu virsmas daļiņu saistīšanu.                                                                                                                                                                                                                    | Ierobežota pieejamība.                                                                                                                                                                                                                    | Pētīts pamatā eksperimentālā kārtā.                                                                                                                                                                                                                                                   | Cukurbiešu pārstrādes nozares blakusprodukts.                                                                                                                                        | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi.                                                                                                                         |
| Taleļļas atvasinājumi        | Nodrošina daļiņu salīpšanu. Ievērojami palielina materiāla sauso stiprību.                                                                                                                                                                                      | Daļiņu saistīšanās efektivitāte samazinās vai var pilnībā izzust spēcīgu lietavu gadījumā, jo labi šķīst ūdenī. Grūti ilgstoši saglabāt cietu virsmu.                                                                                     | Parasti viena apstrādes reize divos gados. 10–20 % šķīdums ar devu – 1,4–4,5 l/m <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                       | Papīrrūpniecības blakusprodukts.                                                                                                                                                     | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi.                                                                                                                         |



### 1.12. tabulas turpinājums. Pētījuma [17] rezultātu kopsavilkums

| AL         | Raksturojums                   | Ierobežojumi                        | Lietojums                                                                                                                                                                           | Izcelsme                                             | Ietekme uz vidi                                         |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Augu eļļas | Nodrošina daļiņu aglomerāciju. | Ātri oksidējas, tad kļūst trauslas. | Parasti viena apstrādes reize sezonā.<br>Lietojuma biežums atkarīgs no produkta, tipiski – 1,1–2,3 l/m <sup>2</sup> .<br>Sekojošās apstrādes reizēs parasti pietiek ar mazāku devu. | Daži no produktiem: sojas eļļa, rapšu eļļa, lineļļa. | Nav sagaidāma; nav zināms par būtisku negatīvu ietekmi. |

ASV Mežu dienesta veiktajā pētījumā [18] pēc 16 dažādu AL analīzes konstatēts, ka visekonomiskākie AL ir lignosulfonāti, MgCl<sub>2</sub> šķīdums, CaCl<sub>2</sub> pārslas un māli.

2002. gadā ASV uzsākta *BioPreferred*<sup>®</sup> programma [19], kas cita starpā paredz lielāku biobāzētu un bioloģiski noārdāmu savienojumu izmantošanu vietās, kur tas ir iespējams. Jāatzīmē, ka, neskatoties uz to efektivitāti, hlorīdus saturošie AL neietilpst šajā biobāzēto un bioloģiski noārdāmo savienojumu kategorijā. Līdz ar to pastiprināta interese pēdējos gados ir pievērsta tādiem bioloģiskas izcelsmes savienojumiem kā lignosulfonāti, melases, augu eļļas, taleļļas u. c. Šīs programmas ietvaros izstrādāta

### 1.13. tabula. Atputekļošanas līdzekļu ietekmes uz vidi novērtējums [18]

| Darbības princips  | AL veids                              | Ietekme uz vidi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mitrumu saistošs   | CaCl <sub>2</sub> ; MgCl <sub>2</sub> | Ietekme uz ūdens kvalitāti: parasti necīga, ja tiek ievērota buferzona starp ceļu un ūdenstilpēm. Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija palielinās virs 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm (citām zivju sugām). Ietekme uz augiem: dažas koku sugas var būt jutīgas (priede, papele, osis, egle, kļava), ja AL tiek lietots bieži un augstā koncentrācijā.<br>Ietekme uz dzīvniekiem: sāls var pievilināt meža dzīvniekus. Potenciāla avārijas noplūde. |
| Adhēziju veicinošs | Lignosulfonāti                        | Ietekme uz ūdens kvalitāti: nav konstatēta. Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties noplūdes/izskalošanās gadījumā nelielās ūdenstilpēs.<br>Ietekme uz augiem: nav konstatēta.<br>Ietekme uz dzīvniekiem: nav konstatēta. Potenciāla avārijas noplūde.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Adhēziju veicinošs | Bitumena emulsija                     | Ietekme uz ūdens kvalitāti: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz ūdens organismiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz augiem: nav konstatēta, ja nenotiek tieša iedarbība. Ietekme uz dzīvniekiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Ietekme uz zīdītājiem: pēc sacietēšanas nav konstatēta. Iekļāšanas laikā samazinās gaisa kvalitāte. Potenciāla avārijas noplūde.                                                                                                       |

1.14. tabula. Atputeķļošanas līdzekļu lietošanas ierobežojumi [18]

| Darbības princips  | AL veids                              | Lietošanas ierobežojumi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mitrumu saistošs   | CaCl <sub>2</sub> ; MgCl <sub>2</sub> | Nepieciešams minimālais kritiskais mitruma līmenis, lai absorbētu mitrumu no gaisa. CaCl <sub>2</sub> darbojas labāk nekā MgCl <sub>2</sub> , ja ir augstāks gaisa relatīvais mitrums, bet nedarbojas tik labi kā MgCl <sub>2</sub> pie zemāka gaisa mitruma. CaCl <sub>2</sub> ir korozīvs pret alumīniju un tā sakausējumiem un piesaista mitrumu, tādējādi paildzinot korozīvo efektu. MgCl <sub>2</sub> koncentrētos šķīdumos ir korozīvs pret tēraudu un piesaista mitrumu, tādējādi paildzinot korozīvo efektu. Nokrišņu ietekmē izskalojas, ja ceļš nav labi noblīvēts. Virsma var kļūt slidena, ja ir mitra un ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs – > 20 % caurejošās daļiņas #200 (0,075 mm). Šķīdumiem ar zemu koncentrāciju (< 20 %) līdzīga ietekme kā apsmidzināšanai ar ūdeni. |
| Adhēziju veicinošs | Lignosulfonāti                        | Veiktspēja atkarīga no koku sugas, ekstrakcijas procesa, tīrības pakāpes (cukuru saturs). Augstākas pievienotās vērtības produktu tirgus var ietekmēt atbilstošas kvalitātes produktu pieejamību (zemāks aktīvā komponenta saturs). Var izraisīt alumīnija un tā sakausējumu koroziju. Saistīšanās spēju var ietekmēt spēcīgi nokrišņi. Virsma var kļūt slidena, ja ir mitra un ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs – > 20 % caurejošās daļiņas #200 (0,075 mm). Sausuma periodos virsma var kļūt trausla.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Adhēziju veicinošs | Bitumena emulsija                     | Cena tieši atkarīga no jēlnaftas cenas un tādējādi ir ļoti mainīga. Var oksidēties un kļūst trausla. Grūti uzturama, nevar izmantot metodes, kas ir tradicionālas standarta grants ceļiem. Var būt klasificējami piemaisījumi, kuru klātbūtne ir ierobežota paaugstinātas jutības teritorijās.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

detalizēta procedūra, kas piemērota videi draudzīga AL izvēlei atkarībā no ceļa stāvokļa, transporta slodzes un klimatiskajiem apstākļiem. Vienlaikus ASV nepastāv reglamentētas testēšanas metodes AL izvēlei, tā vietā AL izvēle notiek uz iepriekšējās pieredzes pamata, kā arī izmantojot piemērotas ceļu nozares metodes. ASV atļauts izmantot AL, kuri neietilpst toksisko vielu reglamentētajā sarakstā *US EPA for the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)* [20]. Savukārt vispiemērotākā metode izskalošanās raksturošanai tiek uzskatīta sintētiskā nokrišņu simulēšanas metode *Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP; US EPA Method 1312)* [21].

Atsevišķu AL potenciālā ietekme uz vidi apkopota 1.13. tabulā, lietošanas ierobežojumi – 1.14. tabulā.

#### 1.1.4.6. Dienvidāfrikas Republika

Pētījumā [22] veikts atputeķļošanas līdzekļu izvēles, veiktspējas un ekonomiskās racionalitātes novērtējums, uzmanību pievēršot derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu infrastruktūrai. Putekļu veidošanās tendenci nosaka:

- mehāniskie iedarbības faktori uz ceļa seguma materiālu;

- enerģijas daudzums, kas tiek novadīts ceļa seguma materiālam;
- iedarbības faktoru mērogs un biežums.

Transportlīdzekļu kustība atstāj būtisku ietekmi uz putekļu veidošanos:

- izraisot putekļu emisiju, riteņiem tieši mijiedarbojoties ar ceļu seguma materiāliem;
- radot lokālas turbulentas plūsmas.

Tādējādi putekļu veidošanās no ceļa seguma virsmas būs atkarīga no:

- vēja ātruma pie ceļa virsmas, kas ir lineāri saistīts ar radīto putekļu daudzumu;
- satiksmes plūsmas intensitātes;
- daļiņu izmēru sadalījuma ceļa seguma virskārtā;
- sīkdispersās frakcijas daudzuma radītie ierobežojumi, kas būs atkarīgi no ceļa virsmas sablīvējuma, kohezivitātes un seguma materiāla saistišanās, materiāla ilgtspējas un importēto sīkdispersās frakcijas daļiņu daudzuma;
- klimatiskajiem apstākļiem, galvenokārt gaisa relatīvā mitruma, nokrišņu daudzuma, vidējā ikdienas ūdens iztvaikošanas ātruma un valdošo vēju ātruma un virziena.

Dienvīdāfrikas Republikas derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu kontekstā, kurus var attiecināt uz jebkuru ar asfalta segumu nepārklātu ceļu, šie iedarbības faktori izraisa šādas problēmas:

- ceļa seguma materiāla degradēšanos un zudumu;
- samazinātu drošību un gaisa kvalitāti;
- augstākas transporta līdzekļu ekspluatācijas izmaksas, tostarp biežāki remontu.

Šajā pētījumā [22] noteiktas vairāki AL lietošanas izvēles kritēriji un prioritātes:

- AL izsmidzināšana ar dziļu iespiešanos tiek dota prioritāte pār AL iestrādi ar minimālu ceļa sagatavošanu (greiderēšana, AL iestrāde, kompaktēšana);
- vienkārša AL iestrāde ar minimālu nepieciešamību pēcuzraudzībai;
- īss ar AL apstrādātā ceļa seguma lietošanas gatavības laiks (ne ilgāk kā pēc 24 stundām ceļam jābūt publiski lietojamam);
- AL izvēles un iestrādes izmaksu ekonomiskais pamatojums;
- adekvāti pierādāma vai garantējama ilgizturība, efektivitāte un izturība pret nolietošanos, izskalošanās, iztvaikošanas, UV iedarbības un potenciālu ķīmisko reakciju rezultātā ar ceļa seguma materiālu vai iespējamiem izlijušiem piesārņojošiem produktiem;
- efektivitāte gan mitros, gan sausus periodos;
- atbilstība nacionālajiem un starptautiskajiem drošības standartiem un vides prasībām.

Pētījumā [22] salīdzināti šādi AL:

- ūdens;

- neorganiskie sāļi;
- lignosulfonāti;
- naftas produkti;
- polimēra emulsijas;
- darvas un bitumena emulsijas.

Konstatēts, ka ūdens kā atputekļošanas līdzeklis ir salīdzinoši mazefektīvs, nedaudz efektīvāks ir jūras ūdens, pateicoties paaugstinātai mineralizācijas pakāpei (nātrija un hlorīda jonu klātbūtnei). Ūdens kā atputekļošanas līdzekļa efektivitāte atkarīga arī no klimatiskajiem apstākļiem, gaisa temperatūras un relatīvā mitruma. Efektivitātes palielināšanai ūdenim var pievienot virsmaktīvās vielas, kas samazina ūdens spraigumu pret gaisu un veicina ūdens penetrāciju augsnē. Lai arī pētījumā konkrētas virsmaktīvās vielas nav minētas, tās varētu būt, piemēram, nātrija laurilsulfāts.

Pētījumā apstiprināts, ka šķīstošie neorganiskie sāļi kļūst efektīvi, kad gaisa mitruma saturs saniedz 30–40 %. Minēts, ka šķīstošo neorganisko sāļu mitrumu uzglabājošās īpašības nepieciešamības gadījumā var nodrošināt ar grants seguma apsmidzināšanu ar ūdeni.

Putekļojošās daļiņas saistošos lignosulfonātu un melases AL parasti sākotnēji iemaisa grunts slānī, kamēr atkārtotajās apstrādes reizēs tos izsmidzina uz grunts virsmas. Norādīts, ka šie produkti ir pakļauti izskalošanai, tādēļ tie ir efektīvāki sausos apstākļos.

Bitumena emulsijas (piemēram uz 80/100 markas bitumena bāzes), līdzīgi kā lignosulfonāti sasaista grunts putekļojošās/sīkdispersās daļiņas. Tāpat kā lignosulfonātu un melases šķīdumi, bitumena emulsijas parasti sākotnēji iestrādā grunts slānī, bet atkārtotajās apstrādes reizēs izsmidzina. Atšķirībā no lignosulfonātu un melases šķīdumu AL bitumena emulsiju sastāvs parasti ir komplicētāks, bez ūdens kā emulsijas vides, kompozīcijā ietilpst arī emulgatori un slapēšanas aģenti. Pētījuma autori salīdzinājuši dažādu AL ierobežojumus un devuši lietojuma rekomendācijas, kuras apkopotas 1.15. tabulā.

Saskaņā ar AL raksturojošajām īpašībām 1.16. tabulā pētījuma autori devuši vispārīgas rekomendācijas par AL lietojuma piemērotību atkarībā no seguma materiāla veida, iestrādes veida, nepieciešamās ilgdarbības, satiksmes intensitātes un klimatiskajiem apstākļiem.

Pētījumā izstrādāti kritēriji vizuālai putekļainības novērtēšanai, ļaujot noteikt ceļa piecas putekļainības pakāpes, kā parādīts 1.17. tabulā.

Pētījuma autori izstrādājuši vairākus matemātiskos modeļus putekļainības prognozēšanai, kas ļauj aprēķināt:

- putekļu kā nesaistītā materiāla daudzumu uz ceļa virsmas;
- kopējo putekļainību (ņemot vērā putekļu maksimumu un putekļu mākoņa saglabāšanās laiku);
- kopējo putekļainību kā funkciju no transporta līdzekļa veida, ātruma un nesaistītā materiāla uz ceļa virsmas.

**1.15. tabula.** AL lietojuma ietekmes faktori un ierobežojumi [22]

|                                                    | Neorganiskie sāļi                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Lignosulfonāti                                                                                                                                                                                                                                                                 | Naftas rūpniecības produkti                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klimatiskie apstākļi                               | Zaudē efektivitāti ilgstošos sausuma periodos. Izvēle atkarīga no gaisa relatīvā mitruma vērtības un iespējas veikt ceļa seguma virsmas laistīšanu.                                                                                                                                                     | Saglabā efektivitāti ilgstošos sausuma periodos pie zemas relatīvā mitruma vērtības.                                                                                                                                                                                           | Pamatā efektīvi neatkarīgi no klimatiskajiem apstākļiem, bet var veidoties maza diametra bedres, ja ir liels sīkdispersās frakcijas saturs.                                                                                                 |
| Prasības pret seguma materiālu                     | Rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar vidēju sīkdispersās frakcijas saturu (max. 10–20 % $d < 0,075$ mm). Nav piemēroti seguma materiāliem ar zemu sīkdispersās frakcijas saturu vai augsta sarukuma produktiem / PI* vai materiāliem ar zemu CBR** vērtību vai slideniem materiāliem. | Rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu ( $<30$ % $< 0,075$ mm) sablīvētā grantī bez brīva materiāla klātbūtnes.                                                                                                           | Vislielāko efektivitāti parāda grants seguma materiālos ar zemu sīkdispersās frakcijas saturu ( $<10$ % $< 0,075$ mm) salāgojot AL produktu viskozitāti ar grants seguma sablīvējuma pakāpi.                                                |
| Apstrādes, apkalpošanas un remonta iespējas        | Iestrādāt grantī mitros apstākļos. $\text{CaCl}_2$ ir efektīvāks izsmidzinot. Zema sarukuma materiāli var deformēties bīdē un veidot rievās zem ātri braucošu kravas automašīnu radītās slodzes. Bīdes deformācijas var pašdziedēties.                                                                  | Vislabāk lietojams sākotnējās iemaisīšanas veidā. Zema sarukuma materiāli var deformēties bīdē un veidot rīses zem ātri braucošu kravas automašīnu radītās slodzes. Tendence deformēties bīdē un sausos apstākļos veidot traušu "biskvīta" slāni bez nav pašdziedējošā efekta. | Nepieciešams stabils pamats, uzmanība jāpievērš mitruma saturam sablīvēšanas/ kompaktēšanas laikā. Mazi ātrumi / lēna kustība un mazi pagrieziens rādiusi veicina bīdes deformācijas, kuras nav pašdziedējošas, bet ir lokāli remontējamas. |
| Izskalošanās un akumulēšanās/ uzkrāšanās tendences | Izskalojas, atkārtotas iestrādes rezultātā uzkrājas                                                                                                                                                                                                                                                     | Izskalojas lietū, ja nav pietiekami saistīts. Laika gaitā oksidēties un izskalosies. Atkārtotas iestrādes rezultātā akumulējas.                                                                                                                                                | Neizskalojas. Atkārtotas iestrādes rezultātā akumulējas.                                                                                                                                                                                    |
| Komentāri                                          | Ja grants segumā ir augsts sīkdispersās frakcijas saturs, var kļūst slidens slapjos apstākļos.                                                                                                                                                                                                          | Parasti neefektīvs, ja seguma slānis satur maz sīkdispersā materiāla vai ir daudz nesaistītas grants uz ceļa.                                                                                                                                                                  | Salīdzinoši ilgizturīgs, vairāk efektīvs sausos klimatiskajos apstākļos, var izraisīt slāņošanas pēc vairākām apstrādes reizēm it īpaši, ja sīkdispersās frakcijas saturs ir $>15$ % $< 0,075$ mm.                                          |

\* PI – plasticitātes indekss, CBR – California bearing ratio (%)

**1.16. tabula.** AL lietojuma prioritātes

|                                    | Augsts PI | Vidējs PI | Smilts | Slapja ceļa izbraucamība | Rampas ceļi | Liela satiksmes intensitāte | Īstermiņa | Ilgttermiņa | Izsmidzināšana | Iestrāde | Uzraudzība |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|-------------|----------------|----------|------------|
| Slapēšanas aģenti                  |           | X         |        |                          | X           |                             | X         |             | XI/R           |          | X          |
| Neorganiskie sāļi                  |           | X         |        |                          |             | X                           | X         |             | XR             | XI       | XM         |
| Lignosulfonāti                     | X         | X         | X      |                          |             |                             | X         | X           |                | XI/R     | XSO        |
| Naftas produktu emulsijas          | X         | X         | X      | X                        | X           | X                           | X         |             | XI             | XI       |            |
| Polimēru emulsijas                 | X         | X         |        | X                        | X           | X                           |           | X           |                | XI       | XSO        |
| Darvas/bitumena produktu emulsijas |           | X         |        | X                        | X           | X                           |           | X           | XR             | XI       | XSR        |

Apzīmējumi: I – sākotnējā AL lietošana; R – atkārtota AL lietošana; M – uzturēt, kad mitrināts; SO – uzturēt ar atkārtotām izsmidzināšanas reizēm

**1.17. tabula.** PM10 koncentrācija gaisā uzreiz pēc kravas automašīnas nobraukšanas

| Atputekļošanas pakāpe | Putekļainības raksturojums                                                                                                   | PM10 koncentrācija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. pakāpe             | Minimāla putekļainība                                                                                                        | <3,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$               |
| 2. pakāpe             | Putekļi uzreiz aiz kravas automašīnas                                                                                        | 3,51–23,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$          |
| 3. pakāpe             | Putekļi aiz kravas automašīnas redzami, bet sekojošās automašīnas šoferim nerada diskomfortu, saglabājoties labai redzamībai | 23,51–45,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         |
| 4. pakāpe             | Ievērojams putekļu daudzums, sekojošai automašīnai jāaizver logi, redzamība tik tikko pieņemama, apdzīšana bīstama           | 45,01–57,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         |
| 5. pakāpe             | Būtisks putekļu daudzums, sekojošai automašīnai jāaizver logi, redzamība slikta, apdzīšana nav iespējama                     | >57,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$              |

Konstatēts, ka pie lielākas transporta plūsmas kopējā putekļainība, rēķinot uz transporta līdzekli, ir mazāka. Tas saistīts ar lielāku ceļa seguma sablīvēšanos nekā pie retas/mazas transporta plūsmas. Pēc šī modeļa konstatēts, ka Dienvidāfrikas Republikā, kas atrodas mērenā subtropu joslā, ziemas periodā optimālais ūdens aplaistīšanas biežums ir vienu reizi stundā, bet vasaras periodā – divas reizes stundā. Šie dati tika izmantoti kā atskaites punkts/reference salīdzinājumā ar AL. Pētījumā konstatēts, ka lielāko tūlītējo atputekļošanas efektivitāti (92 % putekļu daudzuma samazinājums) sniedz bitumena emulsija (nemodificētā bitumena emulsija (75 % putekļu daudzuma samazinājums pēc 86 dienām) un polimēra emulsija (72 % putekļu daudzuma samazinājums pēc 118 dienām). Kopumā, izmantojot

uzsmidzināšanas metodi, atputeķļošanas pakāpe bija ap 40–60 % pirmajās divās nedēļās, bet pēc tam strauji samazinājās, kamēr, izmantojot iemaisīšanas metodes, atputeķļošanas pakāpe pirmo septiņu nedēļu laikā svārstījās ap 60–70 %, bet pēc tam samazinājās, kaut gan mazākā mērā, nekā izmantojot izsmidzināšanas metodes. Tomēr jāņem vērā, ka atkārtota AL iestrāde palielinās atputeķļošanas efektivitāti. Turklāt zināms, ka atkārtoto iestrāžu laikā iestrādājamā AL koncentrācija ir mazāka nekā pirmajā reizē, kas ļauj arī samazināt kopējās atputeķļošanas izmaksas. Pētījuma rezultātu apkopojums dots 1.18. tabulā.

Ievērojot, ka pētījumā apskatīta derīgo izrakteņu ieguves vietu ceļu infrastruktūra, uzmanība pievērsta arī puteķļveida materiāla neplānotas izkaisīšanās problēmai. Secināts, ka izkaisītā materiāla greiderēšana parasti nedod vēlamo rezultātu, it īpaši, ja ceļš ir apsmidzināts ar AL. Līdzīgi arī gadījumos, ja AL ir iestrādāts ceļa seguma virskārtā, apstrādātais ceļa slānis var tikt sabojāts un līdz ar to atputeķļošanas efektivitāte var samazināties. Pētījumā rekomendēts, izkaisītā materiāla savākšanu veikt, izmantojot rotējošas birstes. Pētījumā izstrādātas arī rekomendācijas problemātiskiem ceļu posmiem (kravas iekraušanas punkti, transportlīdzekļu apgrīšanās vietas), kuros ceļš ir pakļauts lielām bīdes slodzēm transportlīdzekļiem manevrējot, bremzējot, kā arī uzsākot kustību. Rekomendēts šādu ceļu posmu virskārtu stabilizēšanai izmantot cementu, jo AL izmantošana šādos posmos ir neefektīva. Esošā veicamā pētījuma un LVM pasūtījuma kontekstā šo pieredzi varētu attiecināt uz kokmateriālu vai derīgo izrakteņu (piemēram, smilts, grants) iekraušanas vietām,

**1.18. tabula.** Dažādu AL atputeķļošanas efektivitātes salīdzinājums

| Atputeķļošanas līdzeklis        | Lietošanas metode |                                       |                                          | Atputeķļošanas pakāpe |                                         |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
|                                 | Lietošanas veids  | Iemaisīšanas deva (l/m <sup>2</sup> ) | Izsmidzināšanas deva (l/m <sup>2</sup> ) | Maksimālā (%)         | Vidējā (%) izvērtējuma periodā (dienās) |
| Higroskopiski neorganiskie sāļi | Pirmējā           | -                                     | 2,0                                      | 90                    | 45 % 14 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 0,5                                      |                       |                                         |
| Lignosulfonāti                  | Pirmējā           | Nav datu                              | Nav datu                                 | 88                    | 66 % 23 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 0,2                                      |                       |                                         |
|                                 | Pirmējā           | Nav datu                              | Nav datu                                 | 82                    | 70 % 23 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 0,2                                      |                       |                                         |
|                                 | Pirmējā           | -                                     | 1,0                                      | 88                    | 47 % 18 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 0,5                                      |                       |                                         |
| Bitumena emulsija               | Pirmējā           | 3                                     | -                                        | 88                    | 75 % 86 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 3                                        |                       |                                         |
|                                 | Pirmējā           | 3                                     | -                                        | 78                    | 72 % 62 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 3                                        |                       |                                         |
|                                 | Pirmējā           | 3                                     | -                                        | 92                    | 70 % 20 dienu laikā                     |
|                                 | Atkārtotā         | -                                     | 1,5                                      |                       |                                         |

**1.19. tabula.** Prasības seguma slāņa materiālam un iespējamie defekti šo prasību neievērošanas gadījumā

| Ietekme uz ceļa seguma veiktspēju, ja ietekmes parametrs atrodas zem minimālās robežas         | Ietekmes parametra rekomendējamās robežas |                                  |                  | Ietekme uz ceļa seguma veiktspēju, ja ietekmes parametrs atrodas virs minimālās robežas        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                | Minimālā robeža                           | Ietekmes parametrs               | Maksimālā robeža |                                                                                                |
| Samazināta slīdamība, bet tendence uz rupjās frakcijas zudumu                                  | 85                                        | Sarukums                         | 200              | Palielināta putekļainība un augsta slīdamība slapjos apstākļos                                 |
| Palielināts daudzums vaļīgu akmeņu un palielināts riepu bojājumu risks                         | 20                                        | Gradācijas koeficients           | 35               | Palielināta daļiņu iznešana, augsta slīdamība sausos apstākļos, vāja agregātu daļiņu gradācija |
| Samazināta putekļainība, bet brīvais materiāls ar tendenci uz iznešanu                         | 0,4                                       | Putekļu frakcijas īpatsvars*     | 0,6              | Palielināta putekļu veidošanās                                                                 |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums                                                             | 17                                        | Šķidruma robeža (%)              | 24               | Tendence uz putekļu veidošanās, samazināta daļiņu izmešana                                     |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums                                                             | 12                                        | Plastiskuma robeža (%)           | 17               | Tendence uz putekļu veidošanās, samazināta daļiņu izmešana                                     |
| Palielināts vaļīgo akmeņu daudzums, tendence uz iznešanu                                       | 4                                         | Plastiskuma indekss (%)          | 8                | Tendence uz putekļu veidošanās, liela slīdamība sausos apstākļos                               |
| Samazināta izbraucamība slapjos laikapstākļos, palielinātas deformācijas un erozijas tendences | 80                                        | Piesūcināta CBR vērtība pie 98 % |                  | Palielināta izturība pret eroziju un risu veidošanos, uzlabota izbraucamība                    |
| Apkopes vieglums, nav riepu plīsuma draudi                                                     |                                           | Maksimālais daļiņu izmērs        | 40               | Liels seguma virsmas nelīdzenums, bedru veidošanās tendences un riepu plīšanas draudi          |

\* 0,075 mm sietam cauri izgājušo daļiņu attiecība pret 0,425 mm sietam cauri izgājušajām daļiņām

ja ir nepieciešama putekļu daudzuma samazināšana šādās vietās, tādējādi ļaujot uzlabot strādājošo darba apstākļus. Vienlaicīgi pētījumā konstatēts, ka bez paša AL izvēles, būtiska loma ir arī ceļa pareizai sagatavošanai nodrošinot atbilstību nacionālajai ceļu specifikācijai (skat. 1.19. tabulu).

Ceļu segumos ar pārāk lielu grants smalko daļiņu daudzumu, AL var uzrādīt mazāku efektivitāti, it īpaši gadījumos, ja tie tiek izsmidzināti. Pateicoties neoptimālam daļiņu izmēram (vājai izmēru gradācijai), AL neveicina virsmas sablīvēšanu un stabilas virsmas veidošanos. Vāja sablīvēšana var novest pie nesaistīta materiāla satura palielināšanās un līdz ar to palielinātas putekļu ģenerēšanas. Ūdenī šķīstošu AL gadījumā (tostarp neorganiskie sāļi un lignosulfonāti) var rasties izskalošanas problēmas. Uz



**1.20. tabula.** Nepieciešamais AL atputeķļošanas darbību biežums un AL izmantošanas devas noteiktas atputeķļošanas pakāpes sasniegšanai

| Atputeķļošanas līdzeklis        | Lietošanas metode (l/m <sup>2</sup> un intervāls) dažādiem atputeķļošanas līmeņiem |                |                                                             |                                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                 | Lietošanas veids                                                                   |                | Puteķļainības<br>2. pakāpe:<br>3,51–23,50 µg/m <sup>3</sup> | Puteķļainības<br>4. pakāpe:<br>45,01–57,50 µg/m <sup>3</sup> |
| Higroskopiski neorganiskie sāļi | Pirmējā                                                                            | Izsmidzināšana | 2 l/m <sup>2</sup>                                          | 2 l/m <sup>2</sup>                                           |
|                                 | Atkārtotā                                                                          | Izsmidzināšana | 0,5 l/m <sup>2</sup> katru 10. dienu                        | 0,25 l/m <sup>2</sup> katru 12. dienu                        |
| Lignosulfonāti                  | Pirmējā                                                                            | Iemaisīšana    | 1 l/m <sup>2</sup>                                          | 1 l/m <sup>2</sup>                                           |
|                                 | Atkārtotā                                                                          | Izsmidzināšana | 0,2 l/m <sup>2</sup> katru 10. dienu                        | 0,1 l/m <sup>2</sup> katru 14. dienu                         |
| Bitumena emulsija               | Pirmējā                                                                            | Iemaisīšana    | 3 l/m <sup>2</sup>                                          | 3 l/m <sup>2</sup>                                           |
|                                 | Atkārtotā                                                                          | Izsmidzināšana | 0,125 l/m <sup>2</sup> katru 15. dienu                      | 0,063 l/m <sup>2</sup> katru 15. dienu                       |

ceļiem, kuri apstrādāti ar AL izsmidzināšanas metodi, novērota arī bedru veidošanās, pateicoties nesaistītās smalkās frakcijas aiznešanai/emisijai transporta plūsmas radītās slodzes dēļ. Faktiski pētījumā viennozīmīgi priekšroka dota AL iestrādei ceļa virskārtā, norādot, ka izsmidzināšanu ir lietderīga ceļa nomaļu apstrādei.

Pētījumā veikta atputeķļošanas izmaksu analīze, iekļaujot šādus svarīgākos izmaksu elementus:

- kapitālieguldījumi (nepieciešamais pamataprīkojums);
- aprīkojuma ekspluatācijas izmaksas;
- ceļa apsaimniekošanas biežums;
- materiāla izmaksas (AL cena);
- ar atputeķļošanu saistītās izmaksas (virsmas sagatavošana, AL iestrāde, greiderēšana, mitrināšana).

Pētījumā aprakstītajā atputeķļošanas izmaksu modelī lietotie izejas dati apkopoti 1.20. tabulā.

Pie norādītā AL izmantošanas biežuma pētījumā konstatēts, ka pēc ekonomiskā izdevīguma AL sarindojami šādi: bitumena emulsija > lignosulfonāti > higroskopiski neorganiskie sāļi. Svarīgi atzīmēt, ka, pieaugot nepieciešamajai atputeķļošanas pakāpei (puteķļainības pakāpe samazinās), higroskopisko neorganisko sāļu ekonomiskā efektivitāte pieaug, it īpaši ilgtermiņā.

#### 1.1.4.7. ES valstis *HORIZON2020 AIRUSE* projekta ietvaros

Laikā no 2009. līdz 2012. gadam īstenots *LIFE+* projekts *CMA+*, kura ietvaros izvērtētas iespējas izmantot kalcija-magnija acetātu (*CMA*), lai aizvietotu nātrija hlorīdu atputeķļošanas novēršanai vasarā un apledošanas mazināšanai ziemā [23]. Šī projekta ietvaros veikti atsevišķi pētījumi par *CMA* izmantošanu puteķļu veidošanās novēršanai uz iridenajiem ceļiem segumiem un būvobjektos, izdarot šādus secinājumus:

- rekomendēts apstrādāt iridenos ceļus ar *CMA* devu 100–200 g/m<sup>2</sup>;

- konstatēts, ka atputeķļošanas efekts, lielā mērā atkarībā no laikapstākļiem, transporta plūsmas intensitātes un ceļa seguma veida, var saglabāties vairākas nedēļas;
- rekomendējamā deva, izmantojot *CMA* ir 100–200 g/m<sup>2</sup>;
- apsmidzināmajam ceļa posmam jābūt mitram;
- apsmidzināšanas laikā iespējama etiķa smarža, bet tā nav kaitīga videi;
- pateicoties augstajai puteķļu saistīšanas spējai, puteķļi ar riepiām var tikt transportēti lielākos attālumos, līdz ar to, ja plānota *CMA* izmantošana būvobjektos, jāparedz riepu mazgāšana. Stipru vēju gadījumā atvērtos laukumos *CMA* izmantošana nenodrošina pietiekamu atputeķļošanas efektu.

Projekta secinājumos minēts, ka Vidusjūras klimatiskajā zonā, visdrīzāk pateicoties augstajām temperatūrām, kas veicina irdeno ceļa segumu ātru izžūšanu, ķīmisko atputeķļošanas līdzekļu izmantošana nedeva būtiskas priekšrocības salīdzinājumā ar regulāru laistīšanu ar ūdeni [24]. Jāatzīmē gan, ka pētījumā tika izmantots ļoti ierobežots atputeķļošanas līdzekļu spektrs (MgCl<sub>2</sub> un *CMA*). Attiecībā uz LVM pasūtījumu šī brīža klimatiskajos apstākļos sagaidāma lielāka neorganisko AL efektivitāte, ievērojot zemākas gaisa temperatūras un relatīvā mitruma vērtības. Šī problēma gan nākotnē var kļūt aktuāla klimata izmaiņu dēļ.

Projektā dota arī informācija par ķīmisko AL izmantošanu ne tikai uz irdenajiem ceļu segumiem un minerālu ieguves industrijā, bet arī uz asfaltētajiem ceļu segumiem Norvēģijā, gan tuneļos, gan atklātos ceļu posmos jau kopš 1990. gada [25]. AL efektivitātes pētījumus pilsētvidē lielā mērā ietekmējušas ES noteiktās dienas *PM10* robežvērtības saskaņā ar ES direktīvu 2008/50/EC (50 µg/m<sup>3</sup> ne vairāk kā 35 reizes kalendārā gada laikā).

Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācijas (ESAO) 2020. gadā publicētajos informatīvajos materiālos īpaši aktualizēts sauszemes transporta radītais neizplūdes gāzu gaisa piesārņojums, tostarp gaisa piesārņojums ar puteķļveida daļiņām gan no irdeno ceļu seguma materiāliem galvenokārt ārpuspilsētas vidē, gan pārpalikušajiem ceļu apstrādes līdzekļiem (piemēram, pretapledošanas līdzekļiem) pilsētvidē [26].

Atbilstoši *AIRUSE* projektā analizētajam AL uz *CMA* bāzes jāmin Dānijas uzņēmums “*Alumichem A/S*”, kas ir Ziemeļvalstīs vadošais funkcionālo aluminātu un specifiskas nozīmes ķīmikāliju ražotājs, kas izstrādājis arī dažādus risinājumus ceļu infrastruktūras uzturēšanai, tostarp AL. Kā viens no perspektīvākajiem risinājumiem tiek piedāvāts kalcija magnija acetāta (Ca<sub>x</sub>Mg<sub>y</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2(x+y)</sub>) AL *Dust Away*, parasti 25 % ūdens šķīduma veidā, kas vienlaikus kalpo arī kā pretapledošanas līdzeklis (līdz pat -32 °C). Saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju *CMA* AL ir nekorozīvs (pH=8,8), videi draudzīgs, viegli bionodrošināms, netoksisks, ļauj nodrošināt līdz pat 35 % *PM10* samazinājumu [27].

### 1.1.5. Secinājumi

1. Galvenie grants seguma putekljainību un defektus izraisošie faktori ir transportlīdzekļu satiksme un ūdens iedarbība. Šo faktoru iedarbības rezultātā no grants seguma materiāla zūd smalkās daļiņas (aizputot, aizskalojoties), tādējādi iniciējot defektu (bedrīšu, rišu) veidošanos un satiksmes drošības samazināšanos putēšanas dēļ.
2. Grants segumu putēšanu var ierobežot, samazinot kustības ātrumu līdz apmēram 30 km/h, pievienojot grants seguma materiālam māla daļiņas, optimāli > 50 svara % no kopējā smalko daļiņu daudzuma, būvējot grants seguma ceļa segas pamatkārtas no materiāliem, kam ir nedaudz palielināts putekļu daļiņu saturs salīdzinājumā ar ceļa segām ar saistītu segumu pamatkārtās, veicot grants seguma atputekļošanu ar atputekļošanas līdzekļiem.
3. Grants seguma noturību pret ūdens iedarbību var nodrošināt, grants segumam lietojot atbilstošu vienmērīgas granulometriskās struktūras minerālmateriālu ar optimālu putekļu daļiņu saturu (parasti 8–15 svara %), izveidojot un uzturot ceļa seguma virsmai vismaz 4 % šķēršprofilu, nodrošinot ūdens atvadi no seguma virsmas (novācot veģetāciju un iztīrot sāngrāvjus).
4. Ievērtējot nosacījumus ceļa grants seguma materiālam, garenprofilam, šķēršprofilam, ūdens atvadei u. c. faktorus, secināms, ka atputekļošana dos labu cerēto rezultātu tikai tādā gadījumā, ja ceļš būs uzturēts labā tehniskajā stāvoklī.
5. Aprēķinātā satiksmes intensitāte, pie kuras ir racionāli veikt atputekļošanu, ir *AADT* 100–250 auto/diennaktī. Pie lielākas satiksmes intensitātes racionālāk ir būvēt segas konstrukcijas ar saistītu segumu.
6. Atputekļošanas līdzekļus var klasificēt piecās grupās: ūdens, neorganiskie sāļi (gk. NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaMgCH<sub>3</sub>COOH), naftas pārstrādes rūpniecības produkti (piemēram, bitumena emulsija, sulfonētie naftas produkti), polimēru emulsijas (piemēram, PVA un PVH emulsijas) un no atjaunojamajiem resursiem iegūtie produkti (piemēram, lignosulfonāti, melase, ciete, guāra sveķi, ksantāna sveķi, hitozāns).
7. Atputekļošanas līdzekļi uz neorganisko sāļu bāzes (kalcija hlorīds, magnija hlorīds) atputekļošanas efektu nodrošina, piesaistot gaisa mitrumu un vienlaikus samitrinot arī grants seguma minerālmateriāla daļiņas, kas tādējādi ar piesaistīto mitrumu tiek savstarpēji saistītas.
8. Latvijā grants ceļu atputekļošanai pētījuma sagatavošanas laikā (2021. gada nogalē) visplašāk izmanto kalcija hlorīdu, kurš tiek ievests no citām Eiropas valstīm (izplatītājs Latvijā SIA "Vincent's Polyline"). Kalcija hlorīdu AL ceļu atputekļošanai izmanto granulu/pārslu vai ūdens šķīdumu veidā (optimāli 32–42 %). Kalcija hlorīda cena ir atkarīga no nepieciešamā daudzuma, piegādātāja, iesaiņojuma veida, piegādes vietas, un

orientējoši tā svārstās robežās no 250 EUR/t līdz 500 EUR/t. Vispopulārākie iesaiņojumi ir vai nu 25 kg maisos, vai 1 t maisos.

9. Pieaugošās vides prasības veicina lignosulfonātu kā atjaunojamo un ilgtspējīgu produktu izmantošanu dažādās nozarēs, jo tie nav toksiski un bīstami. Atputekļošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes atputekļošanas efektu nodrošina, saistot savā starpā putekļu daļiņas aglomerātos
10. Lielākie pasaules uzņēmumi, kas ražo un tirgo lignosulfonātus, ir *Borregaard LignoTech*, *Sappi Limited*, *Tembec Inc. (Rayonier Advanced Materials)*, *Nippon Paper Industries Co*, *Wuhan Xinyingda Chemicals Co. Ltd.*, *Shenyang Xingzhenghe Chemical Co. Ltd.* utt.
11. Ārvalstu pieredzes izvērtējums par AL izmantošanas efektivitāti nesaistīto ceļa segumu atputekļošanai liecina par pretrunīgiem rezultātiem. Tomēr var secināt, ka:
  - pie relatīvā gaisa mitruma virs 30 % priekšroka dodama neorganisko sāļu AL (galvenokārt  $\text{CaCl}_2$  un  $\text{MgCl}_2$ ) izmantošanai, bet pie zemāka gaisa mitruma – lignosulfonātu AL;
  - abu veidu AL izskalojās, it īpaši lignosulfonātu AL, līdz ar to tie ir regulāri jāatjauno;
  - neorganisko sāļu AL veicina transportlīdzekļu koroziju;
  - lignosulfonātu AL dodama priekšroka no vides ilgtspējas viedokļa Eiropas Zaļā kursa ietvaros.

### 1.1.6. Rekomendācijas

1. Putekļveida piesārņojuma samazināšanai, satiksmes drošības uzlabošanai un meža autoceļu tuvumā esošo dzīvojamo platību iedzīvotāju dzīves kvalitātes uzlabošanai ir rekomendējama AL izmantošana uz meža autoceļiem, kuri ir labā tehniskajā stāvoklī, ar garenprofilu, šķērsprofilu un sāngrāvjiem, kas nodrošina efektīvu ūdens atvadi.
2. Eiropas Zaļā kursa ietvaros prioritāte būtu dodama videi draudzīgiem AL ar pēc iespējas lielāku no atjaunojamiem resursiem iegūtu sastāvdaļu īpastavu (piemēram, lignosulfonātus saturošiem AL),
3. Nolūkā nodrošināt AL plašāku darbības diapazonu (gan lielāka, gan zemāka gaisa relatīvā mitruma apstākļos) būtu rekomendējams detalizētāku un plašāka apjoma pētījumu ietvaros izvērtēt lignosulfonātu maisījumu ar neorganiskajiem sāļiem lietojamību Latvijās apstākļos.

## 1.2. Atputekļošanas efektivitāti ietekmējošie faktori

Atputekļošanas efektivitāti ietekmē šādi faktori:

- atputekļojamā ceļa vai platības funkcionālais stāvoklis (grants materiāla struktūra un fizikāli mehāniskās īpašības, šķērsprofils, ūdens atvades stāvoklis, veģetācija, ceļa segas kopējā nestspēja);
- atputekļojamā ceļa vai platības atrašanās vieta (atklāta, noēnota, ceļa plāns un garenprofils, apdzīvotās vietas, ražotnes u. tml.);
- atputekļojamā ceļa vai platības tiešā tuvumā esošie potenciālie putekļu emisijas vai cita piesārņojuma avoti;
- transportlīdzekļu satiksme, tās režīms;
- klimatiskie apstākļi, īpaši, piemēram, ilgstošas lietavas vai ilgstoši karsta laika un sausuma periodi;
- atputekļošanas līdzekļa veids un tā piemērotība grants seguma materiālam;
- atputekļošanas līdzekļa izlietojuma daudzums un saglabāšanās ilgums seguma materiālā;
- atputekļošanas līdzekļa iestrādes kvalitāte.

### 1.2.1. Atputekļošanas līdzekļa veids

Kā parādīts 1.1. nodaļā, lignosulfonātu AL ir efektīvāki zemākākā gaisa relatīvajā mitrumā, kamēr hlorīdu AL sāk strādāt, tikai gaisa relatīvajam mitrumam sasniedzot noteiktu vērtību, kura  $\text{CaCl}_2$  gadījumā ir atkarīga no temperatūras (piemēram, 25 °C temperatūrā  $\text{CaCl}_2$  sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa relatīvais mitrums ir 29 %, kamēr 38 °C temperatūrā tas sāk piesaistīt ūdeni, ja gaisa mitrums ir 20 %), bet  $\text{MgCl}_2$  gadījumā nav atkarīga no temperatūras (t. i., ja gaisa relatīvais mitrums ir 32 %). Tādējādi hlorīdu sāļu AL atputekļošanas efektivitāte diennaksts laikā var mainīties: karstās pēcpusdienās uz ceļa var būt novērojama neliela putekļu veidošanās, bet naktīs un no rītiem putekļi neveidojas. Jāatzīmē arī, ka, lietojot komerciālos AL pārsļu vai granulu formā, lai nodrošinātu līdzīgu atputekļošanas efektu,  $\text{MgCl}_2$  jālieto lielākā daudzumā nekā  $\text{CaCl}_2$ , kamēr, lietojot šķīdumus, abu hlorīdu AL būs līdzvērtīgs pie vienāda izmantošanas daudzuma.

Salīdzinot iestrādes metodes ietekmi, lielāka efektivitāte kopumā neatkarīgi no AL veida būs AL iestrādei ceļa seguma virskārtā līdz 4 cm dziļumam.

Detalizētāka informācija par AL veidiem, to lietojuma formām, ūdens šķīdumu koncentrācijām un iestrādes veidiem dota 1.1. nodaļā.

### 1.2.2. Seguma materiāls

Atputekļošanai lietojot  $\text{CaCl}_2$  vai  $\text{MgCl}_2$ , grants seguma materiālam jābūt ar vienmērīgu granulometriskā sastāva līkni un nemitējamu putekļu daļiņu ( $< 0,075$  mm) saturu 8–15 svara %, bet nav ieteicams izmantot  $\text{CaCl}_2$  vai  $\text{MgCl}_2$  tad, ja putekļu daļiņu saturs ir mazāks par 5 svara % vai lielāks par 20 svara %. Savukārt lignosulfonātu AL rekomendējami izmantošanai grants seguma materiālos ar augstu sīkdispersās frakcijas saturu ( $< 30 \% < 0,075$  mm) sablīvētā grantī bez brīva materiāla klātbūtnes. Detalizētāka informācija par AL piemērotību dažādiem segumu veidiem dota 1.1. nodaļā.

### 1.2.3. Autoceļa atrašanās vieta

Atkarībā no autoceļa atrašanās vietas lielāks AL daudzums jāparedz atklātos un likumotos ceļa posmos, apdzīvotās vietās, kā arī ražotņu un ēku tuvumā. Salīdzinoši mazāku AL daudzumu var paredzēt noēnotos meža posmos, kā arī posmos ar pazeminātu ceļa garenprofilu.

Jāņem vērā, ka visu AL izmantošanas gadījumā sezonas laikā var būt nepieciešama papildapstrāde ar AL, jo atputekļošanas efekts var zust gan izskalošanās, gan mitruma iedarbības, gan autotransporta kustības, gan arī grants ceļa kopējās funkcionālās efektivitātes samazināšanās dēļ. Kopumā gan lignosulfonātu, gan hlorīdu AL ar laiku izskalojas, līdz ar to sezonas garumā ir nepieciešams ceļa posma regulārs monitorings. Ceļa seguma remonts un atkārtota apstrāde ar AL var būt nepieciešama arī gadījumā, ja ceļš tiek bojāts transporta kustības rezultātā (veidojas plaisas), kas ir īpaši īpaši izteikti lignosulfonātu AL gadījumā, par ko liecina ārvalstu pieredzes apkopojums 1.1. nodaļā.

Ceļu posmos vai laukumos, kuru tiešā tuvumā ir citi putekļu emisijas avoti, piemēram, grants vai smilts atradnes, vai citviet, kur blakus atputekļojamajai platībai atrodas nesaistīti, nenostiprināti putekļaini materiāli (smilts, grants krautnes u. tml.), jārēķinās, ka atputekļošanas efekts būs īslaicīgs. Tas pats sagaidāms arī gadījumos, ja grants seguma materiāls ir neatbilstošs vai atputekļojamie posmi tiek izmantoti īslaicīgi, to dislokācija bieži mainās, piemēram, būvobjektos vai to tuvumā, u. tml. Šādos gadījumos risinājums būtu iestrādāt mazāku atputekļošanas līdzekļa daudzumu, bet atputekļošanu veikt biežāk, ik pēc 1–2 vai 3–4 nedēļām atkarībā no konkrētās situācijas un nepieciešamības.

### 1.2.4. Transportlīdzekļa braukšanas ātrums un svars

Autoceļa putēšanas intensitāte ir tieši atkarīga no transportlīdzekļu veida un kustības ātruma. Smagie transportlīdzekļi izraisa ievērojami lielāku putekļu emisiju nekā vieglie.

Risinājums šai problēmai līdz ar AL lietošanu ir braukšanas ātruma samazināšana, jo, īpaši braucot smagajiem kravas transportlīdzekļiem, to radītā gaisa turbulence var ierosināt no ceļam blakus esošajām nomalēm vai nogāzēm nepiesaistīto putekļu daļiņu emisiju. Piemēram, samazinot ātrumu no 40 km/h līdz 20 km/h, putekļu emisija samazinās par 65 %. Ātruma ierobežojuma zīmes var kalpot kā efektīvs putekļu daudzuma samazināšanas pasākums. Ātruma slāpētāji – izciļņi un drenāžas kanāli – var samazināt putekļu daudzumu to tuvumā un ir efektīvi apdzīvotās vietās. Šis risinājums nav piemērots neapdzīvotās vietās, jo gan smagajam transportam, gan vieglajiem transportlīdzekļiem tur ir pietiekami ātri jāpārvietojas, lai laikā nonāktu attiecīgajos gala mērķos. Normatīvie akti neparedz ātruma samazināšanu neapdzīvotās vietās pat tad, ja pieaug cilvēku skaits, kas vēlas dzīvot ārpus apdzīvotajām vietām un apbūvēt zemi, kas atrodas tuvu pie grants ceļiem vai netālu no tiem.

Izvērtējot AL efektivitāti, jāņem vērā ne tikai iepriekš minētie faktori, bet arī AL lietošanas ilgtermiņa izmaksas, risku analīze un ietekme uz vidi. Ilgtermiņa izmaksas ietver ceļa sagatavošanas un uzlabošanas, AL pirmējās un atkārtoto iestrāžu izmaksas, un tās var aprēķināt no 2. posma darba tāmes. Vides apsvērumi savukārt ietver AL ietekmes uz vidi izvērtējumu, tostarp ietekmi uz ūdens kvalitāti, ūdens organismiem, veģetāciju un bioloģisko daudzveidību. Risku analīze savukārt saistīta ar potenciālo AL ietekmi uz cilvēku, tostarp ceļu darbinieku, un apkārtējās vides veselību, kas ir detalizētāk analizēta 1.3. nodaļā.

### 1.2.5. Secinājumi

1. Grants meža ceļu atputekļošanas efektivitāti un optimālās AL koncentrācijas nosaka tādi galvenie iedarbības faktori kā AL veids un iestrādes metodika, ceļa seguma materiāls un satiksmes intensitāte, autoceļa atrašanās vieta apkārtnes reljefā un biotopi, kā arī klimatiskie apstākļi.
2. Atputekļošanas efektivitāti negatīvi ietekmējošais faktors neatkarīgi no izmantotā AL ir ilgstošs lietus. Ilgstošas lietavas garākā laika periodā pakāpeniski no ceļa seguma izskalo gan neorganisko sāļu, gan lignosulfonātu AL. Tādēļ pēc ilgstoša lietus perioda beigām atputekļošana veicama atkārtoti.
3. Hlorīdu AL atputekļošanas efektivitāte dažādā diennakts laikā, temperatūrā un gaisa mitruma apstākļos atšķiras.
4. Lignosulfonātu AL efektivitāti būtiski samazina transporta radītas plaisas virsmas slānī.

### 1.2.6. Rekomendācijas

1. Piemērotākā atputekļošanas līdzekļa izvēle nosakāma pēc šādiem faktoriem: satiksmes raksturlielumiem

(transportlīdzekļu ātruma, transportlīdzekļu kustības intensitātes, transportlīdzekļu masas), ceļa seguma īpašībām (grants daļiņu izmēriem un to sadalījuma pa frakcijām, virsmas stāvokļa), meteoroloģiskajiem apstākļiem (nokrišņiem, temperatūras, mitruma un tā iztvaikošanas, kas ietekmēs atputeķļošanas līdzekļu saglabāšanas ceļa segumā).

2. Saskaņā ar ārvalstu pieredzi (1.1. nodaļa), AL efektivitāti ietekmējošiem faktoriem (1.2. nodaļa), kā arī lai izvērtētu no atjaunojamajiem resursiem iegūto lignosulfonātu efektivitāti salīdzinājumā ar jau šobrīd izmantoto  $\text{CaCl}_2$ , LVM pasūtītā pētījuma eksperimentālajā daļā rekomendējams izvērtēt AL:

- ietekmi uz mitruma saistīšanu grantī;
- pH un ietekmi uz iestrādes aprīkojuma koroziju;
- viegliestrādājamību;
- mijiedarbību ar granti/adhezivitāti;
- iespīšanās dziļumu grantī un potenciālo izskalošanos;
- ietekmi uz grants mehāniskajām īpašībām (Proktora tests);
- izturību pret UV starojumu.

3. Saskaņā ar šī LVM pasūtītā pētījuma analītiskās (1. daļa) un eksperimentālās daļas (2. daļa) datiem veicams lignosulfonātu efektivitātes un ekonomiskā izdevīguma novērtējums un salīdzinājums ar references atputeķļošanas līdzekli  $\text{CaCl}_2$ . Aprobācija veicama lauka apstākļos uz LVM noteiktā meža autoceļa posma LVM izvēlētajā meža masīvā/-os.

4. Ievērojot, ka lignosulfonātu AL ir efektīvāks zemā gaisa relatīvajā mitrumā, bet  $\text{CaCl}_2$  – ja relatīvais gaisa mitrums ir  $>30\%$ , eksperimentālajā daļā jāizvērtē atputeķļošanas efektivitāti, apvienojot abus atputeķļotājus vienā noteiktas kompozīcijas maisījumā.

### 1.3. Atputeķļošanas līdzekļu tirgu regulējošā dokumentācija

Lai AL varētu izmantot praktiskai meža autoceļu atputeķļošanai, jāizvērtē, kāda ir normatīvā bāze un AL izmantošanas regulējums, vai spēkā esošie normatīvie akti pieļauj dažādu AL praktisku lietošanu.

Kā parādīja 1.1. nodaļā apkoptā pasaules pieredzes analīze un 1.2. nodaļā ietvertais atputeķļošanas efektivitāti ietekmējošo faktoru izvērtējums, nesaistīto ceļu puteķļainības samazināšanai pieļaujama dažādu AL izmantošana, galvenokārt atkarībā no satiksmes intensitātes, transportlīdzekļu braukšanas ātruma un svara, ceļa seguma materiāla veida, ceļa konstrukcijas tipa, klimatiskajiem apstākļiem (vēja ātrums, nokrišņu daudzums, temperatūra, gaisa relatīvais mitrums), ģeogrāfiskajiem faktoriem (reljefs), kā arī apkārtnes veģetācijas.



Ievērojot, ka piemērotākā AL izvēli nosaka ne tikai efektivitāte konkrētās vides apstākļos, bet arī ekoloģiskais nekaitīgums un ekonomiskie apsvērumi, turpmāk veikta atšķirīgu ražotāju dažādu AL veidu specifیکāciju analīze (SIA “*Vincent’s Polyline*” izplatītā uz  $\text{CaCl}_2$  bāzes veidotā AL *CC Road*, *Borregaard* ražotā uz lignosulfonātu bāzes veidotā AL *Dustex-50*, *Sappi Limited* ražotā AL *Lignex-201*, KU SIA “Oldi” tehnisko lignosulfonātu AL, SIA “Ceļu emulsija-HL” ražotā bitumena emulsijas AL *CELEM C65B3*), šo AL potenciālās ietekmes uz vidi analīze, šo AL atbilstības meža apsaimniekošanas standartu (*PEFC* un *FSC*) prasībām novērtējums, kā arī Valsts vides dienasta prasību izvērtējums, uzsākot grants ceļu atputeķļošanu.

### 1.3.1. Standarti un specifیکācijas

Analizējot Satiksmes ministrijā lietotās Ceļu specifیکāciju redakcijas no 2005. līdz 2017. gadam [28–34], konstatēts, ka prasības attiecībā uz grants ceļa segumu atputeķļošanu ir šādas:

- atputeķļošanas materiāli – bitumena emulsija vai  $\text{CaCl}_2$  – granulās vai ūdens šķīdumā, pieļaujot arī citu atputeķļošanas materiālu izmantošanu, piemēram, rūpniecības (papīra u. c.) atlikuma produktus, ja tie nekaitē videi;
  - » bitumena emulsija – ar bitumena saturu 50 %, kas pirms izsmidzināšanas objektā jāatšķaida ar ūdeni proporcijā 1:1 turklāt pirmajā gadā grants segumā iemaisāmais daudzums –  $2 \text{ l/m}^2$  (neatšķaidītas emulsijas daudzums), nākamajos 2–4 gados –  $1 \text{ l/m}^2$  gadā;
  - » kalcija hlorīds – granulās vai ūdens šķīdumā, pirmajā gadā iestrādājāmais daudzums –  $0,3 \text{ kg/m}^2$ ;
- specifیکācijās noteikts, ka atputeķļošanas materiāls segumā jāiemaisa, vispirms izveidojot valni, tad izmīdzinot vai izklīdējot atputeķļošanas materiālu un pēc tam to iemaisot. Noteikts, ka bitumena emulsija jāizlej un jāiemaisa vairākos tvērienos, katrā tvērienā izlejot līdz  $1,0 \text{ l/m}^2$  bitumena emulsijas un ūdens maisījuma. Bitumena emulsijas iestrādes dziļumam jābūt 2,5–4,5 cm;
- specifیکācijas arī paredz, ka atputeķļotā seguma kopšana jānodrošina visas sezonas garumā, nepieciešamības gadījumā veicot planēšanu un papildu atputeķļošanas materiāla iestrādi.

2019. gada Ceļu specifیکācijās [34] veikti divi grozījumi (Nr. 1 un Nr. 2), ieviešot šādas izmaiņas:

- 1) no atputeķļošanas specifیکācijas izslēgta seguma iepriekšēja planēšana vai profilēšana (ja planēšana vai profilēšana ir nepieciešama, tad tas paredzams kā atsevišķs darbs);
- 2) nav noteikts, kā tieši jāiestrādā kalcija hlorīds – tas var tikt gan iemaisīts, gan arī izkaisīts vai izliets uz grants seguma virsmas;

- 3) rekomendēts kalcijs hlorīda ieteicamais lietošanas daudzums ir 0,2–0,3 kg/m<sup>2</sup>;
- 4) attiecībā uz bitumena emulsijas lietošanu izņemta prasība par iemaisīšanas dziļumu;
- 5) papildus iekļauta augstākas koncentrācijas bitumena emulsiju ar bitumena saturu  $\geq 65$  % izmantošana kopā ar sīkšķembu frakciju – atbilstoši virsmas apstrādes specifikācijai;
- 6) atļauta arī citu atputeķļošanas materiālu lietošana, neierobežojot izvēli;
- 7) izslēgta atputeķļotā seguma kopšana.

Latvijā grants segumam izmantojami minerālmateriālu maisījumi 0/16, 0/22 (iekļauti no 2019. gada) un 0/32 ar vienmērīgu granulometrisku sastāvu. Smalko daļiņu saturs ( $<0,063$  mm) 0/16 maisījumam noteikts no 8 līdz 15 svara %, bet maisījumiem 0/22 un 0/32 – no 4 līdz 15 svara %.

Šīs specifikācijas tiek lietotas gan valsts ceļu tīklā, gan arī vairumā pašvaldību. Jāatzīmē gan, ka šajās specifikācijās netiek izvirzītas konkrētas prasības lietojamajam atputeķļošanas līdzekļa veidam, ja vien tas nekaitē apkārtējai videi, kā arī specifikācijās nav noteikti konkrēti kritēriji atputeķļotu posmu putekļu emisiju novērtēšanai.

Savukārt Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 “Meža autoceļu atputeķļošana” (apstiprināta ar AS „Latvijas valsts meži” 20.04.2021. rīkojumu Nr. 3.1-2\_002j\_230\_21\_8), minēts, ka grants-šķembu segumu atputeķļošanai paredzētais līdzeklis ir CaCl<sub>2</sub>. Šajā specifikācijā ir iekļautas arī prasības darbu izpildei, kuras nosaka, ka:

- AL iestrādājamais apjoms ir 0,30 kg/m<sup>2</sup>, izmantojot granululu vai pārslu veidā;
- izmantojot AL šķidrā veidā tā koncentrācijai un iestrādes devai jābūt tādai, lai iestrādātais AL apjoms būtu identisks granululu vai pārslu iestrādes apjomam. Pirms AL šķīduma iestrādes tā norma un iestrādes metode jāsaprot ar pasūtītāju;
- atputeķļošanu ieteicams veikt pavasarī pēc ceļa klātnes pilnīgas atkuššanas vai vasaras sākumā;
- darbus var veikt, kad apkārtējā gaisa temperatūra ir ne zemāka par +5 °C;
- darba izpildi nedrīkst plānot dienās, kad tiek prognozēts lietus;
- atputeķļošanas reaģents jāiestrādā uz mitra, bet ne slapja seguma.

Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 izvirzītās kvalitātes prasības izpildītājiem darbiem nosaka, ka:

- AL ir jāiestrādā vienmērīgi visā ceļa klātnes platumā;
- pēc atputeķļošanas reaģenta iestrādes jāveic ceļa seguma pieblīvēšana ar darbu izpildē iesaistīto tehniku;
- izpildītais darbs kontrolējams visā darba uzdevumā norādītajā posmā;

- vizuāli jākontrolē atputeķļošanas rezultāts, nodrošinot, ka meža ceļa segums neput, kad pa to sausā laikā brauc transportlīdzekļi.

Jāatzīmē, ka Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijā Nr. 32 nav precīzi norādīti kritēriji gaisa vides piesārņojumam *PM10* un/vai *PM2,5* veidā.

### 1.3.2. Atputeķļošanas līdzekļu atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām

LVM plāno un kontrolē savus biznesa procesus atbilstoši abu pasaulē vadošo meža sertifikācijas sistēmu *PEFC* un *FSC* standartu nosacījumiem. Tādēļ ir būtiski, lai arī LVM apsaimniekojamie meža autoceļi atbilstu šo sertifikācijas sistēmu prasībām. Pētījuma ietvaros analizēts *PEFC* Mežu apsaimniekošanas sertifikācijas standarts Latvijai un sertifikācijas organizāciju izstrādātie pagaidu *FSC* meža apsaimniekošanas standarti Latvijai (turpmāk – meža apsaimniekošanas standarti). Atbilstoši standarta nosacījumiem tika analizētas visu AL aktīvās vielas, pārbaudot to atbilstību *FSC* pesticīdu politikai (*FSC-POL-30-001a EN*) un Pasaules Veselības organizācijas (*WHO*) 1A un 1B tipa aizliegtu vielu sarakstam.

Izskatītas pētījumā paredzēto trīs atputeķļošanas līdzekļu (AL) grupu – lignosulfonātu, bitumena emulsijas un kalcija hlorīda – darba drošības lapas, kā arī veikts AL provizorisks ietekmes uz vidi novērtējums atbilstoši meža apsaimniekošanas standartu prasībām, salīdzinot un nosakot, vai potenciālos atputeķļošanas līdzekļus atļauts izmantot LVM meža autoceļos no *PEFC* un *FSC* sertifikācijas sistēmu viedokļa.

Saskaņā ar LVM pētījuma pasūtījuma darba uzdevumu, kā arī ievērojot pētījuma ierobežotību laikā un ierobežoto finansējumu, tika analizēti tie AL, kuru ražotāji (SIA “*Vincent's Polyline*” izplatītais  $\text{CaCl}_2$  AL, SIA “Ceļu emulsija-HL” izgatavotais bitumena emulsijas AL, *Borregaard*, *Sappi Limited*, KU SIA “*OLDI*” ražotie/izplatītie lignosulfonātu AL) pirmie atbildēja uz informācijas pieprasījumu, un bija gatavi laikus piegādāt nepieciešamo AL daudzumu.

#### 1.3.2.1. Kalcija hlorīds

SIA “*Vincent's Polyline*” izplatītais AL *CC Road* (ražotājs Tetra Chemicals) pēc drošības datu lapas ir maisījums, kas sastāv no kalcija hlorīda  $\text{CaCl}_2$  (75–99 %; *CAS 10043-52-4*) un kalcija hidroksīda  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (< 1 %; *CAS 1305-62-0*) (skat. 1.21. tabulu) [35]. Saskaņā ar EK Regulu Nr. 1272/2008 kalcija hlorīds netiek klasificēts kā bīstams videi, nav nepieciešama arī tā klasificēšana pēc degamības. Kalcija hlorīds ir kairinošs ādai un acīm. Kalcija hlorīds tiek klasificēts kā kairinošs acīm, un tam ir piešķirta otrā bīstamības kategorija. Tomēr tā tiek uzskatīta par lokālu

**1.21. tabula.** CC Road sociālais un vides izvērtējums un tā atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 35]

| <p><b>Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:</b> kalcija hlorīda (<math>\text{CaCl}_2</math>) atputekļošanas līdzeklis CC Road</p> <p><b>Aktīvā viela:</b> <math>\text{CaCl}_2</math>, CAS numurs (CAS 8061-51-7), blakusprodukts ir kalcija hidroksīds (<math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math>) ar koncentrāciju zem 1 %, CAS numurs (CAS 1305-62-0)</p> <p><b>Piegādes forma:</b> pārslas (77 %)</p> <p><b>Sagatavošana:</b> nepieciešamības gadījumā pārslu izšķīdināšana ūdenī, lai iegūtu vēlamās koncentrācijas AL ūdens šķīdumu (skat. 1.1.1., 1.1.4., 1.3.1. apakšnodaļu)</p> <p><b>Lietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības:</b> iestrādājot AL pārslu vai noteiktas koncentrācijas ūdens šķīduma veidā atbilstoši Latvijas ceļu specifiskajām 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifiskajai Nr. 32 (skat. apakšnodaļu 1.3.1.)</p> <p><b>AL ķīmiskais sastāvs:</b> CC Road darba drošības lapā deklarētās ķīmiskās vielas nav iekļautas FSC sertifikācijas sistēmas aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši PEFC sertifikācijas prasībām, CC Road darba drošības lapā deklarētās ķīmiskās vielas nav iekļautas Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Normālos apstākļos CC Road nesadalās. Šo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. Tomēr saskaņā ar (EK) regulu Nr. 1272/2008 CC Road koncentrētā veidā tiek klasificēts kā nopietnus acu bojājumus/kairinājumu izraisošs, 2. bīstamības kategorija (H319).</p> <p><b>Secinājums:</b> CC Road ir neorganisks AL, kas, ievērojot Latvijas ceļu specifiskāciju 2019, Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifiskajai Nr. 32 (skat. 1.3.1. apakšnodaļu) un darba drošības prasības, iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām ir mazticama. Līdz ar to CC Road izmantošana nav pretunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī ar spēkā esošajiem ES normatīvajiem aktiem attiecībā uz PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām. Vienlaikus saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu pēc iespējas priekšroka būtu jādot korozīvi mazāk agresīviem un videi draudzīgākiem savienojumiem.</p> |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ietekmes elementi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                                                   | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Riska samazināšanas stratēģijas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Vides                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                       | Nav informācijas par būtisku ietekmi normālos ekspluatācijas apstākļos:<br>- nereaģē, nesadalās un ir stabils,<br>- $\text{CaCl}_2$ saistās ar gaisa mitrumu,<br>- var spēcīgi reaģēt ar dažiem stipriem reducēšanas un oksidēšanas aģentiem.<br>Var izraisīt augsnes pH izmaiņas, it īpaši neplānotu noplūžu gadījumā.<br>$\text{CaCl}_2$ ir disociēts kalcija un hlorīda jonus. Kalcija jons var pievienoties augsnes daļiņām vai veidot stabilus neorganiskos sāļus ar sulfāta un karbonāta joniem, savukārt hlorīda joni neadsorbējas uz cietām daļiņām.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | AL izmantošana meža autoceļu atputekļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas Latvijas ceļu specifiskāciju 2019, Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifiskajai Nr. 32 (skat. 1.1.1., 1.3.3. apakšnodaļu), kā arī AL darba drošības datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                                           | CC Road sastāvā dominējošais $\text{CaCl}_2$ netiek klasificēts kā bīstams videi. Var izraisīt gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdenstilpju pH izmaiņas, it īpaši neplānotu noplūžu gadījumā. Lietojot atputekļošanai piemērotās darba koncentrācijās, vides pH būtiskas izmaiņas apkārtesošās ūdenstilpēs nav sagaidāmas. Ietekme uz ūdens kvalitāti nenozīmīga, ja tiek ievērota buferzona starp ceļu un ūdenstilpēm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcefektu veidojošās gāzes)                                 | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan $\text{PM}_{10}$ , gan $\text{PM}_{2,5}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ārpusmērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Kalcijs un hlorīds ir dabiskas organisma sastāvdaļas. Līdz ar to nav sagaidāms, ka CC Road ir genotoksiska. CC Road nav kancerogēns. $\text{CaCl}_2$ viegli disociē kalcija un hlorīda jonus, tie abi ir būtiskas visu dzīvnieku organismu sastāvdaļas. Nav sagaidāms, ka $\text{CaCl}_2$ varētu bioloģiski uzkrāties vai bioloģiski koncentrēties.<br>Nav informācijas par būtisku negatīvu ilgtermiņa ietekmi: CC Road sastāvā dominējošais $\text{CaCl}_2$ nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai, nav endokrīno sistēmu sagraujošs. Tomēr izmaiņtais augsnes un/vai ūdens pH var ietekmēt bioloģisko daudzveidību.<br>Ietekme uz ūdens organismiem: var parādīties, ja hlorīda jonu koncentrācija palielinās virs 400 ppm (forelēm) vai 10 000 ppm (citām zivju sugām).<br>Ietekme uz augiem: dažas sugas var būt jutīgas (priede, papele, osis, egļe, kļava), ja AL tiek lietots bieži un augstā koncentrācijā, taču hlorīda līmenis netika uzskatīts par nozīmīgu ilgtermiņa apdraudējumu veģetācijas izdzīvošanai [36].<br>Ietekme uz dzīvniekiem: sāls var pievilināt meža dzīvniekus. Potenciāla avārijas noplūde. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                          | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)                                                         | Nav informācijas par būtisku ietekmi: atsevišķos gadījumos var veidoties izsālījumi, kas var ietekmēt estētiku.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvēstrācija, tūrisms)                      | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas devām pH būtiskas izmaiņas mazticamas. Var veidoties izsālījumi, kas, iespējams, var ietekmēt estētiku un tūrismu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

### 1.21. tabulas turpinājums. CC Road sociālais un vides izvērtējums un tā atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 35]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sociālie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                                                                                        | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Izmainoties augsnes un ūdens pH, var pastiprināties korozijas procesu norise. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.                                                                                                                                                                                                                                                                 | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Veselība (auglība, reprodiktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.<br>Uz darbībām ar pulverveida CC Road piemērojamas astoņu stundu arokspozīcijas robežvērtības putekļiem (10 mg/m³), ieelpojamiem putekļiem (4 mg/m³) un Ca(OH)₂ (5 mg/m³).<br>CC Road sastāvā dominējošais kalcija hlorīds nav ne kancerogēns, ne mutagēns, ne reproduktīvo sistēmu ietekmējošs, ne endokrīno sistēmu sagraujošs.<br>Koncentrētā veidā CC Road var būt kairinošs gan acīm, gan ādai.<br>Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz atputeķļoto vietu izmantotājiem. |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Labklājība                                                                                                                                                    | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Pārtika un ūdens                                                                                                                                              | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra)                                                                                    | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                                                                                                         | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Tiesības                                                                                                                                                      | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: CC Road izmantošana paredzētajā koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām. Atputeķļošanas līdzelis CC Road ir izmantojams LVM meža autoceļu atputeķļošanā, ja tas būs nepieciešams. Tomēr, ievērojot Eiropas Zaļo kursu, priekšroka iespēju robežās būtu dodama bioloģiskas izcelsmes AL. |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |

iedarbību, un uzkrāšanās vai cita sistēmiska toksiska ietekme saskares ar acīm dēļ nav sagaidāma. Kalcija hlorīda AL normālos apstākļos nesadalās un ir stabils, var spēcīgi reaģēt ar dažiem stipriem reducēšanas un oksidēšanas aģentiem, var izraisīt dažu nerūsošā tērauda marķu punktveida bojājumus un koroziju, augstā temperatūrā un sprieguma apstākļos var veicināt plaisāšanu sprieguma korozijas dēļ. Ievērojot iepriekš minētās kalcija hlorīda īpašības, lai mazinātu ietekmi uz veselību, atkarībā no veicamo darbu veida jāizmanto atbilstoši personīgās aizsardzības līdzekļi: respirators ar atbilstošu filtru, atbilstoša materiāla cimdi (piemēram, neoprēna vai nitrila gumijas), darba aizsargapģērbs un apavi, acu aizsargi. Kalcija hlorīda AL CC Road var izmantot gan piegādātajā pārslu formā, gan arī iepriekš izšķīdināt nepieciešamajā koncentrācijā ūdenī un izmantot šķīduma veidā.

#### 1.3.2.2. Bitumena emulsija

SIA "Ceļu emulsija-HL" ražotā bitumena emulsija AL CELEM C65B3 tiek izmantota šķīduma veidā, kas satur 65–69 % bitumena (CAS 8052-42-4), 0,06–0,25 % alkildiamīnu

atvasinājumus (7173-62-8/68603-75-8) un ūdeni [36]. Bitumena emulsija atbilstoši regulai 1272/2008/EK (CLP) nav jāklasificē, tā ir trešās bīstamības kategorijas maisījums ar akūti hronisku ietekmi uz ūdens organismiem (kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām), bet produkts neatbilst ne noturīgas, bioakumulatīvas un toksiskas vielas (PBT), ne ļoti noturīgas, ļoti bioakumulatīvas vielas (vPvB) kritērijiem saskaņā ar REACH regulas (regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu. Produkts nesatur arī citas bīstamas sastāvdaļas, kuras

**1.22. tabula. CELEM C65B3** (SIA "Ceļu emulsija-HL") sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 36]

**Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** CELEM C65B3 / SIA "Ceļu emulsija-HL".

Aktīvā viela:

bitumens, 65–69 % (CAS: 8052-42-4);

alkildiamīnu atvasinājumi (kā virsmaktīvā viela), 0,06–0,25 % (CAS: 7173-62-8/68603-75-8).

**Piegādes forma:** bitumena emulsija ūdenī.

**Sagatavošana:** speciāla sagatavošana nav nepieciešama.

**Lietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtība:** tieša uzvešana ceļa segumam atbilstoši Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.1.2., 1.1.4., 1.3.1. apakšnodalu) prasībām.

**AL ķīmiskais sastāvs:** CELEM C65B3 sastāvā esošo aktīvo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. CELEM C65B3 drošības datu lapā deklarētās vielas nav iekļautas FSC sertifikācijas sistēmas aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši PEFC sertifikācijas prasībām CELEM C65B3 datu drošības lapā deklarētās vielas nav iekļautas Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. CELEM C65B3 sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un pēc to lietošanas neuzkrājas barības ķēdē. CELEM C65B3 neatbilst noturīgu, bioakumulējošu, toksisku (PBT) un ļoti noturīgu-ļoti bioakumulējošu (vPvB) ķīmisko savienojumu kritērijiem saskaņā ar REACH regulas (regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu. Tomēr CELEM C65B3 jāklasificē atbilstoši regulai 1272/2008/EK (CLP) kā kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām (H412).

**Secinājums:** nav paredzams, ka CELEM C65B3 pie ražotāja noteiktajām lietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā atstās būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                                                   | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Riska samazināšanas stratēģijas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vides             | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                       | Nav informācijas par būtisku ietekmi vai kritisku bīstamību: nav noturīgs augsne, neatbilst PBT un vPvB ķīmisko savienojumu kritērijiem saskaņā ar REACH regulas (regula (EK) Nr. 1907/2006) XIII pielikumu.                                                                                                                                                                  | CELEM C65B3 un tam līdzīgu produktu izmantošana meža autoceļu atputekļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 (skat. 1.1.4., 1.3.3. apakšnodalu) prasības, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                                           | CELEM C65B3 klasificējams kā kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām (H412). Tomēr, pateicoties zemajai mobilitātei, produkta nonākšana saskarē ar ūdenstilpēm mazticama. Paredzams, ka emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bet bitumena fāze sacietēs.                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)                                                | Nav informācijas par būtisku ietekmi: viegli gaistošās bitumena frakcijas rada raksturīgu bitumena smaržu, it īpaši apstrādes laikā. Sērūdeņraža izdalīšanās un uzkrāšanās lielākoties iespējama produkta sagatavošanas un aprikojuma tīrīšanas laikā. Citādi ietekme pozitīva, jo izmantošanas gadījumā samazinās putekļu koncentrācija gaisā (tostarp gan PM10, gan PM2,5). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ārpusmērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: produkts netiek klasificēts kā bioakumulējošs mutagēns, kancerogēns, reprodukciju ietekmējošs vai endokrīno sistēmu sagraujošs.                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Nekoksnes produkti                                                                            | Nav attiecināms.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                          | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās CELEM C65B3 lietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)                                                         | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Izmainīsies ceļa seguma dabiskā krāsa un fizikālās īpašības.                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvēstrācija, tūrisms)                      | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nonākot saskarē ar augsni, emulsija sadalīsies un bitumena fāze paliks uz augsnes virsmas. Nonākot kontaktā ar ūdenstilpēm, sagaidāms, ka bitumena emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bet bitumena fāze sacietēs.                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



**1.22. tabula turpinājums. CELEM C65B3** (SIA "Ceļu emulsija-HL") sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 36]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sociālie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                                                                                        | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL lietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.                                                                                                                                                                                                                                                         | CELEM C65B3 un tam līdzīgu produktu izmantošana meža autoceļu atputeļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, Latvijas ceļu specifikāciju 2019 un Meža autoceļu ikdienas uzturēšanas specifikācijas Nr. 32 prasības, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Veselība (auglība, reproduktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav informācijas par CELEM C65B3 būtisku mutagēnu vai kancerogēnu iedarbību, toksisku ietekmi reprodukcijai<br>Ir ziņas par bitumena emulsiju endokrīno sistēmu ietekmējošu iedarbību. Darbiniekiem, kas strādā ar CELEM C65B3, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un CELEM C65B3 datu drošības lapās norādītās prasības. Ir noteiktas arodekspozīcijas robežvērtības sērūdeņraža izgarojumiem.<br>Nav sagaidāma negatīva ietekme uz atputeļoto vietu izmantotājiem. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Labklājība                                                                                                                                                    | Nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme uz augsni, gruntsūdeņiem un tuvumā esošajiem ūdens baseiniem bitumena frakciju zemās mobilitātes dēļ, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks būtiski negatīvi ietekmēta.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pārtika un ūdens                                                                                                                                              | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra)                                                                                    | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                                                                                                         | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiesības                                                                                                                                                      | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: CELEM C65B3 un tam līdzīgu produktu izmantošana paredzētajā koncentrācijā diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām un to izmantošana LVM meža autoceļu atputeļošanā nav aizliegta, tomēr saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu pēc iespējas priekšroka būtu jādod videi draudzīgākiem atputeļošanas risinājumiem. |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

var ietekmēt klasifikāciju, virs koncentrācijām, pie kurām tās ir jāuzrāda. Normālos uzglabāšanas un lietošanas apstākļos bitumena emulsija ir stabila, inerta, nav sagaidāma bīstamu ķīmisku reakciju norise un bīstamu noārdīšanās produktu veidošanās. Atputeļošanas laikā vai produktam nonākot saskarē ar augsni emulsija sadalīsies un bituma fāze paliks uz augsnes virsmas, mazinot putekļu veidošanās iespēju. Nonākot saskarē ar ūdeni, emulsija izkliedēsies pa virsmu un tiks atšķaidīta, bituma fāze sacietēs. Lai novērstu negatīvu ietekmi uz veselību, darbā ar bitumena emulsijas AL jāizmanto piemēroti personīgās aizsardzības līdzekļi: drošības brilles vai sejas aizsargs (ja pastāv bažas par šļakatu veidošanos), pilna sejas maska ar atbilstošu filtru (ja pastāv risks ieelpot bitumena emulsijas tvaikus, kā arī darbojoties vietās, kur iespējama sērūdeņraža izdalīšanās), aizsargķivere ar integrētu pilnu sejas sejsegu un kakla aizsardzību (iekraušanas/izkraušanas operācijās), nitrila gumijas darba cimdi (ja paredzams darbs ar ķīmikālijām); nepieciešamības gadījumā cimdiem jābūt izturīgiem pret karstumu un ar termisko izolāciju, atbilstošs aizsargtērps un aizsargapavi.

SIA “Ceļu emulsija-HL” ražotās bitumena emulsijas *AL CELEM C65B3* atbilstība *FSC* sertifikācijas sistēmas un *PEFC* sertifikācijas prasībām apkopota 1.22. tabulā.

### 1.3.2.3. Lignosulfonāti

*Borregaard* ražotā *Dustex* lignosulfonāta ūdens šķīduma specifikācija dota 1.23. tabulā.

**1.23. tabula.** Lignosulfonāta *Dustex* (*Borregaard*) specifikācija [37]

| Materiāls                                | Īpatsvars, % |
|------------------------------------------|--------------|
| Ca lignosulfonāta sausna (CAS 8061-52-7) | 51           |
| Ūdens                                    | 49           |

*Dustex* drošības datu lapā norādīts, ka nav nepieciešamas specifiskas prasības darbā ar lignosulfonāta AL. Darbā ir jāizvairās no kontakta ar ādu un acīm, izmantojot atbilstošus personīgās aizsardzības līdzekļus (aizsargbrilles, darba apģērbus, cimdus). Glabāšanas aprikojums jānodrošina ar iespējamo noplūdes gadījumu kontroli, lai laikus būtu iespējama noplūžu savākšana. No ķīmisko īpašību viedokļa *Dustex* lignosulfonāts ir inerts, ķīmiski stabils materiāls, bīstamas ķīmiskās reakcijas, tāpat kā bīstami reakciju produkti nav zināmi. *Dustex* lignosulfonāts nav savietojams ar stipriem oksidētājiem. Attiecībā pret akūtu toksiskumu ieelpojot vai norijot, acu un ādas kairināšanu, kā arī kancerogēnajām īpašībām produkts nav jāklasificē. Nav zināmi arī *Dustex* negatīvi iedarbības efekti uz šūnu mutagēniskumu, elpceļu un ādas jutīguma palielināšanu, acu kairinājumu. Minēts, ka AL sastāvā ietilpstošā aktīvā viela – kalcija lignosulfonāts – neatstāj negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. *Dustex* lignosulfonāts ir daļēji bionoārdošs, ūdenī šķīstošs, pilnībā sajucas ar augsni, nav bioakumulējošs, nesatur kaitīgus piemaisījumus, kā arī neuzrāda cita veida nelabvēlīgu/kaitīgu iedarbību.

Svarīgi atzīmēt, ka *Borregaard* atputeķļošanas līdzeklis *Dustex* saņemis ilgtspēju apliecināšanu produkta vides deklarāciju (EPD) saskaņā ar ISO 14025 “ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION in accordance with ISO 14025 Lignosulfonate liquid NEPD-2974-1657-EN”, kura ir spēkā no 2021. līdz 2026. gadam. Deklarācija attiecas uz ietekmes uz vidi novērtējumu 1000 kg lignosulfonāta sausnai, iekļaujot transportēšanu līdz patērētājam. Vienlaikus jāatzīmē, ka *Borregaard* saņemis *PEFC* un *FSC* sertifikātus, kas apliecina, ka to produkti, tostarp arī lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļi, tiek iegūti no ilgtspējīgi apsaimniekotiem mežiem.

*Borregaard* ražotā lignosulfonāta AL *Dustex* atbilstība *FSC* sertifikācijas sistēmas un *PEFC* sertifikācijas prasībām apkopota 1.24. tabulā.



### 1.24. tabula. Dustex 50 sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 37]

**Atputeķļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** Dustex 50 / Borregaard

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7).

**Piegādes forma:**

- a) pulveris (95 %);
- b) ūdens šķīdums (~50 %).

**Sagatavošana:** noteiktas koncentrācijas šķīdums – pēc nepieciešamības, kuru var sagatavot no pulvera vai ~50 % ūdens šķīduma, samaisīšanos optimālā gadījumā nodrošinot ar recirkulācijas sūkni (skat. 1.1.3., 1.1.4. apakšnodaļu).

**Lietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības** (skat. 1.1.3., 1.1.4. apakšnodaļu).

- a) Izmidzinot uz ceļa seguma virsmas ≤15 % ūdens šķīduma veidā:
  - i) pirmreizējo apstrādi vēlams veikt īsi pēc lietus, kad augsne ir mitra, vai arī ceļa seguma virsma ir viegli jāsamitrina ar ūdeni (ūdens deva – 0,5 l/m<sup>2</sup>),
  - ii) apstrādi turpina vairākos paņēmienos, kamēr tiek sasniegta vēlāmā deva (piem., 1–2 kg/m<sup>2</sup>),
  - iii) ilgtermiņa lietojuma rekomendācijas apstrādes devas (piemēram, 1. gads – 1 kg/m<sup>2</sup> ar ikmēneša atjaunināšanu – ±0,150 kg/m<sup>2</sup>; 2. gads – 0,75 kg/m<sup>2</sup> ar atjaunināšanu katru otro mēnesi – ±0,150 kg/m<sup>2</sup>; 3. gads – 0,5 kg/m<sup>2</sup> ar atjaunināšanu katru trešo mēnesi – ±0,150 kg/m<sup>2</sup>).
- b) Iestrādājot ceļa seguma virskārtā šķīduma veidā:
  - i) pirmajā reizē 2–4 paņēmienos iestrādājot 85 % no paredzamā AL šķīduma daudzuma,
  - ii) pēc optimālā mitruma sasniegšanas formējot ceļu nepieciešamajā augstumā un sablīvējot,
  - iii) otrajā apstrādes reizē iestrādājot atlikušos 15 %, kamēr ceļa virskārta vēl mitra.

**AL ķīmiskais sastāvs:** AL aktīvais komponents, proti, kalcija lignosulfonāts, nav iekļauts **FSC sertifikācijas sistēmas** aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši **PEFC sertifikācijas prasībām**, kalcija lignosulfonāts nav iekļauts Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (PCB) un poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA "Vides audits" laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka PCB <0,02 mg/kg, bet PAH = 0,31mg/kg) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē (PAH <1 mg/kg, bet PCB <0,02 mg/kg), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piemēram, PAH gadījumā 17 mg/kg mulčas plēvei un nolietoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai PCB gadījumā (50 mg/kg regula 2019/1021)).

**Secinājums:** Dustex 50 ir videi draudzīgs, bioloģiski noārdāms AL, kas pie ražotāja noteiktajām lietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu vai ilgstošu lietau izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām nav sagaidāma. Līdz ar to Dustex 50 izmantošana nav pretrunā ar mežu apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī ar spēkā esošajiem ES normatīvajiem aktiem attiecībā uz PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                                                   | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Riska samazināšanas stratēģijas                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vides             | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                       | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav noturīgs augsnē (bionoārdāms), sadalīšanās pusperiods augsnē – aptuveni gads.                                                                                                                                                                                                                        | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālās noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3. apakšnodaļu). |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                                           | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē, ir bionoārdāms, nav bioakumulējošs, lietojot atputeķļošanai darba koncentrācijās (līdz 15 % šķīdumam), bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošanās ūdenstilpēs mazticama. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)                                                | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan PM10, gan PM2,5).                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ārpusmērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai (1000 mg/kg dienā (augstākā testētā deva)), nav endokrīno sistēmu sagrauģošs.                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Nekoksnes produkti                                                                            | Kritērija izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonāti ir iegūti koksnes pārstrādes procesos un, izmantojot tos kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabiskajā vidē.                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                          | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)                                                         | Nav informācijas par būtisku ietekmi: mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku.                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvēstrācija, tūrisms)                      | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas devām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrisma.                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**1.24. tabulas turpinājums.** *Dustex 50* sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 37]

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sociālie                                                                                                                                                                                                                                                          | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                                                                                        | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.                                                                               | AL izmantošana meža autoceļu atpūtkļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Veselība (auglība, reprodūktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Atpūtkļauto vietu izmantotājiem nav sagaidāma negatīva ietekme. Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Labklājība                                                                                                                                                    | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eitrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Pārtika un ūdens                                                                                                                                              | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra)                                                                                    | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                                                                                                         | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | Tiesības                                                                                                                                                      | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: <i>Dustex 50 Borregaard</i> AL izmantošana ražotāja noteikto koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, un AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atpūtkļošanā, ja tas būs nepieciešams. |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                            |

Savukārt uzņēmuma *Sappi Limited* ražotie lignosulfonāti tiek piedāvāti pulvera *Lignex 201* un jau sagatavota šķīduma *Lignex 101* veidā. To specifikācijas dotas 1.25. tabulā.

Ievērojot, ka *Sappi Limited* priekšizpētei par velti piešķīra nepieciešamo *Lignex 201* pulvera daudzumu, turpmākā analīze veikta tikai *Lignex 201*. *Lignex 201* drošības datu lapā norādīts, ka produkts nav jāklasificē saskaņā ar vielu un maisījumu klasificēšanas, marķēšanas un iepakojšanas (CLP) regulu. Nav konstatēta savienojuma bīstamība, līdz ar to noturīgu, bioloģiski akumulatīvu un toksisku (PBT), kā arī ļoti noturīgu un bioloģiski ļoti akumulatīvu (vPvB) vielu klātbūtne nav noteikta. Uzglabāšanā jāizvairās no putekļu uzkrāšanās, kas var veidot

**1.25. tabula.** *Sappi* lignosulfonātu *Lignex 101* un *Lignex 201* specifikācijas [38, 39]

| Materiāls                                                         | Sausnas īpatsvars, % |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Nātrija lignosulfonāta šķīdums <i>Lignex 101</i> (CAS 8061-51-6)  | 45                   |
| Nātrija lignosulfonāta pulveris <i>Lignex 201</i> (CAS 8061-51-6) | 93                   |

**1.26. tabula.** *Lignex 201 (Sappi)* sociālais un vides izvērtējums un tā atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 38, 39]

**Atputeķļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** *Lignex 201 / Sappi*

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir nātrija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-6).

**Piegādes forma:**

- a) pulveris (93 %);
- b) ūdens šķīdums (40–55 %).

**Sagatavošana (skat. 1.1.3., 1.1.4. apakšnodaļu):**

- a) 10 % šķīdums;
- b) 20 % šķīdums;
- c) cita šķīduma koncentrācija – pēc nepieciešamības.

**Lietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības (skat. 1.1.3., 1.1.4. apakšnodaļu):**

- a) izsmidzinot 10 % vai 20 % ūdens šķīduma veidā (ieteicams pirms iestrādes ceļa seguma virsmu viegli samitrināt);
  - i) pirmā iestrādes reizē devas robežās no 1 l/m<sup>2</sup> līdz 2 l/m<sup>2</sup> ieteicams vairākos paņēmienos,
  - ii) atkārtotajās iestrādes reizēs devas robežās līdz 0,5 l/m<sup>2</sup> ieteicams vairākos paņēmienos, iestrādātajai AL koncentrācijai kopumā nepārsniedzot 3 l/m<sup>2</sup>;
- b) iestrādājot ceļa seguma virskārtā;
  - i) pirmajā uznešanas reizē ar iestrādes devu 3 l/m<sup>2</sup> – vairākos paņēmienos;
  - ii) pēc optimālā mitruma sasniegšanas formējot ceļu nepieciešamajā augstumā un sablīvējot,
  - iii) otrajā uzklāšanas reizē ar iestrādes devu 1 l/m<sup>2</sup>, lai iestrādātā AL koncentrācija nepārsniegtu 4 l/m<sup>2</sup>.

**AL ķīmiskais sastāvs: atbilstoši FSC pesticīdu politikai FSC-POL-30-001a EN**, AL sastāvā esošā aktīvā viela – nātrija lignosulfonāts – nav iekļauta FSC sertifikācijas sistēmas aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši PEFC sertifikācijas prasībām nātrija lignosulfonāts nav iekļauts Pasaules Veselības organizācijas (WHO) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. AL sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (PCB) un poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA "Vides audits" laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka PCB < 0,02 mg/kg, bet PAH = 0,31 mg/kg) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē (PAH < 1 mg/kg, bet PCB < 0,02 mg/kg), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piemēram, PAH gadījumā 17 mg/kg mulčas plēvei un noliecoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai PCB gadījumā 50 mg/kg (regula 2019/1021)).

**Secinājums:** *Lignex 201* ir videi draudzīgs AL un bioloģiski noārdās, kas pie ražotāja noteiktajām lietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāzu un ilgstošu lietau izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām ir mazticama. Attiecīgi *Lignex 201* izmantošana nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī spēkā esošajiem ES normatīvajiem aktiem attiecībā uz PCB un PHB maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                                                   | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Riska samazināšanas stratēģijas                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vide              | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                       | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka AL nav noturīgs augsnē (bionoārdās), sadalīšanās laiks augsnē – aptuveni gads.                                                                                                                                                                                                                                                            | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3. apakšnodaļu). |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                                           | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma būtiska ietekme, jo AL nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē un bionoārdās, nav bioakumulējošs, lietojot atputeķļošanai darba koncentrācijās (līdz 20 % šķīdumam), bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošās ūdenstilpēs mazticama. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)                                                | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan PM10, gan PM2,5).                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ārpusmērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma būtiska negatīva ietekme: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai (1000 mg/kg dienā (augstākā testētā doza)), nav endokrīno sistēmu sagraujošs.                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Nekoksnes produkti                                                                            | Ietekmes elementa izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonātus iegūst koksnēs ķīmiskās pārstrādes procesā un, tos izmantojot kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabīgajā vidē.                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                          | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)                                                         | Mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku – vizuālo pievilcību.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                   | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvestrācija, tūrisms)                      | Esošā pieredze rāda, ka nav būtiskas ietekmes: pie plānotajām izmantošanas devām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrismu.                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**1.26. tabulas turpinājums.** *Lignex 201 (Sappi)* sociālais un vides izvērtējums un tā atbilstība meža apsaimniekošanas standartu prasībām [13, 17, 18, 38, 39]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sociālie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                                                                                        | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL lietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.                                                                                | AL izmantošana meža autoceļu atputeļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Veselība (auglība, reprodūktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav sagaidāma negatīva ietekme, ja darbinieki, kas strādā ar AL, ievēro vispārējos darba drošības pasākumus un AL datu drošības lapās norādītās prasības.                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Labklājība, vides kvalitāte                                                                                                                                   | Esošā pieredze un pētījumi rāda, ka nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eutrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pārtika un ūdens                                                                                                                                              | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Cits                                                                                                                                                          | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtnē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                                                                                                         | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, jo samazināsies putekļu daudzums gaisā, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.                                                |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiesības                                                                                                                                                      | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: <i>Lignex 201 / Sappi</i> AL izmantošana ražotāju noteikto koncentrāciju diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī vietējiem un starptautiskajiem normatīvajiem aktiem. AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atputeļošanā, ja tas būs nepieciešams. |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                            |

eksplozīvus maisījumus ar gaisu, kā arī jānodrošina laba ventilācija; jāizvairās uzglabāt kopā ar stipriem oksidācijas aģentiem, ar kuriem var notikt spēcīga ķīmiskā reakcija, kā arī uzglabāt mitrā vidē. *Sappi* lignosulfonātam nav noteikta tādu materiālu piemaisījumu klātbūtne, kuru vērtības darba vidē būtu jāmonitorē. Darbiniekiem jāizmanto standarta personīgie aizsardzības līdzekļi: cimdi, aizsargbrilles, darba aizsargtērps. *Sappi* lignosulfonāts *Lignex 201* ir brūnas krāsas pulveris ar raksturīgu smaržu (smaržas sliekšņa koncentrācija nav noteikta), pH vērtību 5–10 (10 % šķīdumam), tilpumblīvumu 600 kg/m<sup>3</sup>. Produkts ir inerts un stabils paredzētajos izmantošanas apstākļos: nenotiek tā ķīmiskā sadalīšanās, nav informācijas par bīstamām ķīmiskajām reakcijām un bīstamu reakcijas produktu veidošanos. Produkts nav jāklasificē ne pēc viena no toksikoloģiskajiem rādītājiem: tas nav akūti toksisks, nav ādu un acis kairinošs, nav elpceļus kairinošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, tam nepiemīt specifiska orgāna mērķa toksicitāte (*STOT SE*), tas neuzrāda aspirācijas bīstamību. *Sappi Lignex 201* Na lignosulfonāts netiek klasificēts ne pēc viena no ekoloģiskajiem rādītājiem, jo tas ir bionārdrošs, nav noturīgs, neuzrāda akūtu toksiskumu ūdens vidē.

**1.27. tabula.** Pulverveidīgo lignosulfonātu *OLDI* (KU SIA "OLDI") sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas prasībām [13, 17, 18, 40]

**Atputekļošanas līdzekļa (AL) nosaukums/ražotājs:** pulverveidīgie lignosulfonāti / *OLDI*

**Aktīvā viela:** aktīvā viela ir kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7)

**Piegādes forma:** pulveris (75,3 %)

**Sagatavošana:** noteiktas koncentrācijas šķīdums – pēc nepieciešamības (skat. 1.1.3., 1.1.4. apakšnodaļu)

**Lietošanas metode un iestrādātā AL koncentrācijas robežvērtības (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.1. apakšnodaļu):**

- parasti sākotnēji tiek pagatavots ≈ 50 % bāzes šķīdums (labākai lignosulfonāta izšķīdināšanai, samaisīšana veicama 40–50 °C temperatūrā);
- izsmidzinot lietotājam parocīgas koncentrācijas ūdens šķīduma veidā;
- iestrādājot ceļa seguma virskārtā lietotājam parocīgas koncentrācijas ūdens šķīduma veidā.

**AL ķīmiskais sastāvs:** kalcija lignosulfonāts nav iekļauts **FSC sertifikācijas sistēmas** aizliegto, īpaši ierobežoto un ierobežoto vielu sarakstā. Atbilstoši **PEFC sertifikācijas** sistēmas prasībām, kalcija lignosulfonāts nav iekļauts Pasaules Veselības organizācijas (*WHO*) 1A un 1B tipa aizliegto vielu sarakstā. Sadalīšanās produkti nav bioloģiski aktīvi un neuzkrājas barības ķēdē pēc to lietošanas. Šo vielu lietošanu neaizliedz vietējie un starptautiskie normatīvie akti. AL sastāvā konstatētā polihlorēto bifenilu (*PCB*) un poliaromātisko ogļūdeņražu (*PAH*) klātbūtne (atbilstoši akreditētās SIA "Vides audits" laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka *PCB* < 0,02 mg/kg, bet *PAH* = 0,31mg/kg) ir zem MK noteikumu Nr. 804 maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām augsnē (*PAH*<1 mg/kg, bet *PCB*<0,02 mg/kg), kā arī ES noteiktajām maksimāli pieļaujamās koncentrācijas robežām dažādos produktos (piemēram, *PAH* gadījumā 17 mg/kg mulčas plēvei un nolietoto riepu granulām (ES regula 2021/1199) vai *PCB* gadījumā – 50 mg/kg (regula 2019/1021)).

**Secinājums:** *OLDI* pulverveidīgie lignosulfonāti ir videi draudzīgs bioloģiski noārdāms AL, kas pie ražotāja noteiktajām lietojuma koncentrācijām un darba drošības prasību ievērošanas iestrādes laikā īstermiņā un ilgtermiņā neatstāj būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi. Lietusgāžu un ilgstošu lietu izraisītās izskalošanās gadījumā būtiska ietekme uz tuvumā esošo ūdenstilpju pH līmeņa un BSP izmaiņām nav sagaidāma. Attiecīgi *OLDI* pulverveidīgo lignosulfonātu izmantošana nav pretrunā ar mežu apsaimniekošanas standartu prasībām, kā arī spēkā esošajiem ES normatīvajiem aktiem attiecībā uz *PCB* un *PHB* maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām.

| Ietekmes elementi | Minimālā ietekmes elementu komponentu rinda                                                   | Riska apraksts (kāpēc ir/nav risks)                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Riska samazināšanas stratēģijas                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vides             | Augsne (erozija, degradācija, biota, oglekļa uztveršana un uzglabāšana)                       | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav noturīgs augsnē (bionoārdās), sadalīšanās laiks augsnē – aptuveni gads.                                                                                                                                                                                                             | AL izmantošana meža autoceļu atputeļošanai nerada būtiskus draudus apkārtējās vides stāvoklim un cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā (skat. 1.1.3., 1.1.4., 1.3.3. apakšnodaļu). |
|                   | Ūdens (gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, ūdens piegāde)                                           | Nav informācijas par būtisku ietekmi: nav toksisks ūdens organismiem, nav noturīgs augsnē, bionoārdās, nav bioakumulējošs, lietojot atputeļošanai piemērotās darba koncentrācijās, bioloģiskā skābekļa patēriņa (BSP) būtiska palielināšanās vai vides skābuma (pH) būtiska samazināšanās apkārtesošās ūdenstilpēs mazticama. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Atmosfēra (gaisa kvalitāte, siltumnīcas gāzes)                                                | Nav informācijas par būtisku ietekmi: raksturīga smarža. Ietekme pozitīva: darbojoties kā AL, samazina putekļu koncentrāciju gaisā (tostarp gan <i>PM10</i> , gan <i>PM2,5</i> ).                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Ārpusmērķa sugas (veģetācija, savvaļas dzīvnieki, bites un citi apputeksnētāji, mājdzīvnieki) | Nav informācijas par būtisku negatīvu ietekmi: nav bioakumulējošs, nav mutagēns, nav kancerogēns, nav toksisks reprodukcijai, nav endokrīno sistēmu sagraužošs.                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Nekoksnes produkti                                                                            | Kritērija izpilde tiek veicināta, jo lignosulfonāti ir iegūti koksnes pārstrādes procesos un, tos izmantojot kā AL, lignīns tiek atgriezts atpakaļ tā dabiskajā vidē.                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Ekoloģiski nozīmīgas (īpaši saglabājamās) meža un nemeža teritorijas                          | Ekoloģiski nozīmīgās meža un nemeža teritorijās AL lietošanas nepieciešamība un ietekme ir jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katras teritorijas augstvērtīgās vērtības.                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Ainava (estētika, kumulatīvā ietekme)                                                         | Nav informācijas par būtisku ietekmi: mainās ceļa seguma krāsa, kas var ietekmēt estētiku.                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Ekosistēmas, pakalpojumi (ūdens, augsne, oglekļa sekvēstrācija, tūrisms)                      | Nav informācijas par būtisku ietekmi: pie plānotajām izmantošanas dozām pH būtiska samazināšanās un BSP būtiska palielināšanās mazticama, mainās ceļa seguma krāsa, kas, iespējams, var nebūtiski ietekmēt estētiku un tūrismu.                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**1.27. tabulas turpinājums.** Pulverveidīgo lignosulfonātu *OLDI* (KU SIA "OLDI") sociālais un vides izvērtējums un to atbilstība meža apsaimniekošanas prasībām [13, 17, 18, 40]

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sociālie                                                                                                                                                                                                                                                            | Teritorijas ar sociālo nozīmi, t. sk. kultūrvēsturiskās un rekreācijas                                                                                        | Katrai sociāli nozīmīgai teritorijai AL ietošanas nepieciešamība un ietekme jāvērtē atsevišķi, ņemot vērā katrā teritorijā sastopamās vērtības. Sociāli nozīmīgās teritorijās AL lietošanas rezultātā samazināts putekļu daudzums atstāj pozitīvu ietekmi.                                                                                   | AL izmantošana meža autoceļu atputeķļošanai nerada būtiskus draudus cilvēka veselībai, ja tiek ievērotas ražotāja noteiktās AL izmantošanas instrukcijas, kā arī AL datu lapās norādītās prasības, kurās iekļauta arī rīcība potenciālas noplūdes gadījumā. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Veselība (auglība, reproduktīvā veselība, elpceļu veselība, dermatoloģiskās, neiroloģiskās un gastroenteroloģiskās problēmas, vēzis un hormonālie traucējumi) | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Atputeķļoto vietu izmantotājiem nav sagaidāma negatīva ietekme. Darbiniekiem, kas strādā ar AL, jāievēro vispārējie darba drošības pasākumi un AL datu drošības lapās norādītās prasības.                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Labklājība                                                                                                                                                    | Nav informācijas par būtisku ietekmi. Nav sagaidāma negatīva ietekme uz augsnes, gruntsūdeņu un tuvumā esošo ūdens baseinu paskābināšanos, kā arī potenciālo ūdens ņemšanas vietu (tostarp aku) ūdens paskābināšanos, kā arī eitrofikācijas procesu intensificēšanos, līdz ar to sagaidāms, ka cilvēku labklājība netiks negatīvi ietekmēta. |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Pārtika un ūdens                                                                                                                                              | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo pārtikas un ūdens avotu kvalitāti. AL līdzekļu izmantošanas rezultātā sagaidāma putekļu daudzuma samazināšanās, kas pozitīvi ietekmēs pārtikas un ūdens kvalitāti.                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sociālā infrastruktūra (skolas un slimnīcas, atveseļošanas infrastruktūra)                                                                                    | Nav sagaidāma negatīva ietekme uz apkārtņē esošo sociālo infrastruktūru. Sagaidāms, ka uzlabosies gaisa kvalitāte, kas pozitīvi ietekmēs sabiedrības veselību.                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ekonomiskā dzīvotspēja (agronomija, mājlopi, tūrisms)                                                                                                         | Samazinoties putekļu daudzumam gaisā, pozitīvi tiks ietekmēta agronomija/lauksaimniecība, mājlopu veselība un, iespējams, arī produktivitāte, kā arī tūrisma iespējas, kas atsvērs iespējamo estētiskās vērtības samazinājumu ceļa seguma krāsas izmaiņas gadījumā.                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Tiesības                                                                                                                                                      | Nav sagaidāms, ka sabiedrības tiesības tiks ierobežotas. Samazinoties putekļu daudzumam, tiks uzlabotas sabiedrības tiesības uz augstāku dzīves kvalitāti.                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Slēdziens/secinājums un skaidrojums: pulverveidīgo lignosulfonātu / OLDI AL izmantošana paredzētajā koncentrācijā diapazonā nav pretrunā ar meža apsaimniekošanas standartu prasībām un AL ir izmantojams LVM meža autoceļu atputeķļošanā, ja tas būs nepieciešams. |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |

*Sappi Limited* ražotā lignosulfonāta AL *Lignes 201* atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un *PEFC* sertifikācijas prasībām apkopota 1.26. tabulā.

KU SIA "OLDI" ražotā tehniskā lignosulfonāta AL atbilstība FSC sertifikācijas sistēmas un *PEFC* sertifikācijas prasībām apkopota 1.27. tabulā.

### 1.3.3. Valsts vides dienesta prasības un Latvijas normatīvo aktu analīze par atputeķļošanas līdzekļu paredzamo ietekmi uz vidi

Lai pārliecinātos par Latvijas normatīvo aktu prasībām attiecībā uz atputeķļošanas līdzekļu izmantošanu, veicams izvērtējums, vai normatīvie akti nosaka, ka atputeķļošanas līdzekļu



izmantošanai nepieciešami saskaņojumi no vidi uzraugošām institūcijām.

Latvijā nepieciešamību veikt ietekmes uz vidi novērtējumu nosaka likumi “Par piesārņojumu” un „Par ietekmes uz vidi novērtējumu”, kā arī MK noteikumi Nr. 1082 “Kārtība, kādā piesa-  
kāmas A, B un C kategorijas piesārņojošas darbības un izsniedza-  
mas atļaujas A un B kategorijas piesārņojošo darbību veikšanai”. Šajā sakarā pirms plānotās darbības (ši LVM pasūtītā pētījuma ietvaros – grants ceļu atputeķļošanas) uzsākšanas Valsts vides dienests piedāvā digitāli saņemt informāciju (izzini) par to, vai plānotajai darbībai saskaņā ar normatīvajiem aktiem ir nepiecie-  
šams:

- ietekmes uz vidi novērtējums;
- ietekmes uz vidi sākotnējais izvērtējums vai
- tehniskie noteikumi.

Paredzētās darbības ietekmes uz vidi sākotnējais izvērtē-  
jums nepieciešams, lai objektīvi izvērtētu paredzamās darbības iespējamo ietekmi uz vidi, dabu un cilvēku veselību un lemtu par ietekmes novērtējuma piemērošanu – tehnisko noteikumu izsniegšanu vai ietekmes uz vidi novērtējuma piemērošanu. Teh-  
niskie noteikumi ir nepieciešami darbībām, kurām pēc sākotnējā izvērtējuma veikšanas nav nepieciešams ietekmes uz vidi novēr-  
tējums saskaņā ar likumu “Par ietekmes uz vidi novērtējumu”, vai arī darbībām, kuras minētas MK 2015. gada 27. noteikumu Nr. 30 “Kārtība, kādā Valsts vides dienests izdod tehniskos noteikumus paredzētajai darbībai” pielikumā. Citi vispārīgie normatīvie akti, kuri jāņem vērā, veicot ietekmes uz vidi novērtējumu, un kuri var būt aktuāli arī meža autoceļu atputeķļošanas kontekstā, ir Aiz-  
sargjoslu likums, aktuālie MK noteikumi “Noteikumi par valsts nodevu par paredzētās darbības ietekmes uz vidi sākotnējo izvērtējumu” (šobrīd Ministru kabineta noteikumi Nr. 689), MK noteikumi Nr. 300 “Kārtība, kādā novērtējama ietekme uz Eiropas nozīmes īpaši aizsargājamo dabas teritoriju (Natura 2000)” un MK noteikumi Nr. 18 “Kārtība, kādā novērtē paredzētās darbības ietekmi uz vidi un akceptē paredzēto darbību”.

Attiecībā uz AL izmantošanu netika atrasta informācija par unificētām atbilstības prasībām. Konkrētā AL izvēli un darbības efektivitāti lielā mērā nosaka lietojuma vietas ceļu infrastruk-  
tūra, ģeoloģiskie apstākļi, klimatiskie apstākļi, apkārtesošie ūdens resursi, biotopu un dzīvo būvju sugu bioloģiskā daudzvei-  
dība, kā arī tuvumā esošie sociālekonomiskās un kultūrvēsturis-  
kas nozīmes objekti. Līdz ar to AL izvēle lielā mērā ir atkarīga no tā ķīmiskās dabas un potenciālās mijiedarbības ar apkārtējo vidi.

#### 1.3.3.1. Ietekme uz cilvēka veselību

Ietekme uz cilvēka veselību ir atkarīga no AL sastāvā esošo komponentu koncentrācijas un toksikoloģijas. Potenciāla AL ietekme uz cilvēka veselību iespējama, AL šķīdumu pagatavojot un transportējot, kā arī AL noplūdes gadījumā. Latvijā izstrādāti

MK noteikumi Nr. 325 "Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskajām vielām darba vietās", kuros ir noteiktas arodekspozīcijas maksimālās vērtības noteiktiem ķīmiskajiem savienojumiem.

Kā minēts SIA "Vincent's Polyline" izplatītā *CC Road* drošības datu lapā AL aktīvā viela ir  $\text{CaCl}_2$  (CAS numurs (CAS 8061-51-7)), bet kā blakusprodukts ir kalcija hidroksīds ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), kura koncentrācija ir zem 1 % (CAS numurs (CAS 1305-62-0)). Līdz ar to darba devējam vietā, kurā notiek AL šķīduma pagatavošana, jānodrošina laba ventilācija, lai netiku pārsniegtas astoņu stundu arodekspozīcijas robežvērtības  $\text{CaCl}_2$  – 2 mg/m<sup>3</sup>. Vienlaikus darbiniekiem, kuri strādā pie *CC Road* AL šķīdumu pagatavošanas no sausa maisījuma, jāievēro visi nepieciešamie personīgās drošības pasākumi, kas attiecas uz darbu ar  $\text{CaCl}_2$ , tostarp jālieto respirators ar atbilstošu filtru, neoprēna (hloroprēna) vai nitrila gumijas cimdi, piemēroti acu aizsargi. Kalcija hlorīds var kairināt barības vadu un kuņģi, var izraisīt balsenes un rīkles gļotādas kairinājumu un nepatīkamu sajūtu mutē jau pēc pirmajām ieelpošanas reizēm, ja putekļu koncentrācija ir liela.  $\text{CaCl}_2$  tiek klasificēts kā kairinošs acīm (otrā kategorija), tomēr tā ir lokāla iedarbība, un uzkrāšanās vai cita sistēmiska toksiska ietekme caur saskari ar acīm nav sagaidāma. Vienlaikus  $\text{CaCl}_2$  ilgstošā saskarē ar ādu var izraisīt iekaisumu vai ādas jutīgumu un dermatītu.

Kā minēts SIA "Ceļu emulsija-HL" produkta *CELEM C65B3* drošības datu lapā AL aktīvais komponents ir bitumens (65–69 % (CAS: 8052-42-4)) un alkildiamīnu atvasinājumi (kā virsmaktīvā viela), 0,06–0,25 % (CAS: 7173-62-8/68603-75-8). Bīstamākais komponents, kas potenciāli var veidoties darbā ar bitumena emulsiju, ir ūdeņraža sulfīds, kura astoņu stundu arodekspozīcijas robežvērtība ir 7 mg/m<sup>3</sup>. Līdz ar to darba devējam vietās, kur iespējama ūdeņraža sulfīda uzkrāšanās ir jānodrošina atbilstoša ventilācija. Šādās vietās darbiniekam jāizmanto piemēroti elpceļu aizsardzības līdzekļi: pilna sejas maska ar B tipa kasetni/filtru (pelēku – neorganiskiem tvaikiem, tostarp  $\text{H}_2\text{S}$ ) vai autonomie elpošanas aparāti (*SCBA*). Citos gadījumos darbiniekam jāvalkā drošības brilles, lai izvairītos no šķidrums šļakatām, miglas vai putekļiem. Iekraušanas un izkraušanas operācijās darbiniekam jāvalkā aizsargķiveri ar integrētu pilnu sejas sejsegu un kakla aizsardzību. Roku ādas aizsardzībai darbiniekiem jālieto ķīmiski izturīgi, necaurlaidīgi nitrila gumijas cimdi. Elļas izgarojumu vai tvaiku ieelpošana var izraisīt elpceļu kairinājumu. Vēss produkts var izraisīt apsārtumu un pārejošas sāpes pēc nokļūšanas acīs.

Savukārt izmantoto lignosulfonātu AL aktīvā viela ir vai nu kalcija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-7) (*Borregrrrd Dustex-50* vai KU SIA "OLDI" tehniskie lignosulfonāti) vai nātrija lignosulfonāts, CAS numurs (CAS 8061-51-6) (*Sappi Limited Lignex-201*). Ja tiek veikta AL šķīdumu pagatavošana, jāņem vērā standarta drošības pasākumi darbā ar pulverveidīgām vielām. Darba devējam jānodrošina laba ventilācija. Darbiniekam jālieto gumijas cimdi un aizsargbrilles.



### 1.3.3.2. Ietekme uz dzīvniekiem un bioloģisko daudzveidību

Ietekme uz bioloģisko daudzveidību ir atkarīga no AL veidojošo komponentu toksikoloģijas, kas nosaka ierobežojumus AL lietojumā. Ievērojot, ka Latvija ir ratificējusi ANO Konvenciju par bioloģisko daudzveidību, kā arī pieņēmusi likumus, tostarp “Par 1992. gada 5. jūnija Riodežaneiro Konvenciju par bioloģisko daudzveidību” un Sugu un biotopu aizsardzības likumu, lai ilgtermiņā nodrošinātu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu teritoriju apsaimniekošanā, tostarp arī ceļu infrastruktūras uzturēšanā, ir jāpiemēro ilgtspējīgas attīstības principi. Viens no šiem principiem paredz ekonomiskajās darbībās iespēju robežās izmantot ķīmiskos savienojumus, kas atstāj pēc iespējas mazāku ietekmi uz apkārtējo vidi. Īpaši aktuāli šos principus ir ievērot teritorijās, kurām ir noteikts mikrolieguma vai citas aizsargājamas teritorijas statuss, kas nereti var atrasties arī mežu autoceļu tuvumā. Līdz ar to, lai nodrošinātu Eiropas Zaļā kursa un Eiropas Savienības Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas 2030. gadam sekmīgu ieviešanu, no šajā pētījumā analizētajiem AL saskaņā ar pieejamo toksikoloģisko informāciju priekšroka būtu dodama lignosulfonātiem, jo tie ir videi draudzīgi un bioloģiski noārdās. Neorganisko sāļu, piemēram, kalcija hlorīda lietojamību ierobežo tā potenciālā korozivitāte, kā arī izsālījumu veidošanās, kas var pievilināt meža dzīvniekus ceļa braucamajai daļai, tādā veidā radot potenciālu apdraudējumu gan satiksmes drošībai, gan bioloģiskajai daudzveidībai. Savukārt bitumena emulsijas tiek klasificētas kā bīstamas ūdens organismiem, turklāt virsmaktīvās vielas nelielās koncentrācijās var saturēt savienojumus, kas videi var būt potenciāli bīstami. Tādējādi bitumena emulsiju lietojums atputeķļošanai rūpīgi jāapsver, it īpaši trauslos un jutīgos biotopos, pat zinot, ka, ievērojot produkta ražotāja lietojuma rekomendācijas, to nonākšana līdz ūdenstilpēm ir mazticama bitumena zemās mobilitātes dēļ. Jāņem vērā arī fakts, ka bitumena emulsijas tiek iegūtas no neatjaunojamajiem fosilajiem resursiem.

### 1.3.3.3. Ietekme uz blakusesošo zemi un augsni

MK „Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem” (noteikumi Nr. 804; prot. Nr. 61 25. §, 25.10.2005.) nosaka kvalitātes normatīvus augsnei un gruntij Latvijas teritorijā neatkarīgi no to izmantošanas veida. Noteikumos ir šādi augsnes un grunts kvalitātes normatīvi (A, B un C vērtības):

- mērķlielums, kas norāda maksimālo līmeni, kuru pārsniedzot, nevar nodrošināt ilgtspējīgu augsnes un grunts kvalitāti;
- piesardzības robežlielums, kas norāda maksimālo piesārņojuma līmeni, kuru pārsniedzot, iespējama negatīva

ietekme uz cilvēku veselību vai vidi, kā arī līmeni, kāds jāsasniedz pēc sanācijas;

- kritiskais robežlielums, kas norāda, ka, to sasniedzot vai pārsniedzot, augsnes un grunts funkcionālās īpašības ir nopietni traucētas vai piesārņojums tieši apdraud cilvēku veselību vai vidi.

Lai noteiktu grunts piesārņotības līmeni, ir jānosaka vielu koncentrācija augsnē un gruntī, izmantojot šādas paraugu sagatavošanas un testēšanas metodes smagajiem metāliem: LVS ISO 11466:1995, LVS ISO 11047:2003 un LVS 346:2005. Naftas produktu koncentrācijas noteikšanai izmanto paraugu sagatavošanas un testēšanas metodes, kuras lieto naftas produktiem ar koncentrāciju, kas mazāka par 1,0 mg/kg. Nosakot piesārņojuma koncentrāciju augsnē un gruntī, jāņem vērā augsnes un grunts granulometriskais sastāvs. Augsnes un grunts granulometriskā sastāva nosaka, ņemot vērā māla (<0,002 mm), putekļu (0,002–0,05 mm) un smilts (0,05–2,00 mm) daļiņu relatīvās attiecības augsnē un gruntī. Poliaromātisko ogļūdeņražu (*PAH*) piesārņojuma robežkoncentrācijas vidē, kura satur daļiņas intervālā 0,05–2,00 mm, saskaņā ar A, B un C piesārņojuma līmeņiem attiecīgi ir 1 mg/kg, 12 mg/kg un 40 mg/kg. Savukārt polihlorētajiem bifeniliem (*PCB*) piesārņojuma robežkoncentrācijas vidē, kura satur daļiņas intervālā 0,05–2,00 mm, saskaņā ar A, B un C piesārņojuma līmeņiem attiecīgi ir 0,02 mg/kg, 0,1 mg/kg un 1 mg/kg.

**Ievērojot, ka pētījumā analizētajos AL pēc to drošības datu lapās sniegtās informācijas nav sastopami šajā standartā minētie smagie metāli, kā arī *PCB* un *PHB* koncentrācijas ( $PCB < 0,02$  mg/kg un  $PAH = 0,31$  mg/kg) ir mazākas par noteiktajām robežvērtībām, nav sagaidāma negatīva analizēto AL ietekme uz blakusesošo augsni un zemi.**

#### 1.3.3.4. Ietekme uz gruntsūdeni un blakusesošajām ūdenstilpēm

Galvenais ES valstu, tostarp arī Latvijas, tiesiskais regulējums rīcībai ūdens politikas jomā ir ES Ūdens struktūrdirektīva 2000/60/EK. Atbilstoši šīs direktīvas stratēģijai un mērķiem spēkā ir Direktīva 2008/105/EK, ar ko pieņem vides kvalitātes standartus ūdens resursu politikas jomā. Ar šo direktīvu nosaka vides kvalitātes standartus prioritārajām vielām un astoņām citām problemātiskajām vielām, kuras ir bīstamas ūdens videi. Līdz ar to AL sastāvā ietilpstošo ķīmisko savienojumu toksikoloģiskā informācija un to koncentrācija primārā kārtā noteiks AL ietekmi uz gruntsūdeni un blakusesošajām ūdenstilpēm. Līdztekus svarīgs ūdens vidi ietekmējošs faktors ir AL sastāvā esošo ķīmisko savienojumu mobilitāte gan augsnē, gan gruntsūdeņos. Latvijā galveno ūdens vidi piesārņojošo vielu maksimāli pieļaujamās koncentrācijas nosaka MK noteikumi Nr. 118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti", bet potenciāli

problemātiskākie ķīmiskie savienojumi uzskaitīti MK noteikumos Nr. 34 "Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī". Šajos normatīvajos aktos nav minēts neviens no pētījumā izmantoto AL pamatkomponentiem. Necīgos daudzumos lignosulfonātu AL sastāvā konstatētie poliaromātiskie oglekļaūdeņraži un polihlorētie bifēnili atrodas zem pieļaujamajām koncentrācijām un nav paredzams, ka tie radīs būtisku negatīvu ietekmi uz ūdens vidi ne īstermiņā, ne ilgtermiņā.

#### 1.3.3.5. Ietekme uz gaisa kvalitāti

Kopumā AL lietošanas ietekmi uz gaisa kvalitāti var iedalīt divās daļās: 1) īstermiņa ietekme – AL iestrādes laikā un 2) ilgtermiņa ietekme – ar AL pārklātā ceļa efektīvas ekspluatācijas laikā. Sagaidāms, ka AL iestrādes laikā ietekme uz gaisa kvalitāti (ceļu būves tehnikas izplūdes gāzes, AL gaistošo frakciju emisija) nebūs lielāka kā ceļa seguma standarta uzturēšanas/remonta laikā. Lielākā negatīvā īstermiņa ietekme uz gaisa kvalitāti sagaidāma bitumena emulsijas iestrādes laikā un ir saistīta ar bitumena gaistošo frakciju iztvaikošanu. Vienlaikus atzīmējams, ka bitumena emulsijas izmantošana nav šī pētījuma tvērumā un LVM to nav paredzējusi izmantot meža autoceļu atputeķļošanai. Savukārt kalcija hlorīda un lignosulfonātu AL ietekme uz gaisa kvalitāti ir maznozīmīga. Ilgtermiņā AL lietošanas ietekme uz gaisa kvalitāti vērtējama pozitīvi, jo ir vērsta uz gaisa piesārņojuma ar putekļveida daļiņām samazināšanu, kas Latvijai kā ES dalībvalstij ir saistoša sakarā ar Eiropas Padomes 1999. gada 22. aprīļa direktīvu par sēra dioksīda, slāpekļa dioksīda un citu slāpekļa oksīdu, putekļveida daļiņu un svina koncentrācijas samazināšanu apkārtējā gaisā, kā arī 2016. gada 31. decembrī pieņemto Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvu 2016/2284 par dažu gaisu piesārņojošo vielu valstu emisijas samazināšanu. Šī direktīva nosaka samazināšanas mērķus pieciem galvenajiem gaisa piesārņotājiem, starp kuriem ir arī cietās putekļveida daļiņas, kuru izmērs ir  $<2,5\ \mu\text{m}$  ( $PM_{2,5}$ ). Šī direktīva nosaka, ka Latvijai gaisa piesārņojums ar  $PM_{2,5}$  daļiņām līdz 2030. gadam jāsamazina par 43 %. Vienlaikus gaisa kvalitātes normatīvus putekļveida daļiņām (gan  $PM_{10}$ , gan  $PM_{2,5}$ ) Latvijā nosaka MK noteikumi Nr. 1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti". 2020. gada 16. aprīlī tika pieņemts MK rīkojums Nr. 197 "Par gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plānu 2020.–2030. gadam", kas cita starpā paredz arī putekļveida emisijas samazinājumu, it īpaši attiecībā uz  $PM_{2,5}$  daļiņām. Pētījuma sagatavošanas brīdī (2021. gada nogalē) izstrādes stadijā atrodas arī Gaisa aizsardzības likums (paredzams, ka tas stāsies spēkā 2022. gada 1. decembrī), kas paredz gaisa kvalitātes novērtēšanu un emisiju uzskaiti, gaisa aizsardzības mērķu un rīcības plāna aktualizēšanu, dažādu darbību radītā gaisa piesārņojuma samazināšanu, iesaistīto iestāžu kompetences gaisa aizsardzības jomas politikas īstenošanu, informācijas un ziņojumu izplatīšanas

veicināšanu, lielākas atbildības noteikšanu administratīvo pārkāpumu gaisa piesārņojuma jomā.

#### 1.3.4. Secinājumi

1. AL ražošanu, izplatīšanu un lietošanu Latvijā regulē Pasaules Veselības organizācijas, Eiropas Savienības un Latvijas vispārīgā dokumentācija par rūpniecisko produktu nekaitīgumu.
2. Atbilstoši akreditētās SIA "Vides audits" laboratorijā veiktajiem ķīmiskās analīzes testiem noskaidrots, ka no visu trīs lignosulfonātu AL izskaloto poliaromātisko ogļūdeņražu ( $PAH < 1 \text{ mg/kg}$ ) un polihlorēto bifenilu ( $PCB < 0,02 \text{ mg/kg}$ ) koncentrācijas nepārsniedz MK Nr. 804 "Noteikumi par augšnes un grunts kvalitātes normatīviem" prasības.
3. Neviena no pētījumā izmantotajiem AL nav aizliegts meža autoceļu atputeķļošanai atbilstoši mežu apsaimniekošanas standartu *PEFC* un *FSC* prasībām, tomēr saskaņā ar Eiropas Zaļo kursu priekšroka pēc iespējas būtu jādod videi draudzīgākiem AL, tos sarindojot šādā secībā ekoloģiskuma samazināšanās virzienā: lignosulfonātu AL > hlorīdu AL > bitumena emulsiju AL.
4. Pēc ražotāju sniegtās informācijas AL drošības datu lapās, kā arī SIA "Vides audits" rezultātiem pētījumā izmantoto AL lietošana ražotāju rekomendēto devu ietvaros meža autoceļu atputeķļošanai neatstās būtisku negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi, tostarp bioloģisko daudzveidību, blakusesošo augšni, gruntsūdeņiem un ūdenstilpēm, kā arī apkārtējā gaisa kvalitāti.
5. Pēc ražotāju sniegtās informācijas AL drošības datu lapās saskarsme ar pētījumā izmantotajiem AL ražotāju rekomendēto devu ietvaros meža autoceļu atputeķļošanai neatstās būtisku negatīvu ietekmi uz strādājošo veselību.
6. Atputeķļošanas līdzekļu īpašību un to mijiedarbības ar ceļa seguma materiāliem pārbaudei ne Eiropā, ne Latvijā nav izstrādāti oficiāli vispāratzīti standarti un metodes.

#### 1.3.5. Rekomendācijas

1. Meža ceļu atputeķļošanai LVM optimāli būtu iegādāties jau gatavu AL šķīduma veidā.
2. No vides ilgtspējas viedokļa priekšroka ir lignosulfonātu AL izmantošanai, kā arī jaunu AL izstrādei uz lignosulfonātu AL un neorganisko sāļu AL bāzes;
3. Sagatavojoties eksperimentālajiem atputeķļošanas darbiem un pirms eksperimentālajiem atputeķļošanas darbiem ir jāveic:
  - atputeķļojamo ceļa posmu vispārīgs raksturojums (atklātas vietas, noēnotas vietas, apkārtējā veģetācija,

- gruntsūdens līmenis, tuvumā esošās ūdenstilpes, apdzīvotās vietas, raksturīgais ceļa plāns un garenprofils u. tml.);
- atputeļojamā grants seguma tehniskā stāvokļa novērtējums, gan vizuālo, gan laboratorisko: granulometriskais sastāvs, Proktora īpašības, TNI, CBR, nestspēja ar krītoša svara deflektometru;
  - standarta AL kvalitātes kontrole (pH, viskozitāte un potenciāli toksiskie komponenti (PCB, PAH));
  - iecerētās atputeļošanas programmas izstrāde.
4. Eksperimentālo atputeļošanas darbu izpildes laikā jāveic:
- faktiskā tehnoloģiskā risinājuma fiksācija salīdzinājumā ar iecerēto;
  - AL izlietojuma daudzuma kontrole;
  - AL iestrādes vienmērīguma novērtējums;
  - grants seguma mitruma kontrole sagatavotam segumam un pēc AL iestrādes;
  - nestspējas noteikšana ar krītoša svara deflektometru.
5. Atputeļotā seguma ekspluatācijas periodā ir nepieciešams monitorings, piemēram, ik pēc divām nedēļām, veicot:
- putekļu emisijas mērījumus ar portatīvu iekārtu, mērīšanas brīdī fiksējot vietu, laiku, temperatūru, gaisa mitrumu, transportlīdzekļu satiksmes intensitāti un sastāvu;
  - nestspējas noteikšanu ar krītoša svara deflektometru;
  - grants seguma mitruma kontroli;
  - atputeļotā ceļa posma vizuālo novērtējumu;
  - no reāla ceļa ņemta parauga mikroskopisko analīzi, lai novērtētu AL un grants mijiedarbību;
  - grants ūdens izvilkuma pH noteikšanu;
  - AL izskalošanās analīzi, nosakot AL koncentrāciju gruntsūdenī un, ja attiecināms, tuvumā esošajās ūdenstilpēs;
  - ietekmes uz tuvumā esošo veģetāciju fotogrāfisku izvērtējumu.

# 2. nodaļa

## EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1. Izvēlēto atputekļošanas līdzekļu īpašības                                                                                              | 81  |
| 2.1.1. Atputekļošanas līdzekļu pH                                                                                                           | 81  |
| 2.1.2. Atputekļošanas līdzekļu viskozitāte (viegliestrādājamība)                                                                            | 82  |
| 2.1.3. Atputekļošanas līdzekļu virsmas īpašības / virsmas spraigums                                                                         | 84  |
| 2.1.4. Lignosulfonātu ķīmiskās īpašības                                                                                                     | 85  |
| 2.1.5. Atputekļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē                                   | 92  |
| 2.2. Atputekļošanas līdzekļu izmantošanas efektivitātes salīdzinājums uz grants segumiem                                                    | 94  |
| 2.2.1. Grants paraugu ņemšana un analīze fizikālo īpašību noteikšanai un putekļojošās frakcijas iegūšanai                                   | 95  |
| 2.2.2. Minerālmateriāla un atputekļošanas līdzekļu mijiedarbības novērtēšana ar mikroskopijas metodi                                        | 97  |
| 2.2.3. Žūšanas/mitruma saglabāšanas tests                                                                                                   | 98  |
| 2.2.4. Mitruma iespiešanās dziļuma noteikšana                                                                                               | 105 |
| 2.2.5. Putekļu aglomerācijas noteikšana, izmantojot granulometrisku testēšanas metodi                                                       | 114 |
| 2.2.6. Atputekļošanas līdzekļu ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām                                                               | 121 |
| 2.2.7. Paraugu izgatavošana mehānisko īpašību testēšanai un tīlpumbīvuma un mitruma noteikšana (Proktora tests)                             | 122 |
| 2.2.8. Atputekļošanas līdzekļu un putekļaino daļiņu sistēmas novecošanās izturība ultravioletā starojuma, temperatūras un mitruma iedarbībā | 124 |
| 2.2.9. Laboratorijas eksperimentu rezultātu apkopojums                                                                                      | 134 |
| 2.2.10. Secinājumi                                                                                                                          | 134 |
| 2.2.11. Rekomendācijas                                                                                                                      | 137 |

Apkopojot rezultātus par 1. daļā aprakstītajiem eksperimentiem ar analizētajiem AL (lignosulfonāti, neorganiskie sāļi un bitumena emulsija), tika izdarīts objektīvs secinājums, ka potenciāli piemērotākie AL, kas var tikt izmantoti LVM mežu autoceļos, ir lignosulfonāti, kā arī tradicionāli Latvijā lietotais kalcijs hlorīds. Lai analizētu lignosulfonātu potenciālo atputeķļošanas efektivitāti attiecībā uz grants segumiem, tika izvēlēti trīs ražotāju lignosulfonāti (*Sappi*, *Dustex* un *OLDI*), kā arī referencei – viena ražotāja neorganiskais sāls (kalcijs hlorīds – *CC Road*), eksperimentālo pārbaužu veikšanai laboratorijas apstākļos. Galvenie laboratorijas apstākļos nosakāmie parametri:

- AL viegliestrādājamība (viskozitāte);
- AL pH;
- AL izraisītais aglomerācijas efekts jeb AL ietekme uz grants (ceļa seguma materiāla) puteķļveida daļiņu salīmēšanās spēju;
- lignosulfonātu novecošanās izturība;
- AL ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām;
- mitruma iedarbības ietekme uz granti (ceļa seguma materiālu), kas pārklāta ar ar AL.

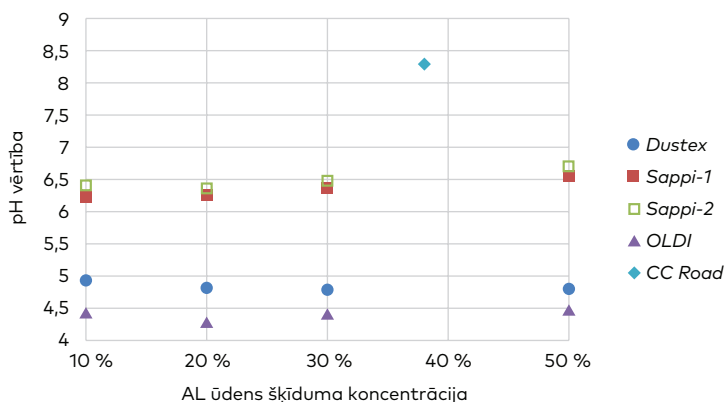
## 2.1. Izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu īpašības

### 2.1.1. Atputeķļošanas līdzekļu pH

AL pH var veicināt ne tikai autotransporta metālisko daļu paātrinātu koroziju, bet arī negatīvi ietekmēt apkārtējo vidi, piemēram, izmaiņot pH līmeni augsnē, gruntsūdeņos vai nokļūstot tuvumā esošajās ūdens tilpnēs un ezeros. Tāpēc viens no svarīgākajiem šī pētījuma eksperimentiem ir atputeķļošanas līdzekļu pH līmeņa noteikšana.

AL pH vērtības tika noteiktas, analizējot dažādas koncentrācijas AL ūdens šķīdumus (10 %, 20 %, 30 % un 50 %), izmantojot *Mettler Toledo* pH metru. Testi tika veikti atbilstoši pH-metra darba metodikai.

Dažādas koncentrācijas AL šķīdumu pH vērtības parādītas 2.1. attēlā. Redzams, ka izmantotos AL to pH vērtības



2.1. att. Atputeķļošanas līdzekļu dažādas koncentrācijas ūdens šķīdumu pH vērtības.

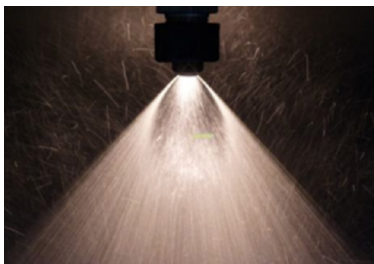
samazināšanās virzienā var sarindot šādi: *CC Road* (vissārmaiņākais) > *Sappi* > *Dustex* > *OLDI* (visšķīdākais). Iegūtie rezultāti liecina, ka, lai arī izmainītais vides pH var ietekmēt augsnē esošo jonu mobilitāti, pie ražotāju rekomendētajām AL izmantošanas devām (skat. 1.21., 1.24., 1.26, 1.27. tabulu) nav sagaidāma to būtiska negatīva ietekme uz apkārtējo vidi.

### 2.1.2. Atputekļošanas līdzekļu viskozitāte (viegliestrādājamība)

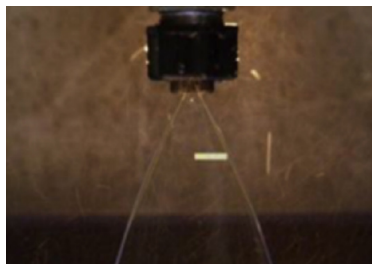
Tā kā AL pieejami gan cietā (hlorīdi – pārslu vai granulu veidā; LS – pulvera veidā), gan šķidrā formā, AL šķīduma sagatavošanas procesā var būt nepieciešama to samaisīšana ar ūdeni. Turklāt, ja neorganiskos sāļus var izkliedēt grants segumā gan sausā veidā, gan izsmidzināt, sajaucot ar ūdeni, tad AL uz LS bāzes tiek iestrādāti grants segumā ar izsmidzināšanas (izkliedēšanas) paņēmieni, izmantojot speciālu tehniku. Līdz ar to ir svarīgi novērtēt dažādu AL un ūdens šķīdumu koncentrāciju viegliestrādājamību (plūstamību), kas, piemēram, var noderēt, veicot AL sagatavošanu no cietā stāvoklī piegādāta izejas materiāla, kā arī izvēloties izkliedētāja sprauslas vai veicot to noregulēšanu, jo neatbilstoši izvēlētas sprauslas var samazināt gan šķīduma izkliedēšanas leņķi, gan plūsmas ātrumu (skat. 2.2. att.). Svarīgi atzīmēt, ka sprauslu izvēle ir atkarīga no izvēlētajā šķīduma viskozitātes. Piemēram, ūdens viskozitāte 20 °C ir 1,0 mPa·s. Atbilstoši uzņēmuma *Lechler* katalogam (<https://www.lechlerusa.com/en/resources/spray-facts/viscosity>), šķīdumiem ar viskozitāti līdz 200 mPa·s jālieto parastas sprauslas, bet lielākas viskozitātes gadījumā izvēlas dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas.

AL viegliestrādājamība tika noteikta, analizējot dažādas koncentrācijas AL ūdens šķīdumu (10 %, 20 %, 30 % un 50 %) viskozitātes vērtības, izmantojot *Lamy* rotācijas reometru. Testi veikti atbilstoši rotācijas reometra darba metodikai.

Izmantoto AL ūdens šķīdumu viskozitāte pie dažādām koncentrācijām (10 %, 20 %, 30 % un 50 %) apkopota piecu attēlu sērijā (skat. 2.3.–2.7. att.). Redzams, ka kopumā visu izmantoto AL ūdens šķīdumu viskozitātes atkarību no maisīšanas ātruma raksturo līdzīgas tendences. Palielinot maisīšanas ātrumu no



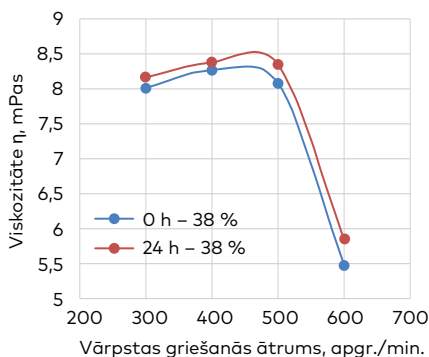
(a)



(b)

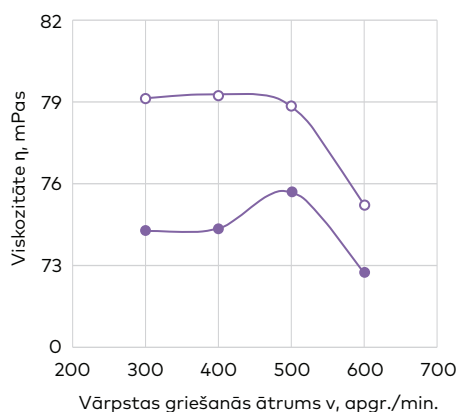
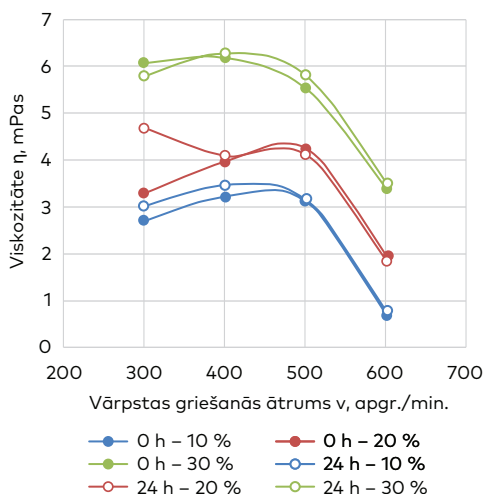
2.2. att. Sprauslu darbība ar ūdeni (a) un eļļu (b).

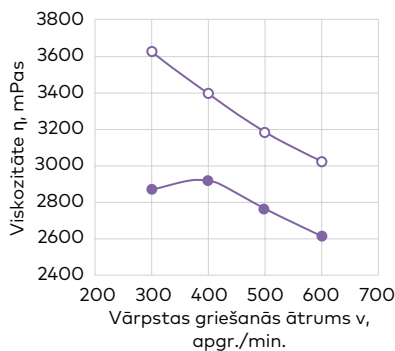
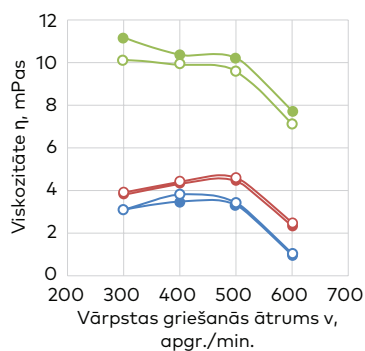




300 apgr./min līdz 500 apgr./min, novērojamas salīdzinoši nelielas viskozitātes izmaiņas un šķīdumiem ir tendence parādīt dilatantās īpašības (viskozitātes pieaugumu, palielinoties maisīšanas ātrumam), it īpaši 50 % koncentrācijā. Šāda tendence acīmredzot ir izskaidrojama ar aglomerātu veidošanos augstas koncentrācijas AL ūdens šķīdumos. Savukārt maisīšanas ātrumam sasniedzot 600 apgr./min, viskozitāte strauji samazinās. Lielāko viskozitāti uzrāda *OLDI*, kurš 50 % koncentrācija sasniedz 3600 mPa·s, savukārt *Sappi*, *Dustex* un *CC Road* viskozitāte dažādos maisīšanas ātrumos un koncentrācijās ir <100 mPa·s, kas nozīmē, ka šo atpušķošanas līdzekļu šķīdumus dažādās koncentrācijās var izkliegt ar parastām sprauslām, bet *OLDI* koncentrācijā 50 % jāizmanto speciālās dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas. Četros attēlos parādīta arī viskozitātes atkarība no laika, proti, 24 stundu izturēšanas (skat. 2.3.–2.6. att.). Redzams, ka pēc 24 stundām AL viskozitāte ir izmainījusies, it īpaši 50 % AL šķīdumiem. Šīs izmaiņas ir skaidrojamas ar pakāpenisku AL šķīdumu noslāņošanas/izgulsnēšanas, it īpaši augstas koncentrācijas gadījumā. Par AL šķīdumu viskozitātes izmaiņām laikā liecina arī ciklisko testu rezultāti, kas parādīti 2.7. attēlā. Tomēr jāpiebilst, ka šīs izmaiņas AL šķīdumiem līdz 30 % koncentrācijai ir salīdzinoši nelielas.

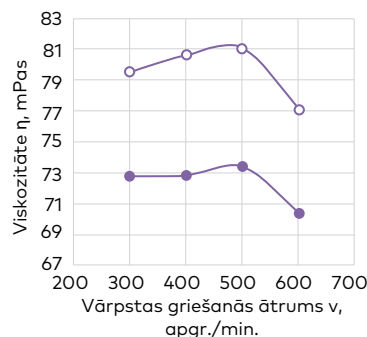
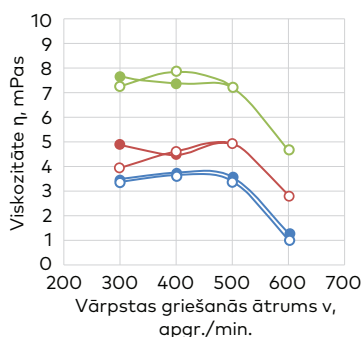
2.4. att. *Dustex* dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas.



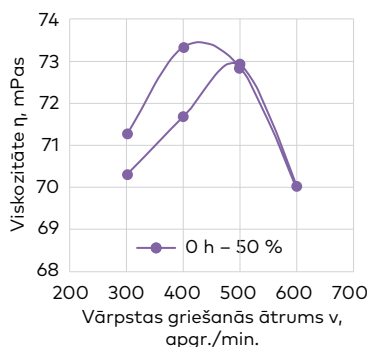
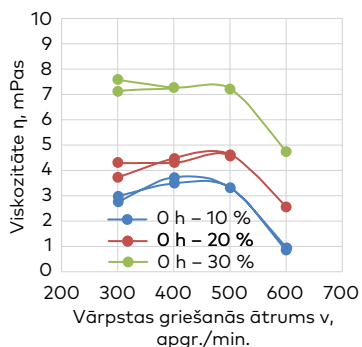


**2.5. att.** OLDI dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas.

● 0 h - 10 %  
 ○ 24 h - 10 %  
 ● 0 h - 20 %  
 ○ 24 h - 20 %  
 ● 0 h - 30 %  
 ○ 24 h - 30 %  
 ● 0 h - 50 %  
 ○ 24 h - 50 %



**2.6. att.** Sappi dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no reometra vārpstas griešanās ātruma uzreiz un 24 stundas pēc šķīduma sagatavošanas.

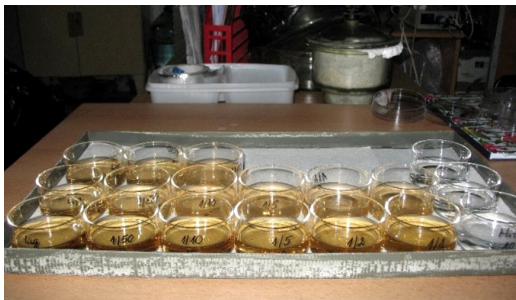


**2.7. att.** Sappi dažādas koncentrācijas šķīdumu viskozitātes atkarība no secīgas reometra vārpstas griešanās ātruma palielināšanas un samazināšanas.

### 2.1.3. Atputeķļošanas līdzekļu virsmas īpašības / virsmas spraigums

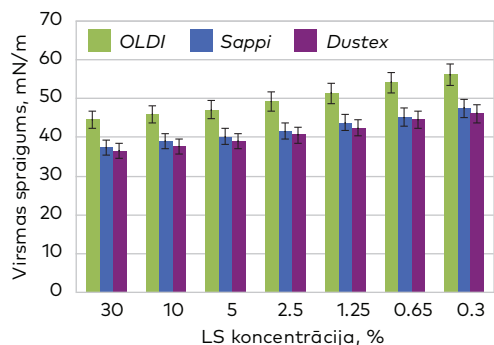
AL virsmas īpašības parāda savienojuma spēju savienot grants seguma putekļainās daļiņas vienotā monolītā jeb aglomerātā. Zemāks virsmas spraigums nozīmē labāku mijiedarbību (salipšanu) starp AL un grants seguma putekļu daļiņām.

Lignosulfonātu virsmas spraigums robežā ūdens-gaiss tika pētīts ar Vilhelmi plāksnes metodi, izmantojot digitālo tensiometru K 100M (KRÜSS, Vācija). Šī statistiskā metode ir balstīta uz spēka mērījumu, kāds nepieciešams, lai izvilkto iegremdētu platīna plāksni no šķidruma. Virsmas spraigums tika kalibrēts, izmantojot dejonizētu ūdeni (īpatnējā elektrovadītspēja



**2.8. att.** LS paraugi virsmas spraiguma mērīšanai.

$1,1 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ), ko izmantoja arī LS paraugu sagatavošanai (skat. 2.8. att.). Mērījumus atkārtoja piecas reizes katram ūdens šķīdumam ar LS koncentrāciju intervālā no 0,3 % līdz 30 % 25 °C temperatūrā pēc divu stundu uzglabāšanas istabas temperatūrā.



**2.9. att.** Virsmas spraigums robežā ūdens-gaiss dažādas koncentrācijas OLDI, Dustex un Sappi ūdens šķīdumiem.

## 2.1.4. Lignosulfonātu ķīmiskās īpašības

Pētījumā izmantotie lignosulfonātu paraugi *Dustex*, *Lignex 201* (*Sappi*) un *OLDI* kā potenciālie atputeķļošanas līdzekļi tika analizēti pēc elementu, funkcionālā un komponentu sastāva. Eksperimenti tika veikti trīs atkārtojumos, un šeit apkopotie rezultāti ir rādītāju vidējās aritmētiskās vērtības.

### 2.1.4.1. Ķīmisko elementu sastāva noteikšana

Katram komerciālajam lignosulfonātam ir savs ķīmiskais sastāvs, kuru nosaka celulozes apstrādes (vārīšanas) tehnoloģiskais režīms. Lignosulfonātu līmvielas īpašības, kuras parādās lignosulfonāta un grants putekļaino daļiņu mijiedarbībā, ir atkarīgas no lignosulfonātu elementu un funkcionālā sastāva. Elementu sastāvs liecina par lignosulfonāta virsmas aktivitāti, konkrēti – oglekli, skābekli, sēru, ūdeņradi un slāpekli saturošo grupu saturu un to savstarpējām attiecībām. Vienlaikus lignosulfonātu elementu sastāvs norāda uz potenciālo piemaisījumu klātbūtni.



**2.10. att.** *Elementar Analysensysteme GmbH iekārta.*

Lignosulfonātu elementu sastāva noteikšanai izmantots analizators *Elementar Analysensysteme GmbH* (skat. 2.10. att.). Elementu sastāva noteikšanas metodes princips ir analizējamā parauga pilnīga sadedzināšana augstā temperatūrā, sadegšanas produktu (slāpekļa  $N_2$ , sēra dioksīda  $SO_2$ , oglekļa dioksīda  $CO_2$  un ūdens  $H_2O$ ) reducēšana un kvantitatīva uztveršana atsevišķās sorbcijas kolonnās [41].

Analizatora sadedzināšanas sistēma sastāv no divām caurulēm: sadedzināšanas caurules ( $t = 1150\text{ }^{\circ}C$ ), kas pildīta ar volframa oksīda  $WO_2$  granulām (sadedzināšanai papildus īslai- cīgi tiek pievadīts skābeklis  $O_2$ ) un reducēšanas caurules ( $t = 850\text{ }^{\circ}C$ ), kas pildīta ar vara skaidiņām, kurā slāpekļa oksīdi un sēra trioksīds  $SO_3$  kvantitatīvi reducējas par slāpekli  $N_2$  un sēra dioksīdu  $SO_2$ . Lieko skābekli un iespējamās halogēnus aiztur sudraba šķiedra. Tādējādi gāzes plūsma sastāv tikai no nesē- jgāzes hēlija  $He$ , slāpekļa  $N_2$ , oglekļa dioksīda  $CO_2$ , ūdens  $H_2O$  un sēra dioksīda  $SO_2$ . Gāzes plūsma iet caur sēra dioksīda  $SO_2$ , ūdens  $H_2O$  un oglekļa dioksīda  $CO_2$  adsorbcijas kolonnām. Slā- pekklis  $N_2$  plūst uz mērīšanas šūnu un tiek nomērīts kā pirmais komponents. Kad slāpekļa daudzuma integrācija ir pabeigta un iegūtais lielums saglabāts, tiek mērīti citi komponenti cits pēc cita šādā secībā: oglekļa dioksīds  $CO_2$ , ūdens  $H_2O$  un sēra dioksīds  $SO_2$ . Integrējot šos mērījumus, tiek noteikts elementu oglekļa  $C$ , ūdeņraža  $H$ , slāpekļa  $N$  un sēra  $S$  saturs paraugā. Pēc pelnu satura korekcijas, atņemot no 100 % oglekļa  $C$ , ūdeņraža  $H$ , sēra  $S$  un slāpekļa  $N$  saturu, tiek noteikts procentuālais skā- bekļa  $O$  saturs lignīna paraugā. Temperatūra: oglekļa dioksīda

**2.1. tabula.** Tehnisko lignosulfonātu elementanalīze

| Rādītājs | <i>Dustex</i> | <i>Lignex 201</i> | <i>OLDI</i> |
|----------|---------------|-------------------|-------------|
| C, %     | 45,56         | 36,45             | 45,15       |
| O, %     | 43,12         | 50,56             | 40,11       |
| H, %     | 5,53          | 4,66              | 5,37        |
| S, %     | 5,59          | 8,03              | 8,50        |
| N, %     | 0,20          | 0,30              | 0,87        |
| C/O      | 1,06          | 0,72              | 1,13        |
| O/C      | 0,95          | 1,39              | 0,88        |

CO<sub>2</sub> kolonnai – 250 °C, ūdens H<sub>2</sub>O kolonnai – 150 °C, sēra dioksīda SO<sub>2</sub> kolonnai – 220 °C.

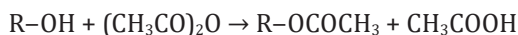
Paraugu sagatavošana notiek šādi: homogēnu lignīna paraugu iesaiņo alvas folijā, jo tā sadegot paaugstina temperatūru, nosver un pievieno volframa oksīda WO<sub>3</sub> pulveri (katalizators, lai kolonnas stiklu aizsargātu no nātrija Na, kālija K un citu metālu iedarbības) attiecībā no 1:1 līdz 1:3 atkarībā no parauga dabas. Paraugu sapresē tabletē un ievieto automātiskajā paraugu padevējā. Ja nav zināms pētāmās vielas sastāvs, tad analīzei tiek ņemti 50 mg paraugi, savukārt maksimālais iesvars ir 100 mg.

Iegūtais analizējamo lignosulfonātu elementsastāvs dots 2.1. tabulā.

#### 2.1.4.2. Funkcionālā sastāva noteikšana

Lignosulfonātu funkcionālo grupu saturs ļauj spriest par tā reaģētspēju, antioksidanta un citām īpašībām. Savukārt komponentsastāvs norāda uz lignosulfonātu tīrību un metālu piemaisījumu daudzumu. Lignosulfonātu fenol- (OH<sub>fenola</sub>), karboksil- (OH<sub>COOH</sub>) un sulfo- (OH<sub>SO3H</sub>) hidroksilgrupu noteikšanai izmanto “skābes–bāzes” konduktometriskās un potenciometriskās titrēšanas metodes. Ievadot titrējamajā vidē sārmu (tiešā titrēšana), fenolgrupu un karboksilgrupu jonizācijas pakāpe pieaug, līdz ar to sistēmā pieaug summārā elektrovadītspēja. Sulfogrupu satura noteikšanai šādu sistēmu titrējot ar skābi, notiek pretējais (apgrieztā titrēšana), un atbilstoši skābumam titrējas vispirms sulfogrupas, pēc tam vājāk skābās OH<sub>fenola</sub>, un visbeidzot OH<sub>COOH</sub> grupas. Potenciometriskā un konduktometriskā lignīna titrēšana skābo OH grupu satura noteikšanai tika veikta, izmantojot titrēšanas iekārtu *INOLab* (skat. 2.11. att.).

Lai noteiktu kopējo hidroksil OH grupu saturu lignīnā, izmantota acetilēšana ar etiķskābes anhidrīda un piridīna maisījumu:



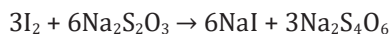
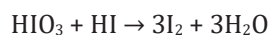
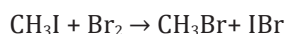
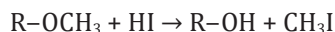
Analizējamā preparāta iesvaram pielikts acetilējošā maisījuma precīzs daudzums, pēc reakcijas norises etiķskābes anhidrīda Ac<sub>2</sub>O pārākums sadalīts ar ūdeni un etiķskābe AcOH titrēta ar sārmu. Paralēli veikts tukšais mēģinājums bez parauga



2.11. att. Titrēšanas iekārta *INOLab*.

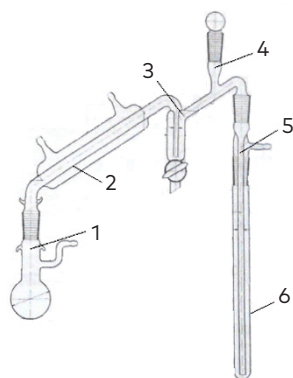
iesvara. Pēc tukšā mēģinājuma un parauga attitrēšanai patērētā sārma tilpumu starpības atstars reakcijā saistītais etiķskābes AcOH daudzums, kas ir ekvivalents acetilējamo OH grupu saturam. Alifātisko hidroksilgrupu saturu aprēķina kā starpību starp kopējo acetilējamo hidroksilgrupu saturu un skābo titrējamo hidroksilgrupu saturu.

Metoksigrupu noteikšanai tika lietota Fībeka-Švapaha metode (skat. 2.12. att.). Metode balstās uz kvantitatīvi notiekošām reakcijām:



Turpmāk raksturota analīzes procedūra. Ieslēdz termostatu, no kura caur dzesētāju (2) cirkulē ūdens 50 °C temperatūrā. Reakcijas kolbiņā (1) ar precizitāti 0,1 mg iesver analizējamo paraugu. Iesvara aptuveno daudzumu nosaka, balstoties uz sagaidāmā metoksigrupu OCH<sub>3</sub> satura. Kolbiņā (1) pievieno ~0,5 g fenola, sešus pilienus etiķskābes anhidrīda (lai panāktu reakcijas vides homogenizāciju, šķīdinot lignīnu) un 3 ml 57 % jodūdeņraža HI. Caur pievadu (4) skalotni (3) līdz pusei piepilda ar sarkanā fosfora suspensiju ūdenī. Uztvērējmēģenē (5) caur piltuvīti ielej 15 ml broma šķīduma un ievieto barbotieri (6). Uztvērējmēģeni caur novadu savieno ar skalotni, kurā ir 10 % skudrskābes HCOOH šķīdums, kas absorbē broma tvaikus un novērš to nonākšanu atmosfērā. Reakcijas kolbiņas sānu pievadu ar gumijas caurulīti caur regulējošu mikroventili savieno ar oglekļa dioksīda CO<sub>2</sub> avotu (no balona, Kipa aparāta vai Djuāra trauka ar sauso oglekļa dioksīdu CO<sub>2</sub>, plūsmu neregulējot tā, lai caur barbotieri (6) izplūstu apmēram divi burbulīši sekundē).

Metiljodīda CH<sub>3</sub>I atšķelšanai reakcijas kolbiņu 30 minūtes iztur termoregulējamā vannā 140 °C temperatūrā, vienlaikus sekojot vienmērīgai oglekļa dioksīda CO<sub>2</sub> plūsmai.



- 1 – reakcijas kolbiņa;
- 2 – atteces dzesinātājs;
- 3 – skalotne;
- 4 – skalojamā šķīduma pievads;
- 5 – uztvērējšķīduma mēģene;
- 6 – barbotieris.

**2.12. att.** Metoksigrupu noteikšanas aparāts

Uztvērējšķīdumu ar destilētu ūdeni  $\text{H}_2\text{O}$  kvantitatīvi ieskalo 250 ml Erlenmeiera kolbā ar pieslīpētu aizbāzni, kurā iepriekš ielieti 25 ml 20 % nātrija acetāta  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Spēcīgi saskalojot, sarkanbrūnajam šķīdumam no biretes pievieno 4 % skudrskābes  $\text{HCOOH}$ , sākumā uzreiz 4 ml, pēc tam pa pilienam līdz atkrāsošanai. Tad piepilina divus pilienus metilsarkanā šķīduma un novēro krāsas izmaiņu. Kad viss broma pārākums sadalīts, kolbā ievada 20 ml 10 % sērskābes  $\text{H}_2\text{SO}_4$  un 5 ml 10 % kālija jodīda  $\text{KI}$ , kolbu noslēdz ar aizbāzni un atstāj uz piecām minūtēm. Izdalīto jodu titrē ar 0,1 M nātrija tiosulfātu  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  līdz gaiši oranžai nokrāsai, tad pieliek 2 ml cietes šķīduma un, intensīvi saskalojot, pabeidz titrēšanu.

Metoksigrupu saturu nosaka pēc formulas:

$$[\text{OCH}_3] = \frac{v \cdot 0,5172}{G_w \left(1 - \frac{W_r}{100}\right)} \cdot 100, \%$$

kur:

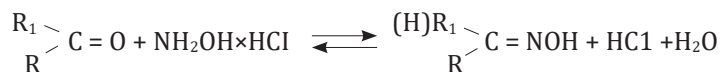
$v$  – titrēšanā patērētais 0,1 M nātrija tiosulfāta šķīdums  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , ml;

0,5172 – metoksigrupu  $\text{OCH}_3$  masa, kas atbilst 1 ml 0,1 M nātrija tiosulfāta šķīdumam  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , mg;

$G_w$  – analizējamais iesvars, mg;

$W_r$  – parauga relatīvais mitrums, %.

Karbonilgrupas lignocelulozes komponentu sastāvā ietilpst ketogrupu un aldehīdgrupu veidā. To kvantitatīvai noteikšanai galvenokārt lieto oksidēšanas metodi. Uz analizējamo paraugu iedarbojas ar hidroksilamīna hidrohlorīda šķīdumu:



Apstrādāto paraugu noslēgtā mēģenē inertos apstākļos 80 °C temperatūrā termostatē divas stundas. Paraugu kvantitatīvi pārnes uz titrēšanas glāzīti un trietanolamīna pārākumu titrē ar 0,1 M sālsskābi  $\text{HCl}$  līdz pH 3,3.

Karbonilgrupu saturu aprēķina pēc formulas:

$$[\text{CO}] = \frac{v \cdot 2,801}{m} \cdot 100, \%$$

kur:

$v$  – titrēšanā patērētais 0,1 M sālsskābes šķīdums  $\text{HCl}$ , ml;

$m$  – analizējamā iesvara masa, mg;

2,801 – karbonilgrupu  $\text{CO}$  masa, kas atbilst 1 ml  $\text{HCl}$ , mg.

**2.2. tabula.** Lignosulfonātu funkcionālais sastāvs

| Rādītājs                                      | <i>Dustex</i> | <i>Sappi</i><br>( <i>Lignex 201</i> ) | <i>OLDI</i> |
|-----------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------|
| Sulfogrupas, %                                | 4,82          | 5,49                                  | 5,75        |
| Alifatiskās un aromātiskās hidroksilgrupas, % | 7,09          | 10,25                                 | 7,54        |
| Metoksilgrupas, %                             | 8,83          | 5,19                                  | 5,98        |
| Karbonilgrupas, %                             | 2,55          | 1,32                                  | 1,89        |
| Karboksilgrupas, %                            | 2,96          | 0,95                                  | 1,07        |

Lai noteiktu sausas vielas saturu, lignosulfonātu šķīdumus žāvē žāvskapī  $105 \pm 5$  °C temperatūrā saskaņā ar *DIN 52183* līdz konstantai masai.

Lignosulfonātu funkcionālais sastāvs dots 2.2. tabulā.

Lignosulfonātu komponentsastāva noteikšanai izmantota zemmolekulāro saharīdu (reducējošo vielu RV) noteikšanas metode (Bertrāna metode). Metode balstās uz cukuru spēju sārmainā vidē divvērtīgo varu reducēt par vienvērtīgu. Lai reakcijas vidi padarītu homogēnu, vara(II)hidroksīdu  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  stabilizē, pievienojot Segneta sāls (K-Na-tartrāta) šķīdumu (Fēlinga II šķīdumu), kurš sarkanu vara(I)oksīda  $\text{Cu}_2\text{O}$  nogulšņu veidā izdalās no reakcijas maisījuma; to atdala filtrējot, tad izšķīdina dzelzs-amonija alauna šķīdumā, no kura izdalītos divvērtīgos jonus  $\text{Fe}^{++}$  (Fēlings III) notitrē ar kālija permanganātu  $\text{KMnO}_4$ . Pēc titrēšanā patērētā kālija permanganāta  $\text{KMnO}_4$  daudzuma, lietojot empīriskās tabulas, nosaka attiecīgo cukuru daudzumu (b) miligramos, kas ekvivalents analizējamā vara(I) oksīda  $\text{Cu}_2\text{O}$  daudzumam.

$$\text{RV} (\%) = (b \cdot 100) : 20 = 5 \cdot b;$$

Lignosulfonātu komponentsastāvs dots 2.3. tabulā.

Pelnu daudzuma noteikšana lignosulfonātos tika veikta, balstoties uz LVS CEN/TS 14775 "Cietās biodegvielas. Pelnu satura noteikšanas metode" rekomendācijām.

Pelnu tests ietver zināma parauga daudzuma ņemšanu, nosvērtā parauga ievietošanu žāvētā/iepriekš nosvērtā porcelāna tīgelī, vielas sadedzināšanu gaisa atmosfērā temperatūrā virs 500 °C un tīgeļa nosvēršanu pēc atdzesēšanas līdz istabas

**2.3. tabula.** Tehnisko lignosulfonātu komponentsastāvs

| Rādītājs                            | <i>Dustex</i> | <i>Sappi</i><br>( <i>Lignex 201</i> ) | <i>OLDI</i> |
|-------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------|
| Lignosulfonāti, %                   | 79,0          | 71,9                                  | 70,7        |
| Cukuri (zemmolekulārie saharīdi), % | 7,5           | 8,8                                   | 10,2        |
| Pelni (metālu joni), %              | 13,5          | 19,3                                  | 19,1        |



temperatūrai eksikatorā. Paraugu nosver pirms un pēc sadedzināšanas, lai noteiktu tajā esošo pelnu saturu:

$$\text{pelni (\%)} = \frac{M_{LS1} - M_{LS2}}{M_{LS1}} \cdot 100,$$

kur:

$M_{LS1}$  – izejas lignosulfonāta parauga masa, g;

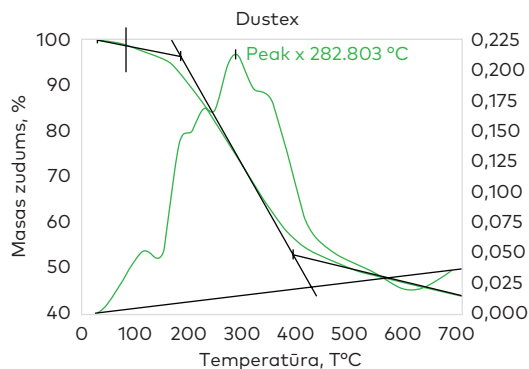
$M_{LS2}$  – lignosulfonāta parauga masa pēc sadedzināšanas, g.

### 2.1.4.3. Lignosulfonātu ķīmiskās struktūras termostabilitāte

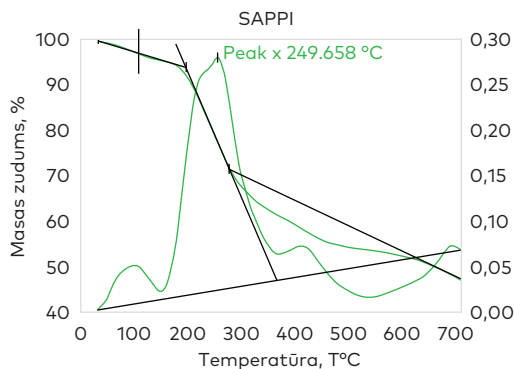
Lignosulfonātu ķīmiskās struktūras termostabilitāte nosaka gaistošo savienojumu, ūdens, kā arī lignosulfonāta komponentsastāva kvalitāti, kā arī spēju saglabāt savas īpašības (t. sk. salīmēšanas spēju) paaugstinātās temperatūras ietekmē.

*Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātu termostabilitāte noteikta ar termogravimetrisko analīzi (TGA), izmantojot iekārtu *Mettler Toledo TGA/SDTA851e* (ASV) temperatūru intervālā no 25 °C līdz 600 °C ar sasildīšanas ātrumu 10 °C. 2.13.–2.15. attēlā ir dotas *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* termogravimetriskās un diferenciāli termogravimetriskās analīzes līknes. Saskaņā ar iegūtajām līknēm pētīto lignosulfonātu masas zudumi temperatūras intervālā līdz 100 °C nepārsniedza  $7 \pm 2$  % un tika saistīti galvenokārt ar lignosulfonātu atbrīvošanos no atlikušā ūdens.

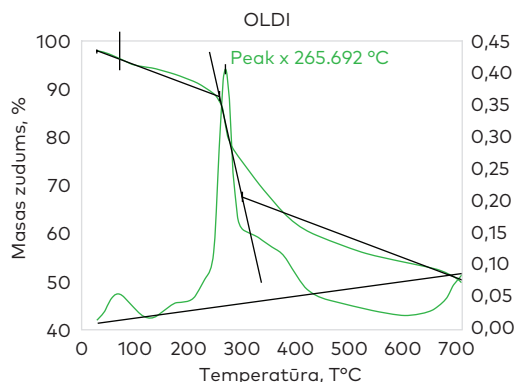
Vienlaikus ir būtiska atšķirība *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* maksimālās termodestrukcijas temperatūras vērtībās: *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātiem maksimālā termodestrukcija sākas attiecīgi ap 283 °C, 266 °C un 250 °C, kas norāda uz zem molekulāro komponentu lielāku daudzumu klātbūtni *Sappi* lignosulfonātos. Lignosulfonātu termodestrukcija noris ar organisko skābju, organisko spirtu, organisko aldehīdu un citu zem molekulāro produktu veidošanos.



2.13. att. *Dustex* lignosulfonātu TGA un DTG līknes.



2.14. att. *Sappi* lignosulfonātu TGA un DTG līknes.



**2.15. att.** OLDI liginosulfonātu TGA un DTG līknes.

### 2.1.5. Atputeļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē

AL ķīmiskās struktūras izmaiņas apkārtējās vides iedarbības faktoru (UV starojuma, mitruma un temperatūras) kombinētā ietekmē ļāva spriest par AL provizorisko stabilitāti ekspluatācijas apstākļos.

Atputeļošanas līdzekļu ķīmiskā sastāva stabilitāte tika izvērtēta, analizējot to infrasarkanā starojuma spektrus pirms un pēc atputeļošanas līdzekļu pakļaušanas novecināšanai. AL novecināšana tika veikta paātrinātās novecināšanas ultravioletā starojuma kamerā QUV, pakļaujot AL šādu apkārtējās vides faktoru iedarbībai:

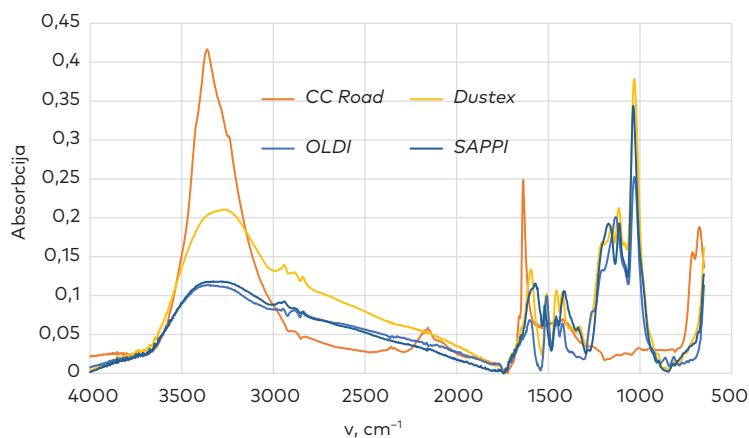
- pirmais etaps – astoņu stundu ultravioletais starojums ar viļņu garumu maksimumu pie 340 nm un 0,76 W/m intensitāti  $50 \pm 3$  °C temperatūrā;
- otrais etaps – 15 min ūdens izsmidzināšana pie izslēgtām UV starojuma lampām;
- trešais etaps – trīs stundu 45 min ilga kondensācija  $50 \pm 3$  °C temperatūrā pie izslēgtām UV starojuma lampām.

Pētījuma laikā AL tika pakļauti 250 stundu ilgai novecināšanai.

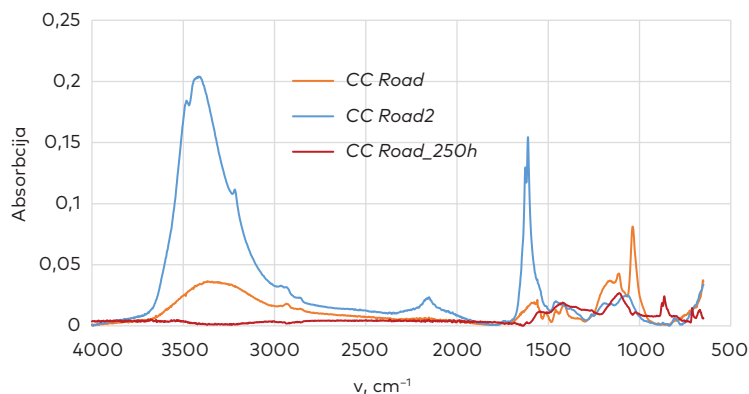
AL infrasarkanā starojuma spektri tika uzņemti viļņu skaitļu diapazonā no 650  $\text{cm}^{-1}$  līdz 4000  $\text{cm}^{-1}$ , izmantojot *Thermo Fischer* Furjē transformāciju infrasarkanā starojuma (FTIR) spektrofotometru *Nicolet 6700* pavājinātās pilnīgās atstarošanās (ATR) darba režīmā. Testi tika veikti atbilstoši infrasarkanā spektrofotometra darba metodikai.

Saskaņā ar metodiku AL ķīmiskā sastāva stabilitāte temperatūras un ultravioletā starojuma ietekmē noteikta pēc FTIR spektru izmaiņu lieluma, ievērojot arī mitruma izraisītās atšķirības. 2.16.–2.20. attēlā parādīti analizēto AL spektri. Redzams, ka visus AL raksturo absorbcijas josla ar maksimumu viļņu skaitļu diapazonā no 3000  $\text{cm}^{-1}$  līdz 3500  $\text{cm}^{-1}$ , kas norāda uz hidroksilgrupas svārstībām un lielā mērā ir saistīts ar AL mitruma saturu. Uz piesaistīto ūdeni norāda arī citas

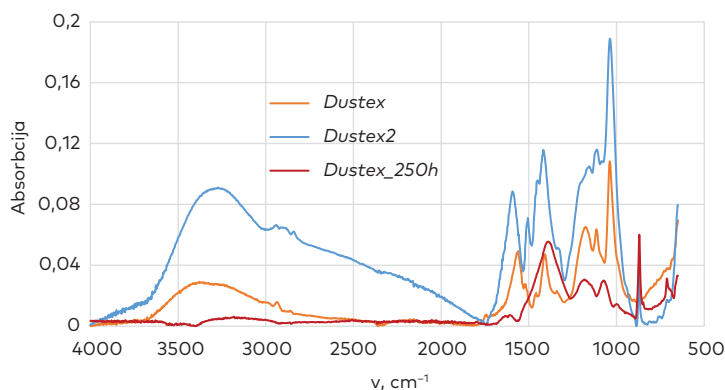
spektros redzamās svārstības Citas *CC Road* spektrā novērojamās svārstības diapazonos no  $2000\text{ cm}^{-1}$  līdz  $2300\text{ cm}^{-1}$ , no  $1500\text{ cm}^{-1}$  līdz  $1630\text{ cm}^{-1}$  un pie  $650\text{ cm}^{-1}$  arī norāda uz ūdens klātbūtni AL. Duplets *CC Road* spektrā diapazonā no  $1500\text{ cm}^{-1}$  līdz  $1630\text{ cm}^{-1}$  liecina par izveidojušos ūdeņraža saiti (O-H...O; O-H...Cl). Savukārt lignosulfonātu AL spektros bez hidroksilgrupas svārstībām novērojamas lignīnam raksturīgās svārstības, metoksigrupas svārstības, kā arī sulfogrupas svārstības (ap  $652\text{ cm}^{-1}$ ). Atbilstoši lignosulfonātu sadalīšanās modeļiem jāatzīmē, ka par lignosulfonātu AL struktūras izmaiņām novecošanas rezultātā galvenokārt liecina spektra absorbcijas intensitāšu palielināšanās karbonilgrupu absorbcijas apgabalā. Ievērojot, ka pēc 250 stundu UV starojuma iedarbības būtiska intensitātes palielināšanās šajā apgabalā nav novērojama, var secināt, ka izmantotie lignosulfonātu AL ir pietiekami stabili izmantotajos paātrinātās novecināšanas apstākļos. Ievērojot, ka praktiskajā lietojumā paredzama AL iestrāde ceļa seguma materiālā, sagaidāms, ka UV starojums būtiski nemainīs ne lignosulfonātu, ne neorganisko sāļu AL veiktspēju ekspluatācijas laikā.



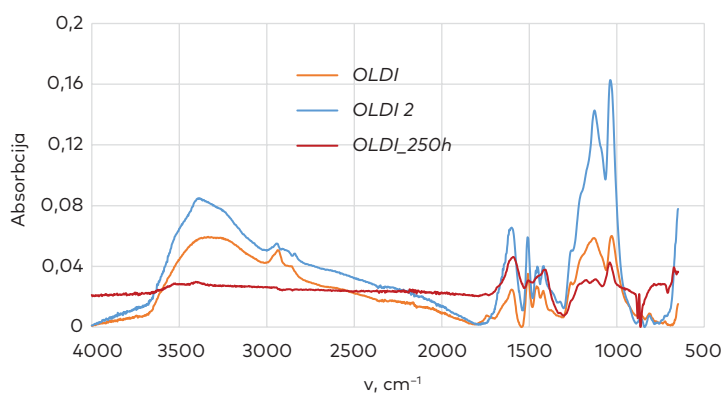
**2.16. att.** Izejas at-  
putekļošanas līdzekļu  
FTIR spektri.



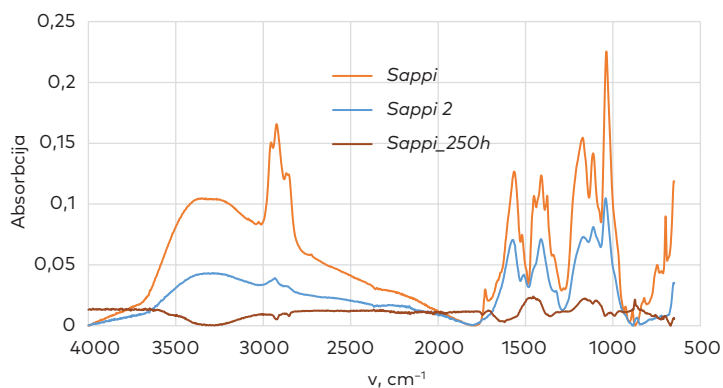
**2.17. att.** *CC Road*  
FTIR spektri pirms  
un pēc 250 stundu  
novecināšanas.



**2.18. att.** *Dustex* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas.



**2.19. att.** *OLDI* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas.



**2.20. att.** *Sappi* FTIR spektri pirms un pēc 250 stundu novecināšanas.

## 2.2. Atputekļošanas līdzekļu izmantošanas efektivitātes salīdzinājums uz grants segumiem

Pētījuma ietvaros laboratorijas eksperimentos tika salīdzināta LS AL (*Dustex*, *Sappi*, *OLDI*), kā arī references AL (*CC Road*), efektivitāte putekļveida daļiņu saistīšanā, AL un grants daļiņu mijiedarbības izvērtēšanā, ūdens penetrācijas tempa raksturošanā un ar AL pārklāto grants segumu paraugu mehānisko īpašību noteikšanā gan pirms, gan pēc paātrinātas novecināšanas.

Dažādo AL efektivitātes salīdzinājuma mērķis, izmantojot laboratorijas eksperimentus, noteikt atputeķļošanas efektivitāti ar reālo ceļa seguma materiālu (grants). Iegūtie rezultāti attiecināmi arī uz analizēto AL potenciālo izmantošanu meža autoceļos un raksturo atputeķļošanas efektivitāti, laboratorijas apstākļos imitējot ultravioletā starojuma, temperatūras, mitruma un transporta slodzes ietekmi.

Grants paraugu ņemšanai, paraugu izgatavošanai, kā arī fizikālo un mehānisko īpašību noteikšanai tika izmantotas autoceļu nozarē lietotas standarta testēšanas metodes. Savukārt ūdens un AL iespiešanas dziļuma, kā arī AL izskalošanās noteikšanai tika izmantotas no zviedru zinātnieku grupas aizgūtas metodes, kuras tika pielāgotas šī pētījuma vajadzībām. Aglomerācijas noteikšanas metodes pamatā ir minerālmateriālu granulometriskā sastāva noteikšanas standarta metode.

### 2.2.1. Grants paraugu ņemšana un analīze fizikālo īpašību noteikšanai un puteķļojošās frakcijas iegūšanai

#### 2.2.1.1. Smilts-grants paraugu ņemšana

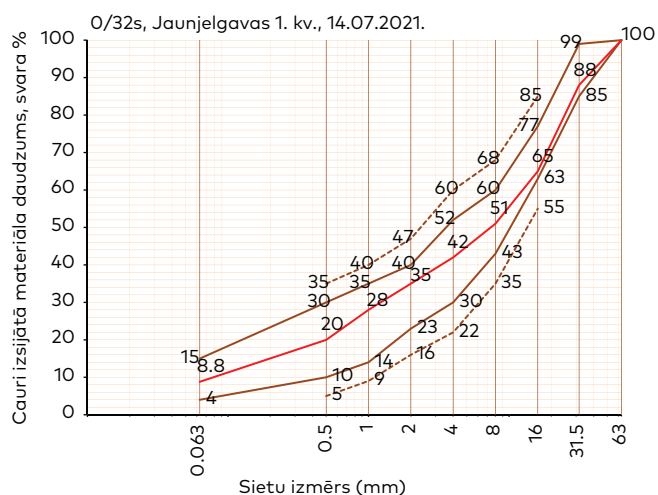
Smilts-grants maisījuma paraugs tika ņemts no krautnes LVM “Jaunjelgavas 1. meža kvartāls” karjerā. Ņemšanas vieta tika saskaņota ar LVM pārstāvjiem. Lai parauga apjoms būtu pietiekams plānotās eksperimentālās daļas izpildei, kopā tika paņemti 400 kg 0/32 smilts-grants maisījuma (skat. 2.21. att.). Parauga ņemšana tika veikta atbilstoši standarta LVS EN 932-1 prasībām.



**2.21. att.** Maisos iesaiņots smilts-grants 0/32 frakcijas paraugs.

#### 2.2.1.2. Smilts-grants maisījuma fizikālā testēšana

Atbilstoši LVS EN 933-1 standarta prasībām ar sijāšanas un mazgāšanas metodi noteikts 0/32 smilts-grants parauga granulometriskais sastāvs (skat. 2.22. att.). Puteķļaino daļiņu <0,063 mm saturs ir 8,8 %, kas atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017 7.2. p. prasībām.

**2.22. att.**

O/32 smilts-grants paraugu granulometriskais sastāvs.

Tā kā smilts un grants šķembu daļiņas ceļa seguma eksploatācijas laikā nodilst (sadrūp), radot vēl lielāku putekļaino daļiņu daudzumu, eksperimentāli atbilstoši standarta LVS EN 933-5 metodei noteikta smilts-grants daļiņu tekstūra (virsmas raupjums), kas raksturo smilts-šķembu karkasa kontaktpunktus (skat. 2.23. att.).

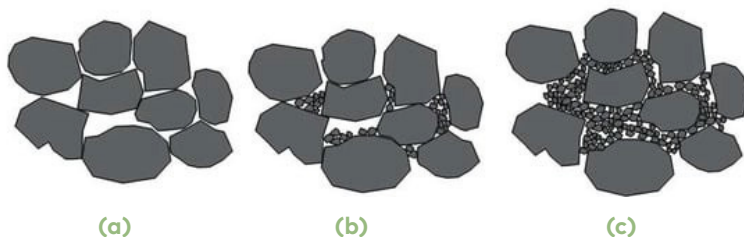
Atbilstoši standarta LVS EN 933-5 metodei grants šķembu frakcijas daļiņas  $\geq 4,0$  mm tika šķīrotas ar rokām (vizuālā metode) un tika sadalītas četrās grupās: 1) drupinātās daļiņas ar raupju/drupinātu daļiņu virsmu  $>50$  % ( $C_c$ ), 2) pilnīgi sadrupinātās daļiņas ar 100 % raupju/drupinātu virsmu ( $C_{tc}$ ), 3) pilnīgi noapaļotas daļiņas ar 0 % raupju/drupinātu daļiņu virsmu ( $C_{tr}$ )



**2.23. att.** Smilts-šķembu karkasa kontaktpunkti.

**2.4. tabula.** Smilts-grants maisījuma drupināto un laužo virsmu testēšanas rezultāti

| Nosakāmais lielums | Mērvienība | Rezultāts |
|--------------------|------------|-----------|
| $C_c + C_{tc}$     | %          | 64        |
| $C_{tc}$           |            | 34        |
| $C_r + C_{tr}$     |            | 37        |
| $C_{tr}$           |            | 12        |



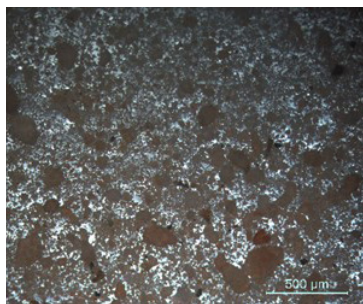
un 4) noapaļotas daļiņas ar  $< 50\%$  raupju/drūpinātu virsmu ( $C_r$ ). 2.4. tabulā apkopoti testēšanas rezultāti. Izvēlēta smilts-grants maisījuma testēšanas rezultāti atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017 7.2.1. p. prasībām (reglamentēta kategorija  $C_{50/30}$ ).

Atbilstoši standartam LVS EN 1097-2 smilts-šķembu maisījumam ar Losandželas metodi noteikta drūpināšanas izturība (abrazivitāte), kas raksturo šķembu karkasa abrazīvo nodilumu ceļa seguma ekspluatācijas laikā. Šī nodiluma rezultātā var parādīties papildu putekļu daudzums no “šķemba pret šķemba” (*stone-to-stone*) daļiņu nodrupuma karkasā (skat. 2.24. att.). Izvēlēta smilts-grants maisījuma Losandželas koeficients (LA) frakcijai 10–14 ir 38, kas atbilst Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017 7.2.2. p. prasībām  $< 45$  (reglamentēta kategorija  $LA_{45}$ ).

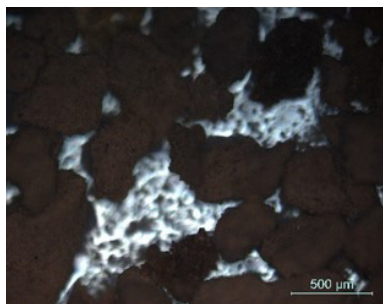
Atbilstoši standartam LVS EN 1367-2 grants materiāla frakcijai 10–14 mm tika testēts magnija sulfāta rādītājs, kas raksturo materiāla salumkusumizturību. Iegūtais magnija sulfāta rādītājs ir 31,0 %, kas saskaņā ar standarta LVS EN 13242 7.3.3. punktu atbilst kategorijai  $MS_{35}$ , kas saskaņā ar VSIA “Latvijas Valsts ceļi” izstrādātajām Ceļu specifikācijām 2019 atbilst izmantošanai nesaistītajos autoceļu segumos ar  $AADT_{j,smagie} \leq 500$  [34].

### 2.2.2. Minerālmateriāla un atputekļošanas līdzekļu mijiedarbības novērtēšana ar mikroskopijas metodi

Par grants minerālmateriāla mijiedarbību ar AL pirms un pēc novecināšanas no dažādiem skatu punktiem var spriest izmantojot vairākas viena otru papildinošas metodes, tostarp



(a)



(b)

**2.24. att.** Šķembu nodilums smilts-šķembu karkasa kontaktpunktos: (a) jauns karkass; (b) neliels nodilums kontaktpunktos – karkasa stiprība atbilstoša, jo saglabāties “šķemba pret šķemba” kontaktpunktu skaits; (c) liels nodilums kontaktpunktos – samazināta karkasa stiprība, jo samazinājies šo kontaktpunktu skaits [42].

**2.25. att.** Grants paraugu divu dažādu frakciju mikroskopijas uzņēmumi: (a) – smalkā frakcija, kam daļiņu izmēri mazāki par 0,063 mm; (b) – rupjā frakcija, kam daļiņu izmēri ir no 0,063 mm līdz 1 mm.

mikroskopiju (apskatīts šajā sadaļā), cikliskās mitrināšanas-žāvēšanas testu (aprakstīts 2.2.3.2. sadaļā), granulometrisko testēšanas metodi (aprakstīts 2.2.5. apakšnodaļā) un mehānisko īpašību noteikšanu (aprakstīts 2.2.8.4. sadaļā).

Lai raksturotu lignosulfonātu AL mijiedarbību ar putekļus veidojošajām daļiņām, veikta mikroskopiskā analīze grants smalko daļiņu frakcijai (daļiņu izmēri mazāki par 0,063 mm; skat. 2.25. (a) att.), kas ar sietu palīdzību tika atdalīta no rupjās frakcijas (daļiņu izmēri no 0,063 mm līdz 1 mm; skat. 2.25. (b) att.). Kā redzams 2.26. (a) attēlā, pēc lignosulfonāta AL uznešanas notiek putekļveida daļiņu sasaistīšana, kas vairs neļauj izšķirt atsevišķās daļiņas. Pēc izžūšanas jau ir izveidojies ar AL saistīts grants daļiņu slānis (skat. 2.26. (b) att.).

## 2.2.3. Žūšanas/mitruma saglabāšanas tests

### 2.2.3.1. Atputeļjotas grants mitruma izmaiņas dinamika klimata kamerā

Lai novērtētu ar AL neapstrādāta un ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma spēju absorbēt apkārtējā gaisa mitrumu dažādās temperatūrās, testēšanai tika pakļauti:

- ar AL neapstrādāts grants maisījums;
- ar lignosulfonātu apstrādāts grants maisījums (izvēlēts viens no lignosulfonātiem – *Dustex*, jo lignosulfonāti atputekļošanas efektu nodrošina, nevis piesaistot apkārtējā gaisa mitrumu, bet gan saistot grants maisījuma daļiņas, tāpēc, tāpat kā neapstrādātam grants maisījumam, arī ar lignosulfonātu apstrādātam grants maisījumam mitruma piesaistes spēja nav noteicošā īpašība, līdz ar to lignosulfonātu klātbūtnes novērtējumam šajā gadījumā ir pietiekami ar viena lignosulfonāta izmantošanu, un iegūtie dati ir attiecināmi uz jebkuru lignosulfonātu izmantošanu konkrētajās koncentrācijās);
- ar kalcija hlorīdu *CC Road* apstrādāta grants;
- ar kalcija hlorīdu *CC Road* un lignosulfonātu *Dustex* apstrādāts grants maisījums;
- tīrs kalcija hlorīds – *CC Road* (jo kalcija hlorīds atputekļošanas efektu nodrošina, piesaistot apkārtējā gaisa mitrumu, tāpēc lietderīgi izvērtēt šo kalcija hlorīda mitruma piesaistes spēju arī bez citu materiālu klātbūtnes).

Sagatavoti pieci dažādi paraugi (katrs – ap 350 g) ar atšķirīgu norādīto AL koncentrāciju:

- ar AL neapstrādāts grants maisījums;
- grants maisījums ar *CC Road* 77 %, iemaisot daudzumu, kas līdzvērtīgs izbēršanas normai 600 g/m<sup>2</sup> tīrā kalcija hlorīdā;
- grants maisījums ar *Dustex* 49,5 %, iemaisot daudzumu, kas līdzvērtīgs izliešanas normai 2,0 l/m<sup>2</sup>;



- grants maisījums ar *Dustex* 49,5 % ( $1,0 \text{ l/m}^2$ ) un *CC Road* 77 % ( $300 \text{ g/m}^2$ );
- tīrs *CC Road* 77 %.

Apsvērumi temperatūras un mitruma režīmu izvēlei (www.meteo.lv statistikas dati):

- visaugstākā fiksētā temperatūra Latvijā  $+37,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- vidējā gaisa temperatūra Latvijā jūlijā  $+17,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- vidējā gaisa temperatūra Latvijā 2021. gadā  $+21,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- vidējais gaisa mitrums Latvijā – 81 %;
- vismazākais vidējais gaisa mitrums maijā – 71 %;
- vislielākais vidējais gaisa mitrums decembrī – 89 %;
- vidējais gaisa mitrums 2021. gada jūlijā – 71 % (64 % Rīgā – 76 % Kolkā).

Par gaisa temperatūras mērīšanu:

- meteorologi pasaulē visa veida, arī gaisa temperatūras, novērojumus veic pēc vienota Pasaules meteoroloģijas organizācijas (*WMO*) noteikta standarta;
- gaisa temperatūras mērījumi tiek veikti atklātā vietā, lai termometra tuvumā nebūtu nekādu lokālu siltuma vai aukstuma avotu un termometra rādījumus iespaidotu tikai gaisa temperatūras izmaiņas;
- gaisa temperatūras mērījumi Latvijā un citur pasaulē tiek veikti divu metru augstumā virs zemes virsmas, kas klāta ar mērījumu vietai raksturīgu dabisko veģetāciju. Visbiežāk tā ir zāle, kuras augstums tiek uzturēts zem 20 cm, ziemā tā ir sniega sega tās dabiskajā augstumā;
- gaisa temperatūras mērīšanai izmanto automātiskos temperatūras sensorus ar aizsargekrānu, kuri nosaka vairākus parametrus vienlaicīgi (piemēram, minimālā temperatūra, faktiskā temperatūra u. tml.). Mērījumi tiek veikti ik minūti, pārraidot datus tiešsaistē uz centrālajiem datu serveriem. Automātiskais temperatūras sensors ar aizsargekrānu tiek uzstādīts novērojumu mastā kopā ar citiem sensoriem.

Pieņemtie gaisa mitruma un temperatūras režīmi:

- $+10 \text{ }^\circ\text{C}$  (aptuvenā temperatūra vasarā no rīta), gaisa mitrums – 25 %, 55 % un 85%;
- $+35 \text{ }^\circ\text{C}$  (aptuvenā maksimāli iespējama temperatūra vasarā pēcpusdienā ēnā), gaisa mitrums – 25 %, 55 % un 85 %.

Pieņemtie paraugu izturēšanas laika režīmi:

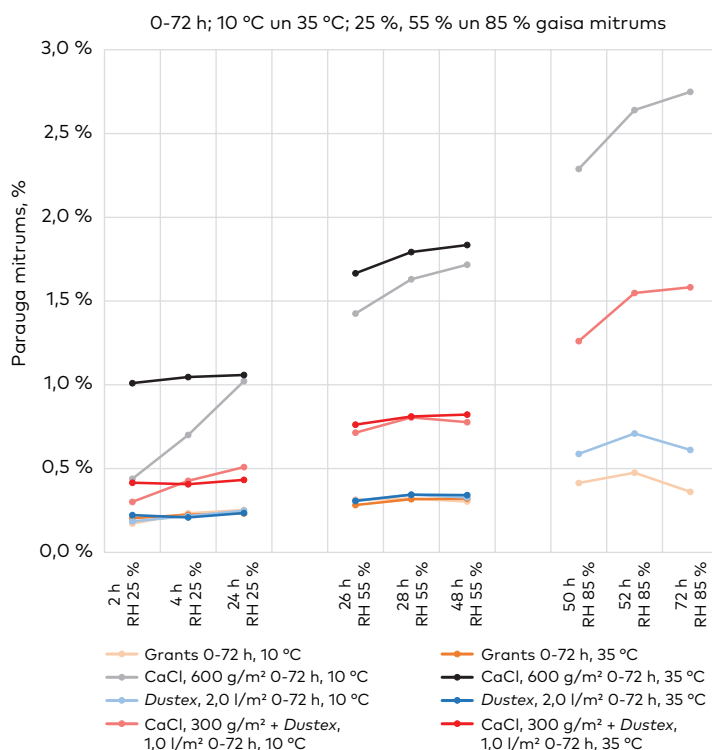
- 0–72 h (izžāvēti paraugi izturēti konkrētajā temperatūrā 72 h, ik pēc 24 h paaugstinot gaisa mitrumu);
- 3 x 24 h (izžāvēti paraugi pēc izturēšanas 24 h konkrētajā temperatūrā un mitrumā izžāvēti, tad izžāvētie paraugi ievietoti konkrētajā temperatūrā pie nākamā gaisa mitruma uz 24 h, un tāpat turpinot vēl vienu ciklu).

Paraugu izturēšanas režīmi klimata kamerā (detāli):

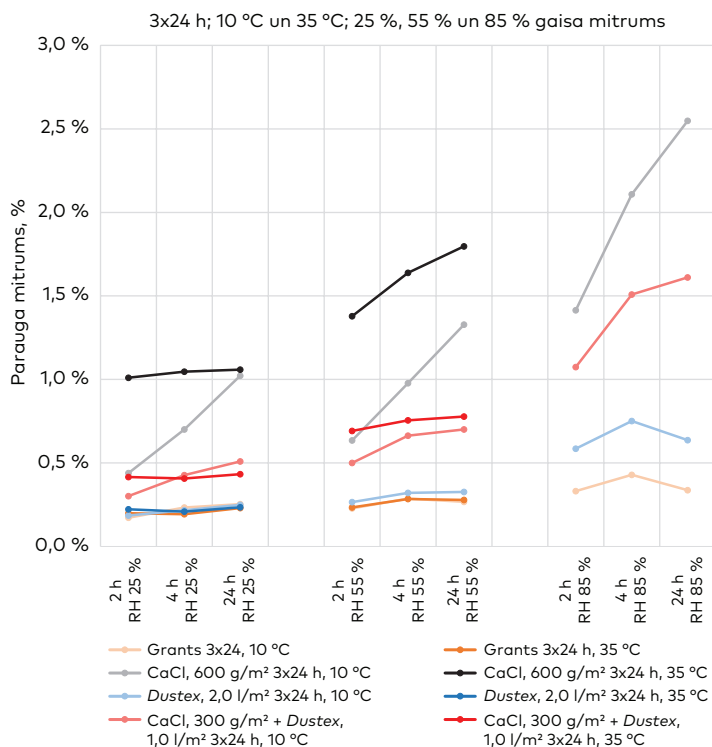
- izžāvētie paraugi tika ievietoti klimata kamerā  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā un 25 % gaisa mitrumā, izturēti šajā vidē vienu diennakti, tad gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 55 %

un paraugi izturēti vēl vienu diennakti, pēc tam gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 85 % un paraugi izturēti vēl vienu diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti pēc 2, 4, 24, 26, 28, 48, 50, 52 un 72 stundām;

- izžāvētie paraugi tika ievietoti klimata kamerā 35 °C temperatūrā un 25 % gaisa mitrumā, izturēti šajā vidē vienu diennakti, tad gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 55 % un paraugi izturēti vēl vienu diennakti, pēc tam gaisa mitrums tika paaugstināts līdz 85 % un paraugi izturēti vēl vienu diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti pēc 2, 4, 24, 26, 28, 48, 50, 52 un 72 stundām;
- izžāvētie paraugi tika ievietoti klimata kamerā pie 10 °C temperatūrā un 25 % gaisa mitrumā, izturēti šajā vidē vienu diennakti, tad paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 55 % un paraugi izturēti vienu diennakti, pēc tam paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 85 % un paraugi izturēti vēl vienu diennakti. Paraugu starpsvērumi veikti katrā mitruma režīmā pēc 2, 4 un 24 stundām. Šie paraugi no 1. parauga atšķiras ar to, ka pirmajos divos punktos paraugi stāvēja klimata kamerā trīs dienas bez izņemšanas, ik pēc dienas paaugstinot mitrumu, otrajos divos punktos katrā temperatūrā un katrā mitrumā izturēja iepriekš izžāvētu paraugu;



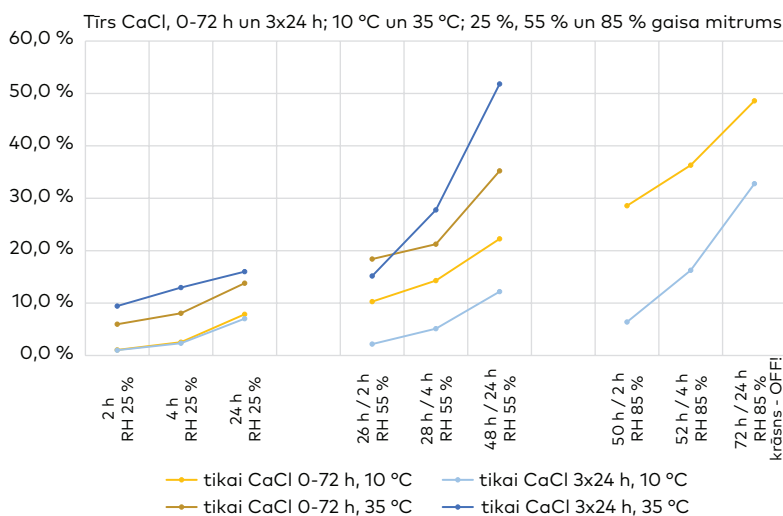
**2.27. att.** Ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 °C un 35 °C temperatūrā, ik pēc diennakts paaugstinot gaisa mitrumu 25 % – 55 % – 85 % – un katrā no tiem paraugus izturot 24 stundas.



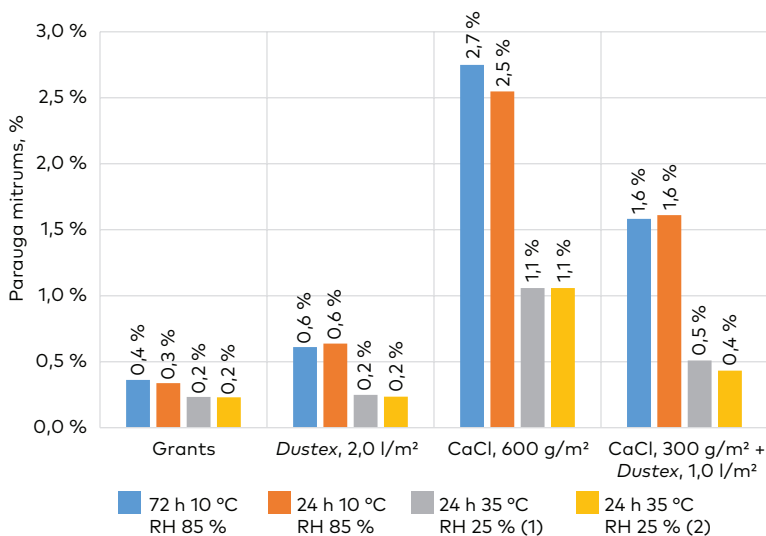
**2.28. att.** Ar dažādiem AL apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 °C un 35 °C temperatūrā, ik pēc diennakts paaugstinot gaisa mitrumu 25 % – 55 % – 85 %, bet pirms katra cikla paraugus izžāvējot.

- izžāvēti paraugi tika ievietoti klimata kamerā 35 °C temperatūrā un 25 % gaisa mitrumā, izturēti šajā vidē vienu diennakti, tad paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 55 % un paraugi izturēti vienu diennakti, pēc tam paraugi tika izžāvēti, gaisa mitrums paaugstināts līdz 85 % un paraugi izturēti vēl vienu diennakti. Starpsvērumi veikti pēc 2, 4 un 24 stundām.

Analizējot iegūtos rezultātus (skat. 2.27.–2.31. att.), konstatēts, ka:

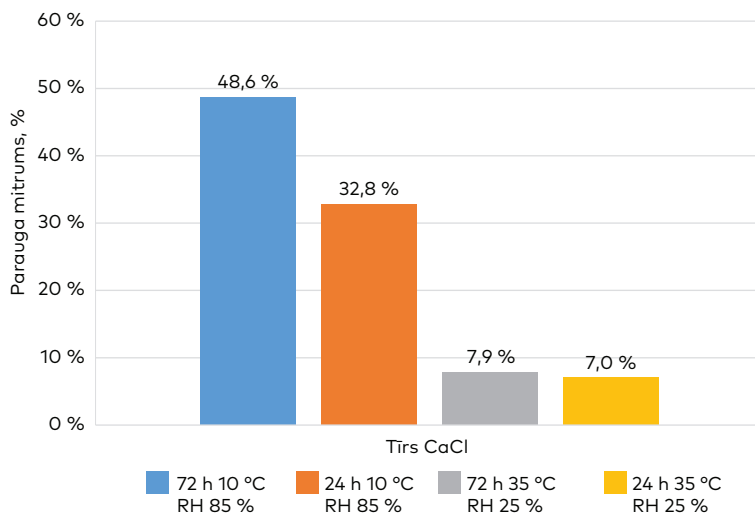


**2.29. att.** Ar AL CC Road 77 % apstrādāta grants maisījuma izžāvētu paraugu apkārtējā gaisa mitruma absorbcijas spēja 10 °C un 35 °C temperatūrā, ik pēc 24 h paaugstinot gaisa mitrumu 25 % – 55 % – 85 % un katrā paraugus gan izturot 24 h, gan arī pirms katra 24 h cikla izžāvējot.



**2.30. att.** Mitruma absorbcijas spēja atkarībā no gaisa mitruma un temperatūras.

- lielāku apkārtējā gaisa mitrumu piesaista paraugi, kas apstrādāti ar kalcija hlorīdu;
- jo lielāks ir kalcija hlorīda daudzums, jo lielāku mitruma apjomu paraugs piesaista, to raksturo arī tīra kalcija hlorīda spēja intensīvi piesaistīt lielu apkārtējā gaisa mitruma daudzumu;
- tīrs grants maisījums piesaista salīdzinoši nelielu apkārtējā gaisa mitruma daudzumu;
- ja gaisa mitrums ir mazāks (25–55 %), ar *Dustex* lignosulfonātu apstrādātie paraugi, līdzīgi kā tīrs grants maisījums, piesaista nelielu gaisa mitruma daudzumu, bet, ja gaisa mitrums ir lielāks (85 %), paraugu ar lignosulfonātu piesaistītā mitruma daudzums salīdzinājumā ar tīru grants maisījumu palielinās;



**2.31. att.** Mitruma absorbcijas spēja atkarībā no gaisa mitruma un temperatūras (tīrs kalcija hlorīds).

- neatkarīgi no izturēšanas ilguma klimata kamerā galvenais noteicošais paraugu uzņemtā mitruma daudzums testēšanai noteiktajos apstākļos vienas diennakts ciklā ir apkārtējā gaisa mitrums, ko ietekmē arī temperatūra;
- apstākļos, kas raksturojami kā karsta vasaras pēcpusdiena (35 °C, gaisa mitrums 25 %), tīra kalcija hlorīda spēja piesaistīt mitrumu var samazināties pat vairākas reizes salīdzinājumā ar drēgnām vasaras naktīm un rītiem (10 °C, gaisa mitrums 85 %), ko ir svarīgi ievērtēt, ja par AL izvēlēts kalcija hlorīds.

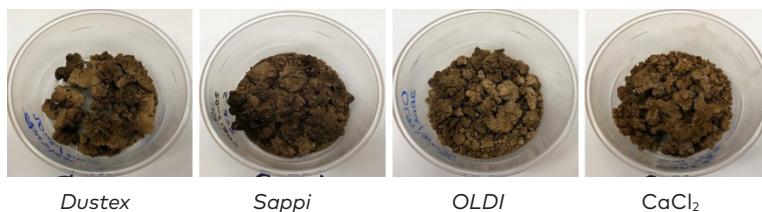
### 2.2.3.2. Cikliskais mitrināšanas/žāvēšanas tests

Lai noteiktu grants putekļu aglomerātu noturību pret ūdens iedarbību, tika veikts eksperiments par mitrināšanas/žāvēšanas ciklu ietekmi uz grants putekļu aglomerātu noārdīšanos. Testēšanai izmantoti paraugi, kuros putekļi tika sasaistīti aglomerātos ar 20 % koncentrācijas *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* lignosulfonātu ūdens šķīdumiem, kā arī ar 30 % *CC Road*  $\text{CaCl}_2$  šķīdumu ar patēriņa normu 1,3 l/m<sup>2</sup> (skat. 2.32. att.).

Atputekļotāja ūdens šķīdumu iemaisīja 100 g grants paraugā. Pēc žāvēšanas žāvskapī 105 °C temperatūrā apstrādāto grants paraugu uz 24 stundām atstāja istabas temperatūrā, lai sasniegtu līdzsvarmitrumu ar gaisu. Pēc tam, izmantojot sietu komplektu, tika noteikts ar atputekļotāju apstrādāto grants paraugu frakcionālais sastāvs. Tas tika pieņemts kā mitrināšanas/žāvēšanas “nulltais” cikls.

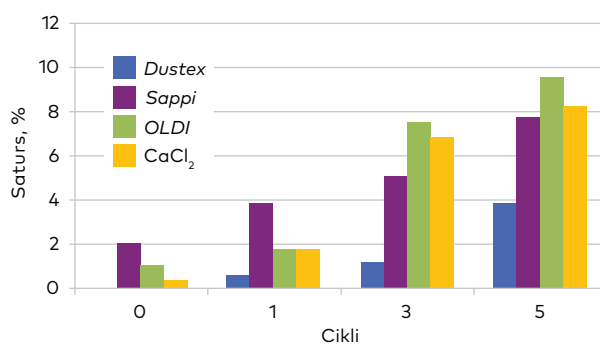
Tad grants paraugu ar noteikto frakcionālo sastāvu apstrādāja ar 50 ml ūdens un atstāja uz 24 stundām istabas temperatūrā, pēc tam izturēja žāvskapī 105 °C temperatūrā. Pēc žāvēšanas grants paraugam vēlreiz tika noteikts putekļu daļiņu saturs, kas atbilda mitrināšanas/žāvēšanas pirmajam ciklam. Metodikā bija paredzēta vismaz piecu šādu mitrināšanas/žāvēšanas ciklu atkārtošana. Frakcionālā sastāva salīdzinājums pēc mitrināšanas/žāvēšanas ciklu veikšanas ļāva novērtēt grants putekļu saturu un izveidojušos putekļu aglomerātu pretestību ūdens iedarbībai.

Saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem (skat. 2.34. att.), palielinoties mitrināšanas/žāvēšanas ciklu skaitam, palielinās putekļu daudzums un samazinās lielo agregātu saturs visos paraugos. Pēc 1. cikla (skat. 2.34. att.) vislielākais putekļu pieaugums – gandrīz divas reizes – tika novērots putekļu paraugā, kas tika apstrādāts ar *OLDI* un *Sappi*, bet vismazākais – paraugā, kuru apstrādāja ar *Dustex*. Pēc trīs mitrināšanas/žāvēšanas cikliem (skat. 2.35. att.) putekļu saturs turpināja pieaugt, sasniedzot attiecīgi 1,5 %, 4,9 %, 7,8 % un 7,5 % paraugos, kuri tika apstrādāti ar *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* lignosulfonātiem vai *CC Road*  $\text{CaCl}_2$ . Vislielākais putekļu daudzums paraugos veidojās pēc pieciem mitrināšanas/žāvēšanas cikliem (skat. 2.36. un 2.37. att.), kad putekļu saturs grants paraugos, kas tika apstrādāti ar *Dustex* un *Sappi*, bija 4,0 %

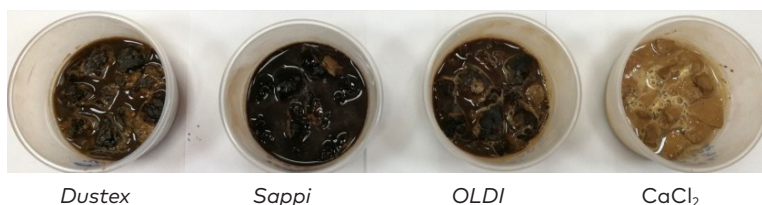


**2.32. att.** Izejas grants-putekļu agregāti, kas tika iegūti, apstrādājot grants putekļus ar *Dustex*, *Sappi*, *OLDI* un *CC Road AL*.

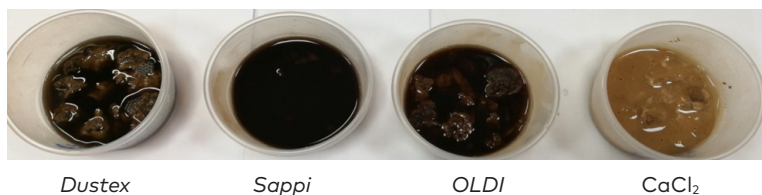
un 7,9 %. Vienlaikus paraugos, kas tika apstrādāti ar *OLDI* un *CC Road* šķīdumiem, putekļu saturs pēc pieciem mitrināšanas/žāvēšanas cikliem bija 8–10 reizes lielāks nekā to saturs sākotnējos paraugos (skat. 2.33. att.).



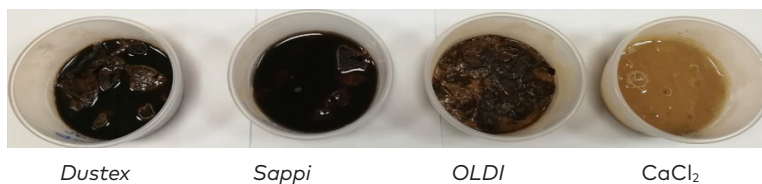
**2.33. att.** Putekļu daļiņu <0,1 mm saturs (%) ar dažādiem AL apstrādātos grants paraugos atkarībā no mitrināšanas/žāvēšanas ciklu skaita.



**2.34. att.** Izejas grants-putekļu agregāti, kas tika apstrādāti ar 50 ml ūdens (1. cikls).

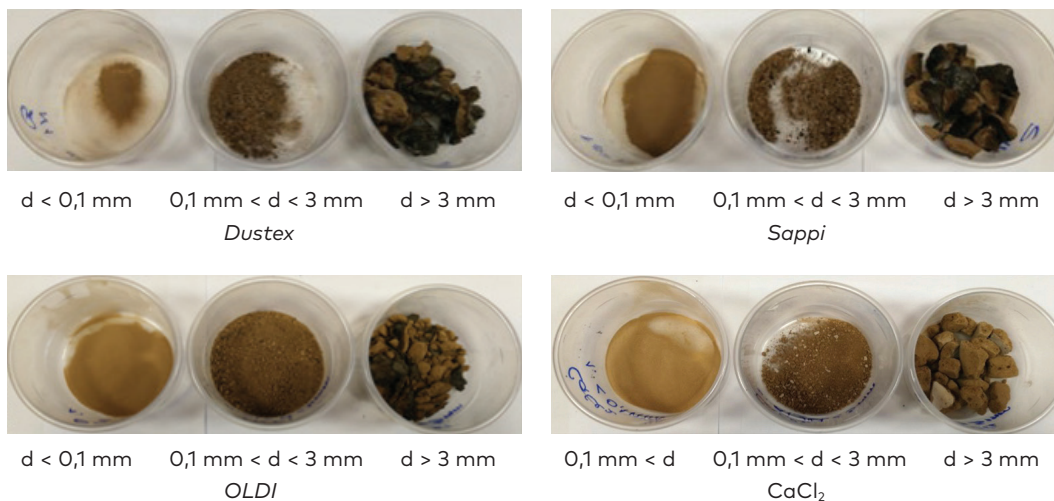


**2.35. att.** Grants-putekļu agregāti 3. mitrināšanas-žāvēšanas ciklā pēc apstrādes ar 50 ml ūdens.



**2.36. att.** Grants-putekļu agregāti 5. mitrināšanas-žāvēšanas ciklā pēc apstrādes ar 50 ml ūdens.



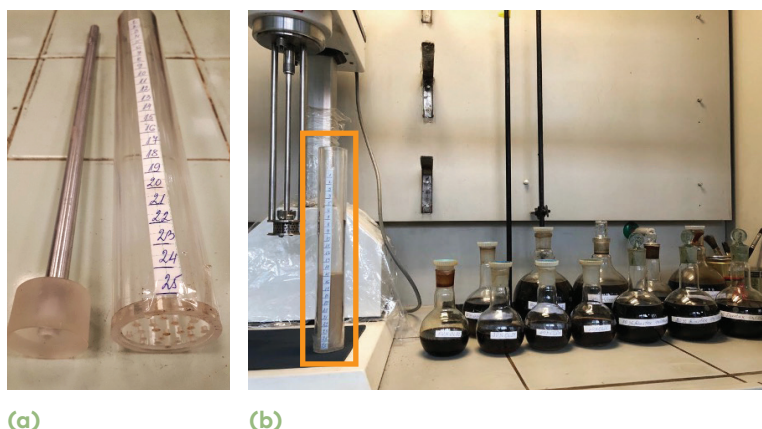


#### 2.2.4. Mitruma iespiešanās dziļuma noteikšana

AL šķīduma iespiešanās dziļums, kā arī mitruma iespiešanās kinētika neapstrādātas grants slānī un izskalošanās ātrums tika noteikts, izmantojot zviedru zinātnieku [8] izstrādāto metodiku, kas ļāva novērtēt AL migrāciju grants slānī, kā arī AL izskalošanās ātrumu. Mitruma iespiešanās noteikšana grants smalkās frakcijas paraugos, kā arī ar AL apstrādātajos paraugos veikta, izmantojot šim nolūkam speciāli izgatavotus organiskā stikla cilindrus ar perforētu pamatni (skat. 2.38. att.).

Šādi cilindri tika piepildīti ar grants smalko frakciju (skat. 2.38. (b) att.) un 25 slogošanas-atslogošanas ciklos sablīvēti, izmantojot arī speciāli izgatavotu virzuli un materiālu mehānisko īpašību universālo pārbaudes iekārtu *Zwick/Roell BDO-FB020TN*. Kā redzams 2.39. attēlā, kur parādīts sablīvēšanas process, sablīvēšana notika 25 secīgos ciklos, katrā no tiem grants slāni pakļaujot līdz  $\approx 2$  kN lielai slodzei. Slogošanas spēka izmaiņas pirmajā slogošanas ciklā parādītas 2.39. (b) attēlā, bet visa slogošanas perioda laikā – 2.39. (c) attēlā. Šādā veidā sablīvēšanai

**2.37. att.** Grants-putekļu agregātu frakcionālais sastāvs pēc 5. mitrināšanas-žāvēšanas cikla.



**2.38. att.** Speciāli izgatavotie perforētais cilindrs un virzulis (a) un ar smalko grants frakciju aizpildītais cilindrs (b).

patērētā enerģija viena cikla laikā bija  $\approx 6$  J, bet visa sablīvēšanas procesa laikā –  $\approx 15$  J.

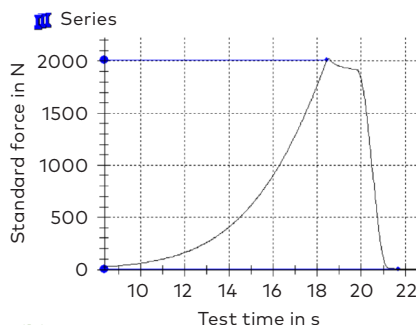
Nākamajā etapā uz četros cilindros sablīvētā grants slāņiem ar pipeti uzmanīgi tika iestrādāti četri dažādi AL (*Sappi*, *OLDI*, *Dustex*, *CC Road*) – viens AL uz vienu sagatavotu cilindru ar sablīvētu grants, kuru koncentrācijā bija  $2 \text{ l/m}^2$ . Salīdzināšanai tika izmantots arī ar granti sablīvēts, bet ar AL neapstrādāts cilindrs. Pēc 24 stundu izturēšanas, kad AL bija iesūcies grants virskārtā (skat. 2.40. att.), paraugi bija sagatavoti mitruma iespīšanās dziļuma noteikšanai. Mitruma iespīšanās dziļuma pārbaude tika veikta, ar pipeti noteiktus destilētā ūdens tilpuma daudzumus pievienojot uz neapstrādātu un ar AL pārklātu sablīvētas grants paraugu virsmas, tādējādi simulējot lietus iedarbību. Uz sablīvēto paraugu virsmas pievienoti šādi destilētā ūdens daudzumi: 1) 4 ml; 2) 20 ml; 3) 30 ml; 4) 50 ml un 5) 70 ml. Eksperimenta laikā tika mērīts ūdens iesūkšanās ātrums grants paraugos. Kad noteiktais ūdens tilpums grantī bija iesūcies, paraugus apstrādāja ar nākamo ūdens porciju. Slānim caurplūdušais šķidrums izfiltrēts caur vidēja blīvuma filtrpapīru, savākts vārglāzē un pēc penetrācijas testa beigām iztvaicēts  $60^\circ\text{C}$  temperatūrā. Sausais atlikums analizēts ar *ThermoFischer* Furjē transformāciju (*FTIR*) infrasarkanā starojuma spektrofotometru *Nicolet 6700* pavājinātās pilnīgās atstarošanās (*ATR*) darba režīmā. Testi veikti atbilstoši infrasarkanā spektrofotometra darba metodikai.

Par putekļus veidojošo daļiņu mijiedarbību ar AL liecināja arī AL iespīšanās tendence grants slānī, ko varēja labi novērot,

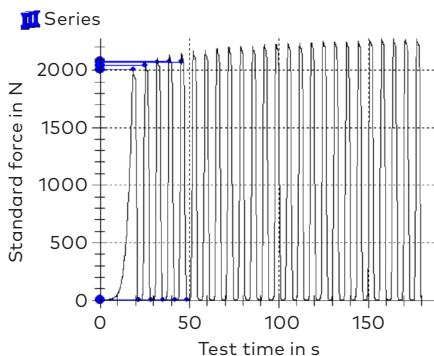
**2.39. att.** Ar smalko grants frakciju pildīta cilindra sablīvēšanas process (a), sloģošanas spēka izmaiņas viena sloģošanas cikla laikā (b), sloģošanas ciklu attēlojums sablīvēšanas procesa laikā (c) un sloģošanas ciklos patērētā enerģija (d).



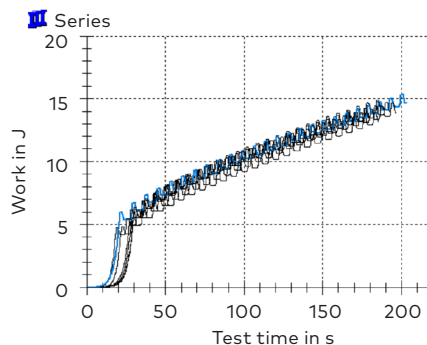
(a)



(b)

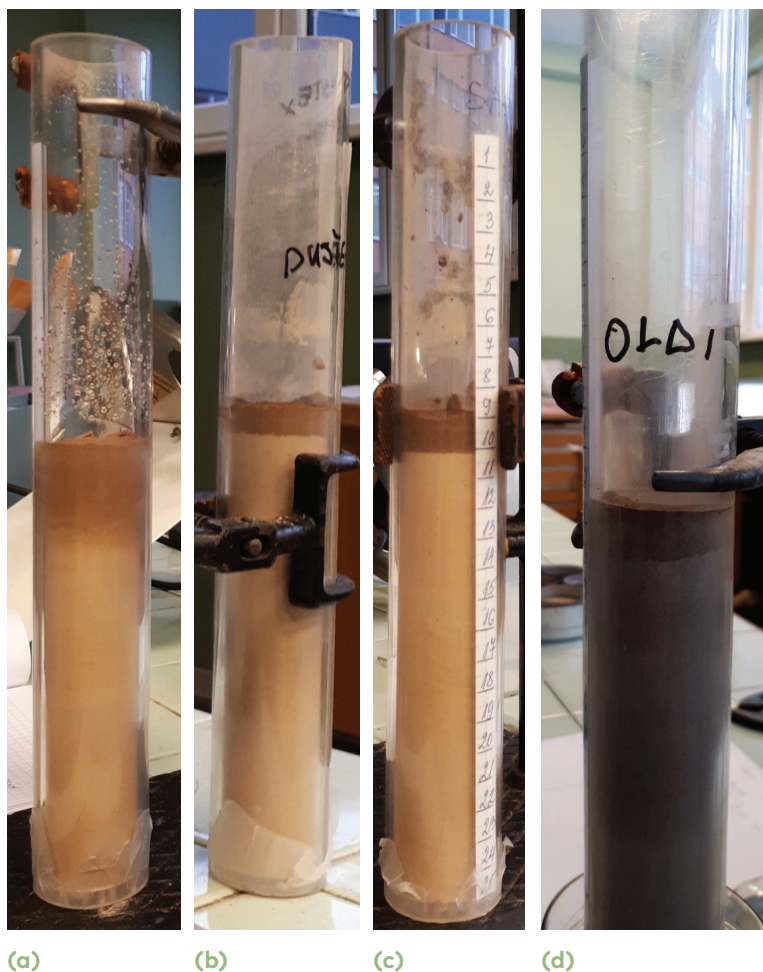


(c)



(d)

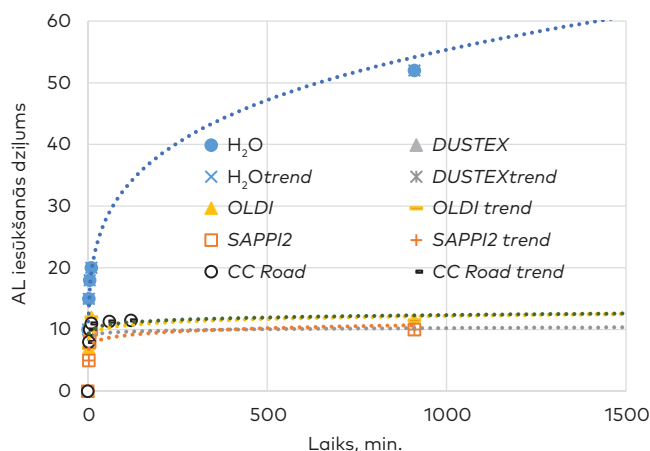




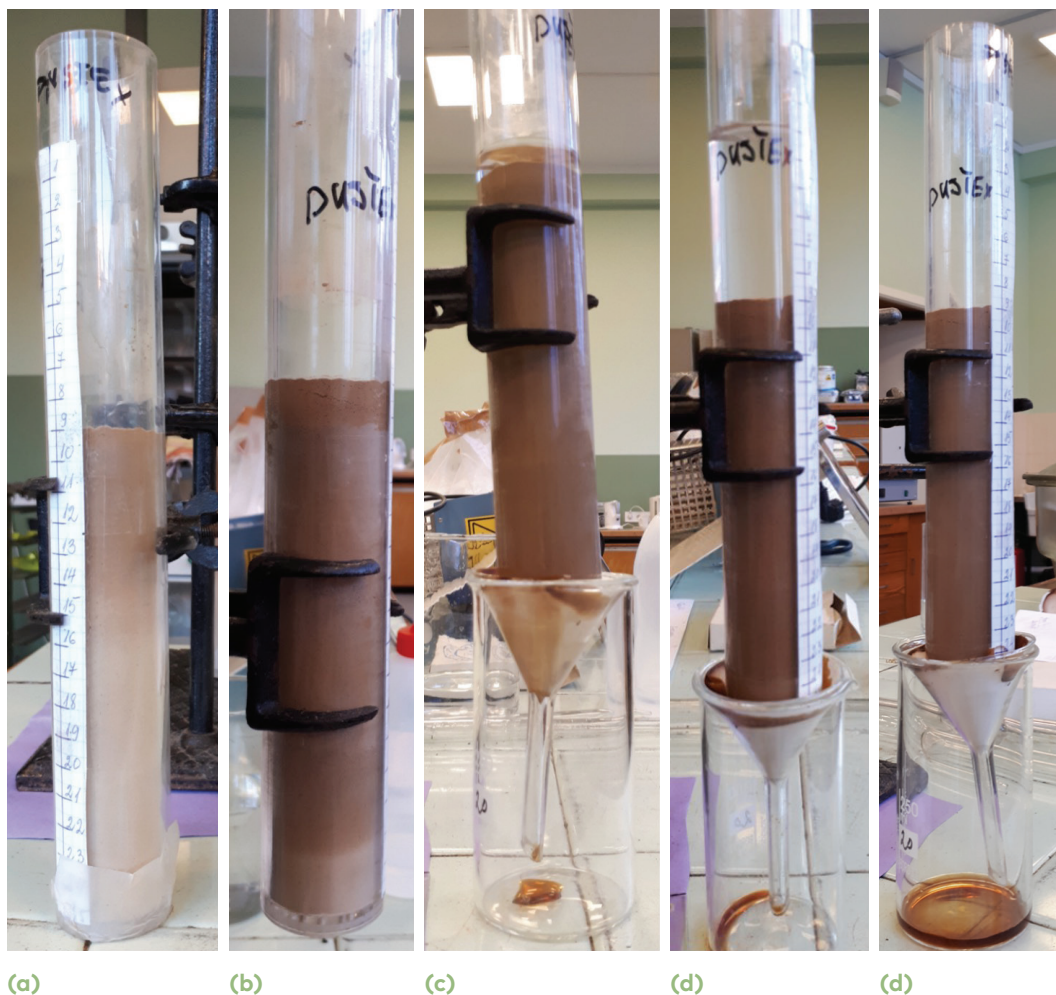
**2.40. att.** Sablīvētie paraugi: sablīvētas smalkās grants frakcijas slānis (a) un ar *Dustex* (b), *Sappi* (c) un *OLDI* AL pārklātie slāņi (d).

sagatavojot paraugus penetrācijas eksperimentiem (skat. 2.40. att.). Pēc lignosulfonātu AL uznešanas uz grants seguma virsmas novērota diezgan strauja AL iespiešanās grants virsējā slānī aptuveni 1 cm dziļumā, veidojot cietu garozas slāni. *CC Road* gadījumā, lai arī novēroja līdzīgas AL iespiešanās tendences, cietas garozas slānis neveidojās. Tas saistīts ar dažādiem putekļveida daļiņu sasaistīšanas mehānismiem: lignosulfonātu AL novērš putekļu veidošanos, sasaistot smalkās daļiņas garozas slānī, savukārt neorganisko sāļu AL novērš putekļu veidošanos, palielinot mitruma saturu grantī. Salīdzinot raksturojot AL iespiešanās ātrumu sablīvētā grants slānī, 2.41. attēlā redzams, ka tas visu izmantoto AL gadījumā ir aptuveni vienāds. Vienlaikus salīdzinājumā ar ūdens iespiešanās ātrumu AL iespiešanās ātrums grants virskārtā ir ievērojami mazāks.

2.42.–2.45. attēlā redzama progresējoša ūdens iespiešanās grants slānī, palielinoties vienā reizē pievienotajai ūdens devai no 4 ml līdz pat 70 ml, tādējādi kopējais paraugiem pievienotais ūdens daudzums sasniedza 174 ml. Tas ļāva

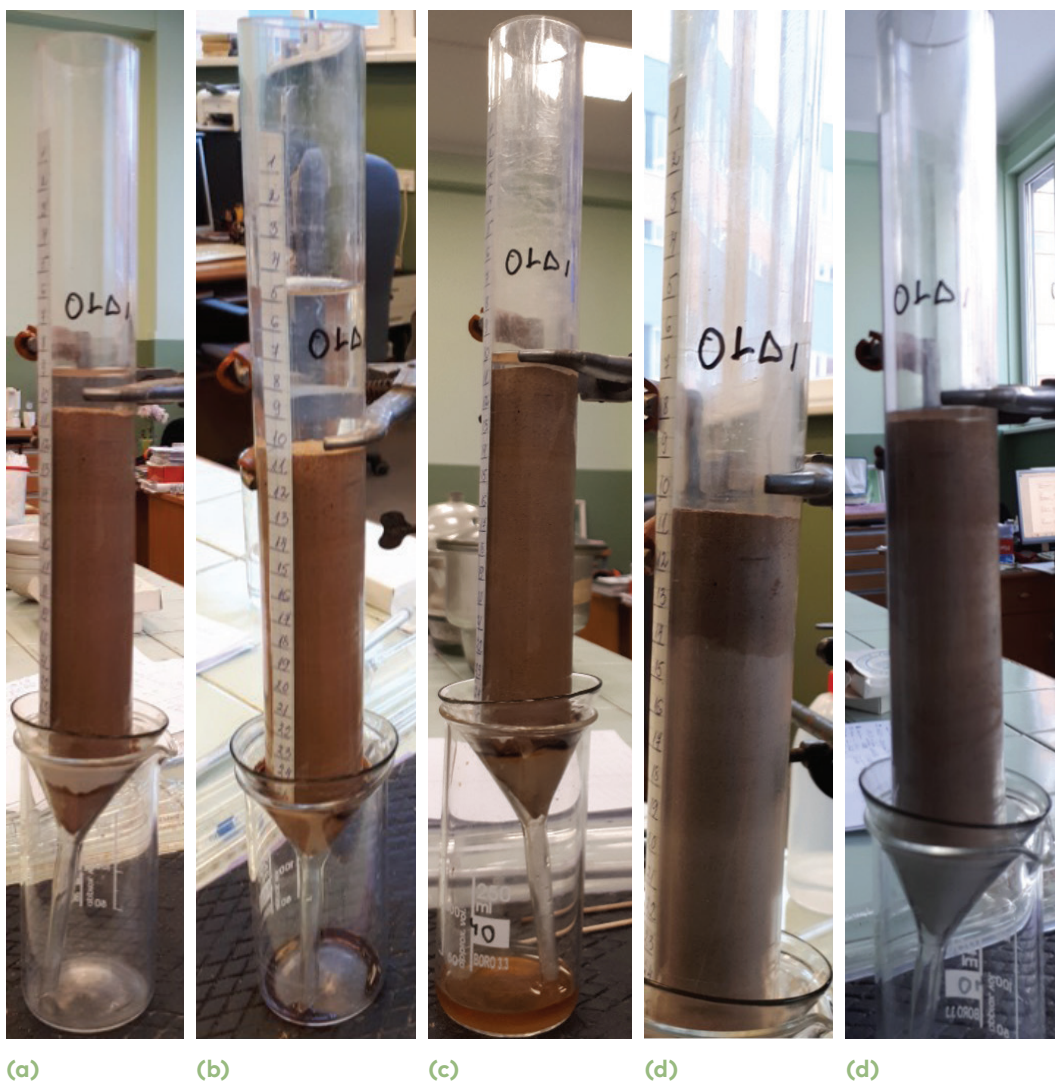


**2.41. att.** AL (deva – 2 l/m<sup>2</sup>) iespiešanās kinētika smalkajā grants frakcijā salīdzinājumā ar ūdens penetrāciju.



**2.42. att.** Ūdens iespiešanās ar *Dustex* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: (a) pēc 4 ml ūdens pievienošanas uznešanas un iespiešanās grantī; (b) pēc sekojošas 20 ml ūdens pievienošanas uznešanas un iespiešanās grantī; (c) pēc sekojošas 30 ml ūdens pievienošanas uznešanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; (d) pēc sekojošas 50 ml ūdens pievienošanas uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; (e) pēc sekojošas 70 ml ūdens pievienošanas uznešanas un daļējas caurspiešanās grants slānim (kopējais pievienotā ūdens daudzums: 174 ml).

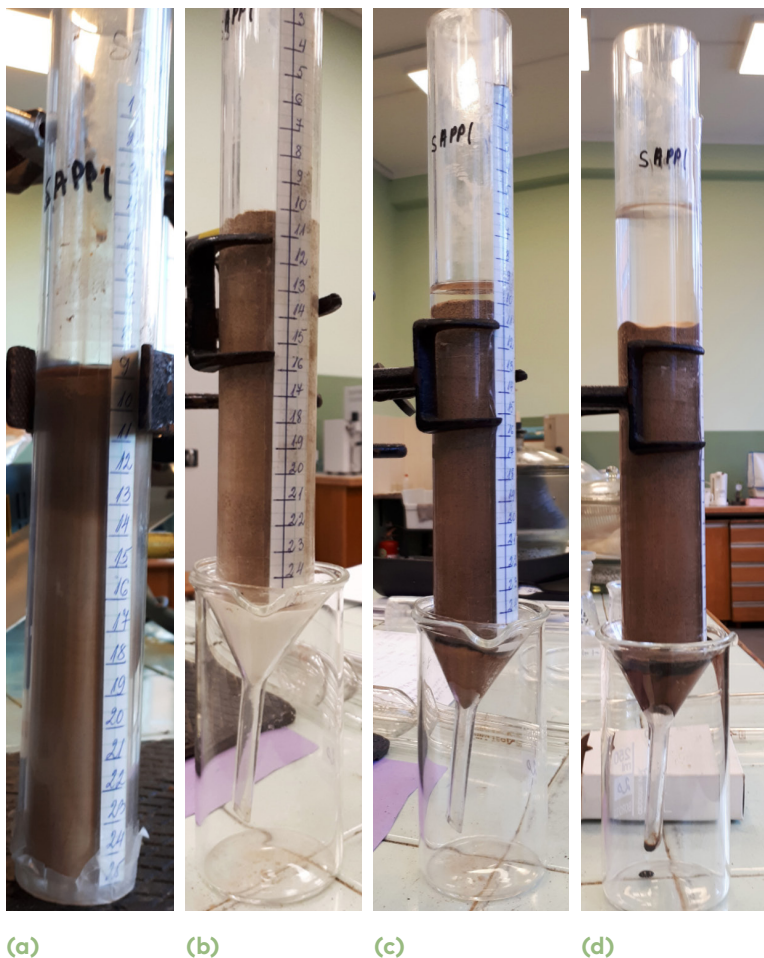
simulēt iespējamo dažāda daudzuma un intensitātes nokrišņu ietekmi uz neapstrādātas un ar AL pārklātas grants īpašībām. Idealizētajos penetrācijas eksperimenta realizācijas apstākļos ( $t = 23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  un  $RH = 50 \pm 5 \text{ } \%$ ) galvenokārt izvērtēta ūdens iespiešanās grants paraugu slānī, kamēr iztvaikošanas ietekme tika pieņemta kā nebūtiska, kas gan var atšķirties no reālās vides apstākļiem, kad atkarībā no laikapstākļiem vienlīdz iespējama ir gan ūdens iztvaikošana, gan infiltrācija, gan tieša notece. Redzams, ka realizētajā penetrācijas eksperimentā visu AL gadījumā aptuveni pēc 30 ml



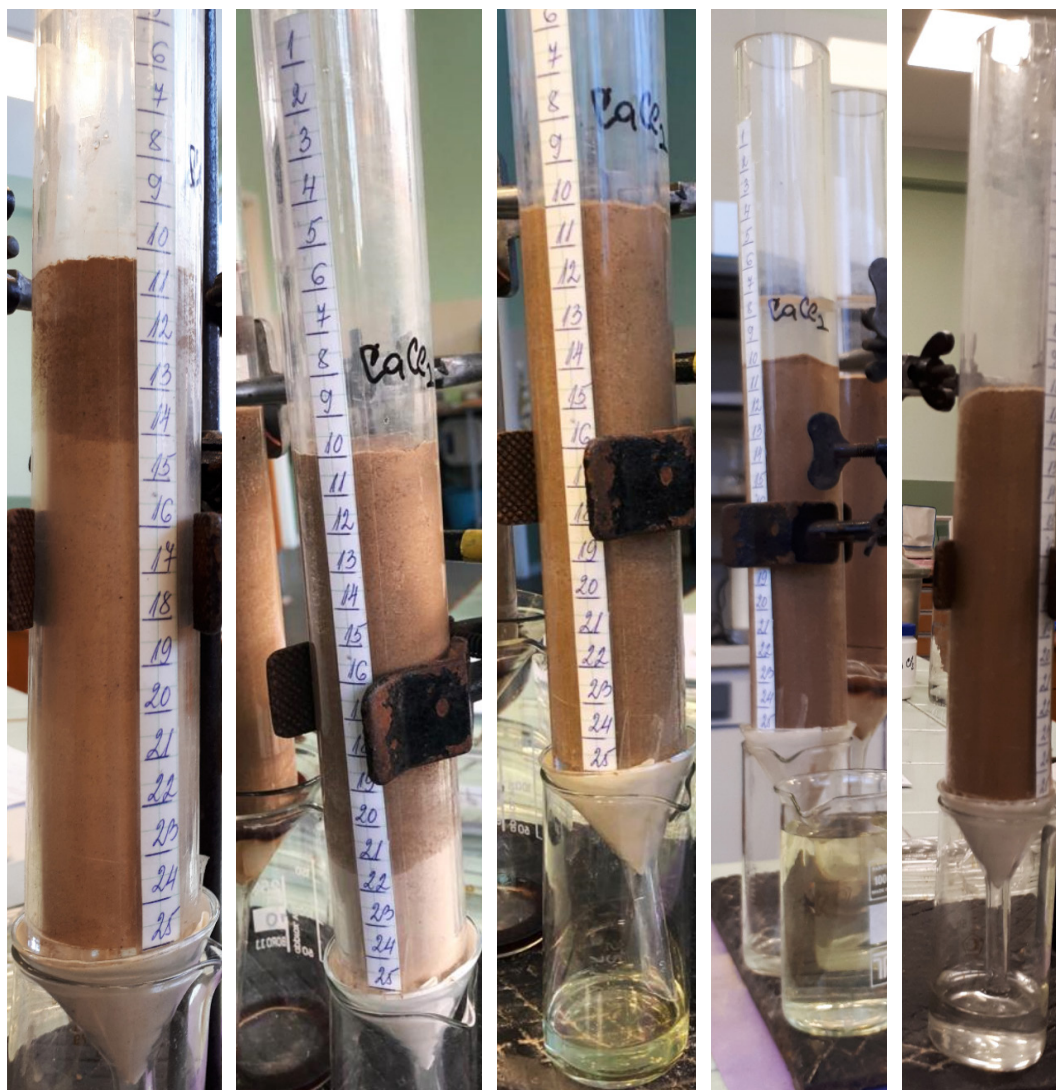
**2.43. att.** Ūdens iespiešanās ar OLDI pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: (a) pēc 4 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (b) pēc sekojošas 20 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (c) pēc sekojošas 30 ml ūdens pievienošanas uzņemšanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; (d) pēc sekojošas 50 ml ūdens pievienošanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; (e) pēc sekojošas 70 ml ūdens pievienošanas un daļējas caurspiešanās grants slānim (kopējais pievienotā ūdens daudzums: 174 ml).



ūdens pievienošanas novērojama infiltrāta veidošanās, par ko sākotnēji liecina filtrpapīra piesūcināšanās ar infiltrātu, un lignosulfonātu AL gadījumā arī iekrāsošanās raksturīgajā brūnganajā krāsā. Pēc tam notika infiltrāta uzkrāšanās. Salīdzinoši redzams, ka infiltrāta veidošanās visātrāk notiek ar *CC Road* pārklātā grants parauga gadījumā. Savukārt starp lignosulfonātu AL visstraujākā infiltrāta veidošanās novērota ar *Dustex* pārklātā grants parauga gadījumā, bet lēnāka – ar *Sappi* vai *OLDI* pārklāto paraugu gadījumā. Infiltrācijas procesa ātrums vienlaikus ir atkarīgs no seguma materiāla tipa, galvenokārt – tā caurlaidības, un seguma materiāla sablīvējuma pakāpes, turklāt ūdens infiltrācijas laikā, it īpaši pie lielākām vienreizējām devām, var notikt arī plaisu veidošanās noteiktos



**2.44. att.** Ūdens iespiešanās ar *Sappi* pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: (a) pēc 4 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (b) pēc sekojošas 20 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (c) pēc sekojošas 30 ml ūdens pievienošanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; (d) pēc sekojošas 50 ml ūdens pievienošanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; (kopējais pievienotā ūdens daudzums: 104 ml).



(a)

(b)

(c)

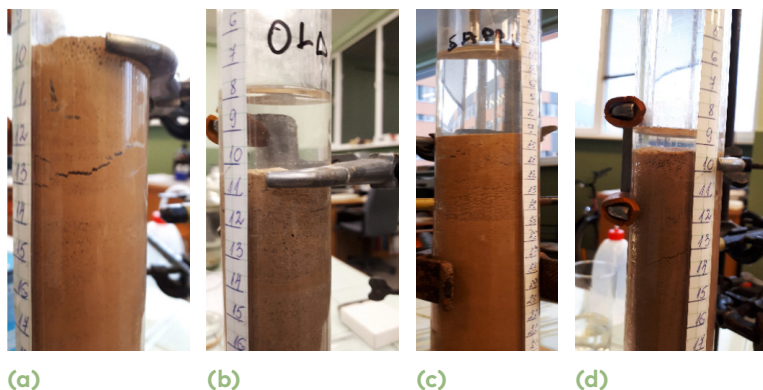
(d)

(e)

**2.45. att.** Ūdens iespiešanās ar CC Road pārklātā smalkās frakcijas grantī pēc dažāda ūdens daudzuma iedarbības: (a) pēc 4 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (b) pēc sekojošas 20 ml ūdens pievienošanas un iespiešanās grantī; (c) pēc sekojošas 30 ml ūdens pievienošanas brīdī, kad notikusi caurspiešanās grants slānim; (d) pēc sekojošas 50 ml ūdens pievienošanas un daļējas caurspiešanās grants slānim; (e) pēc sekojošas 70 ml ūdens pievienošanas un caurspiešanās grants slānim (kopējais pievienotā ūdens daudzums: 174 ml).

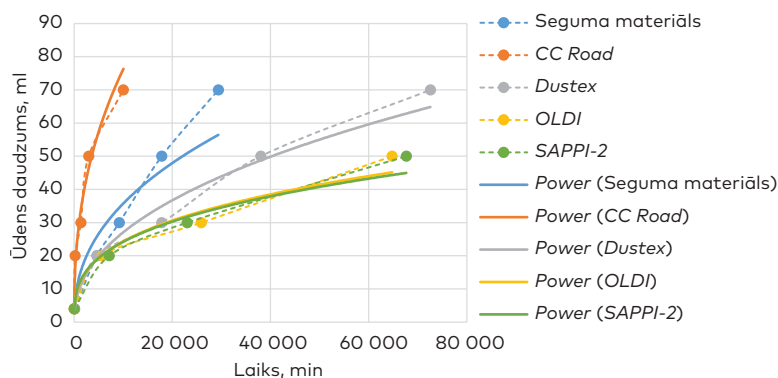
seguma materiāla slāņos (skat. 2.46. (a) att.), sablīvējuma joslu (skat. 2.46. (b) un (c) att.) un porainu slāņu veidošanās (skat. 2.46. (d) att.), kā arī citu defektu rašanās, kas var ietekmēt infiltrāta veidošanās intensitāti.

Ūdens iespiešanās ātrums ar dažādiem AL apstrādātā grantī parādīts 2.47. attēlā. Redzams, ka pie izmantotās metodikas vislielākais ūdens iespiešanās ātrums ir grantī, kas apstrādāta ar CC Road. Tas varētu būt saistīts ar neorganisko sāļu AL mitrumu



**2.46. att.** Novērojami defekti smalkās frakcijas grantī: (a) plaisa un dažāda sablīvējuma joslas ar *Dustex* pārklātas grants slāni; (b) dažāda sablīvējuma joslas ar *OLDI* pārklātā grants slāni; (c) dažāda sablīvējuma joslas ar *Sappi* pārklātā grants slāni; (d) plaisas un porains slānis grantī, kas vēl nav apstrādāts ar AL.

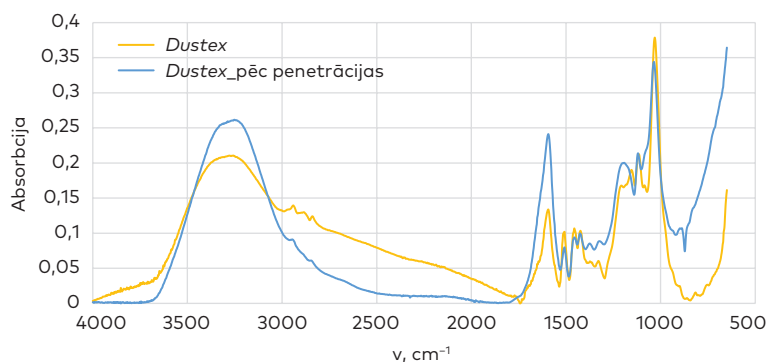
piesaistošo aktivitāti. Savukārt starp lignosulfonātu AL vislielākais ūdens iespiešanās ātrums novērots ar *Dustex* pārklātā grants segumā, bet vismazākais – ar *Sappi* pārklātā grants segumā. Ūdens iespiešanās gan neapstrādātā grantī, gan ar AL pārklātā grantī ar pietiekami augstu korelācijas koeficientu pakļaujas pakāpes vienādojumiem, kuri katra grants seguma materiāla gadījumā parādīti 2.5. tabulā.



**2.47. att.** Dažāda ūdens daudzuma iespiešanās ātrums/kinētika neapstrādātā un ar AL apstrādātā smalkās frakcijas grantī.

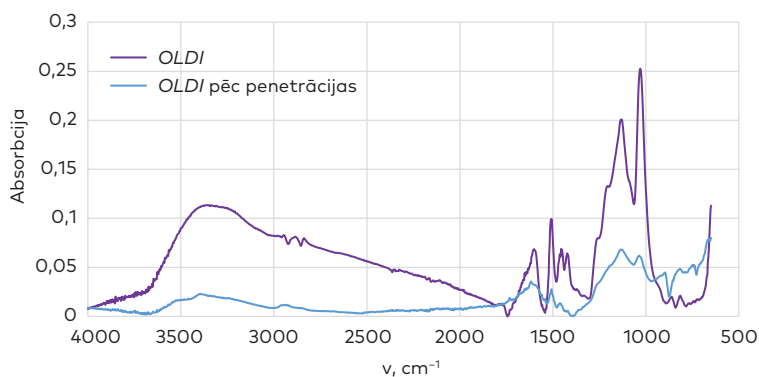
**2.5. tabula.** Ūdens iespiešanās grants seguma materiālos, kas apstrādāti ar dažādiem AL, raksturojošie vienādojumi

| Seguma materiāla veids                                       | Pakāpes vienādojums                      |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Neapstrādātas grants smalkā frakcija                         | $Y = 0,7203x^{0,4239}$<br>$R^2 = 0,9702$ |
| Ar <i>Dustex</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )     | $Y = 0,4669x^{0,4408}$<br>$R^2 = 0,9937$ |
| Ar <i>OLDI</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )       | $Y = 1,1618x^{0,3304}$<br>$R^2 = 0,9938$ |
| Ar <i>Sappi</i> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> )      | $Y = 1,2233x^{0,3241}$<br>$R^2 = 0,9938$ |
| Ar CaCl <sub>2</sub> apstrādāta grants (2 l/m <sup>2</sup> ) | $Y = 1,7595x^{0,4092}$<br>$R^2 = 0,9786$ |

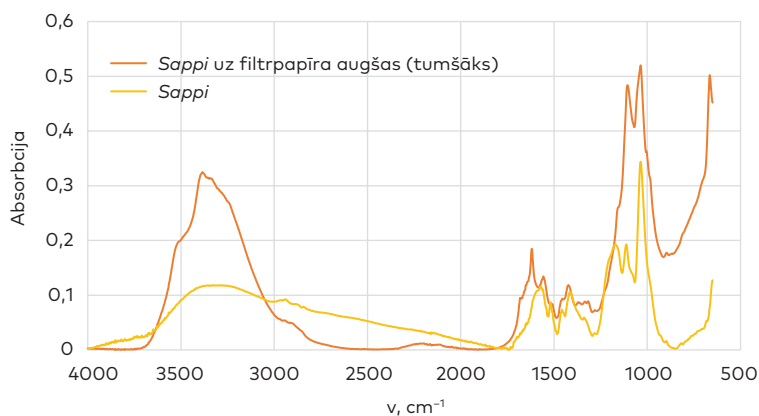


**2.48. att.** Caurizgājušā šķidruma/penetrāta FTIR spektri ar Dustex apstrādātai grantij.

Eksperimentu cikla ietvaros, izmantojot FTIR spektrofotometru, veikta grants slānim caurizgājušā infiltrāta ķīmiskā analīze. Pirms analīzes, lai palielinātu aktīvās vielas (lignosulfonāta vai  $\text{CaCl}_2$ ) koncentrāciju un tādējādi paaugstinātu metodes jutību, infiltrāts žāvēts 60 °C temperatūrā. Lai arī caurizgājušā infiltrāta analīzi ierobežoja iegūto analizējamo infiltrāta paraugu mazais daudzums, 2.48.–2.51. attēlā redzams, ka infiltrāts satur izskaloju AL. Ievērojot šo AL izskalošanos, jāatzīmē, ka, potenciāli

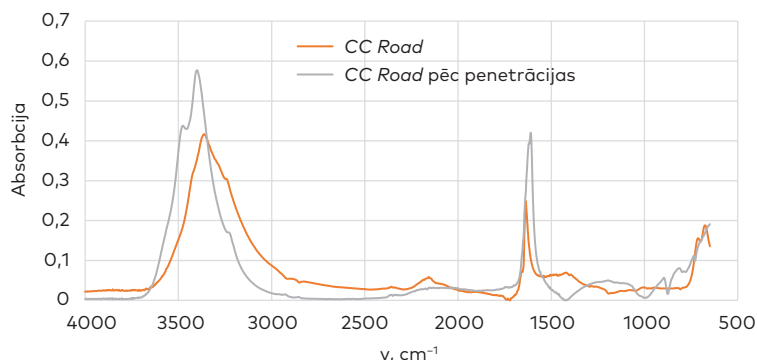


**2.49. att.** Caurizgājušā šķidruma/penetrāta FTIR spektri ar OLDI apstrādātai grantij.



**2.50. att.** Caurizgājušā šķidruma/penetrāta FTIR spektri ar Sappi apstrādātai grantij.





**2.51. att.** Caurizgājušā šķidruma/penetrāta FTIR spektri ar CC Road apstrādātai grantij.

izmantojot visus analizētos AL uz meža autoceļiem, ar laiku sagaidāma veiktās atputeķļošanas efektivitātes samazināšanās.

Lai novērtētu mitruma iedarbības ietekmi uz grants maisījumu, kurš apstrādāts ar lignosulfonātu, izgatavots ar Proktora metodi (šī metode reālā seguma sablīvēšanā tiek izmantota par nesaistītā saguma kvalitātes rādītāju) paraugs, kurš tika izžāvēts ventilējamā krāsnī un pēc tam uz vienu diennakti ievietots ūdenī, tādējādi imitējot atputeķļošanas līdzekļa mijiedarbību ar nokrišņiem. Kā redzams 2.52. attēlā, tad pēc izturēšanas ūdenī paraugs praktiski izjuka. Līdz ar to novērojumu rezultāti apliecina, ka lignosulfonāts, ūdenim iztvaikojot, sausos apstākļos grants materiāla daļiņas savstarpēji sasaista, bet atkārtotas mitruma iedarbības rezultātā lignosulfonāts atmieķšķējas un grants maisījums atgriežas nesaistīta maisījuma kondīcijā.



(a)



(b)

**2.52. att.** Ar lignosulfonātu apstrādāta grants maisījuma izžāvēts Proktora paraugs (a) un šis paraugs pēc izturēšanas ūdenī vienu diennakti (b).

### 2.2.5. Putekļu aglomerācijas noteikšana, izmantojot granulometrisku testēšanas metodi

Lai pārbaudītu lignosulfonātu atputeķļošanas īpašības, izmantoti grants putekļu paraugi, kurus nodrošināja SIA "Ceļu eksperts". Atbilstoši standarta LVS EN 933-1 prasībām noteikts iegūto paraugu granulometriskais sastāvs. Ar piestu sasmalcināto grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs iekļauts 2.6. tabulā. Saskaņā ar iegūto frakcionālo sastāvu <0,1 mm



izmēra putekļu frakcijas saturs grants paraugā bija 87,9 %. Atputekļošanas darbiem grants paraugs tika atbrīvots no frakcijas  $>100\ \mu$  daļiņām.

**2.6. tabula.** Izmantotās grants putekļu frakcionālais sastāvs

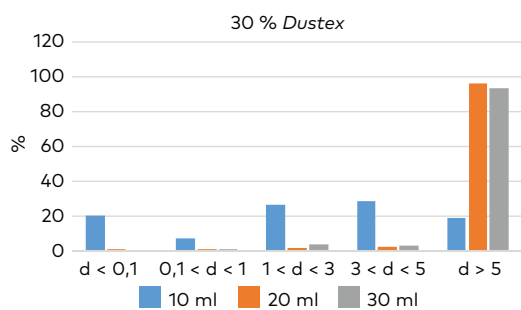
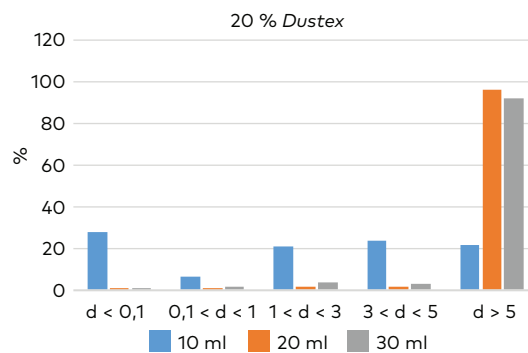
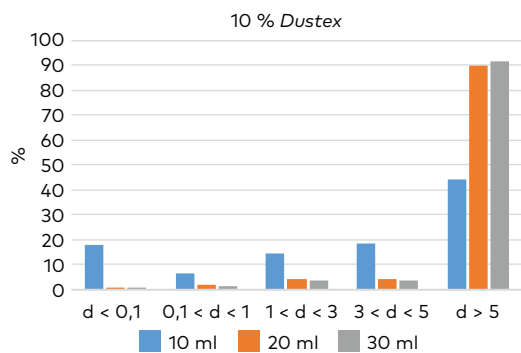
| Frakcijas Nr. | Frakcijas izmērs                      | Frakcijas daudzums, % |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Nr. 1         | $0,1\text{ mm} < d < 1,0\text{ mm}$   | 12,1                  |
| Nr. 2         | $0,05\text{ mm} < d < 0,1\text{ mm}$  | 65,3                  |
| Nr. 3         | $0,02\text{ mm} < d < 0,05\text{ mm}$ | 21,3                  |
| Nr. 4         | $d < 0,02\text{ mm}$                  | 0,6                   |

Grants putekļu aglomerāti iegūti, apstrādājot iegūto putekļu frakciju ar trim dažādiem lignosulfonātiem: *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* ūdens šķīdumiem koncentrācijā no 10 % līdz 30 % un patēriņa normu no 10 ml/100 g līdz 30 ml/100 g izžāvēto grants putekļu, manuāli samaisot piecu minūšu laikā. Ņemot vērā grants blīvumu, domājamo iestrādes dziļumu un apstrādāto grants putekļu masu, lignosulfonātu šķīdumu patēriņa normas "ml uz 100 g grants" tika aprēķinātas litros uz grants apstrādātās platības kvadrātmetru –  $0,7\text{ l/m}^2$  (10 ml lignosulfonāta šķīduma),  $1,3\text{ l/m}^2$  (20 ml lignosulfonāta šķīduma) un  $2,0\text{ l/m}^2$  (30 ml lignosulfonāta šķīduma). Efektivitātes novērtēšanai grants putekļu apstrādei tika izmantots arī 30 % kalcija hlorīda  $\text{CaCl}_2$  (*CC Road 77 %*) ūdens šķīdums, patēriņa norma 10–30 ml/100 g grants putekļu, ņemot vērā ūdens saturu *CC Road* atputekļotājā. Pēc apstrādes visi grants putekļu paraugi 2–3 dienas tika žāvēti istabas temperatūrā un frakcionēti. Frakcionēšana veikta, izmantojot iekārtu *Pulverisette* (*Frisch*, Vācija), kas aprīkota ar standartizētu sietu komplektu ar sietu caurumu izmēriem 5 mm, 3 mm, 1 mm un 0,1 mm (skat. 2.53. att.).

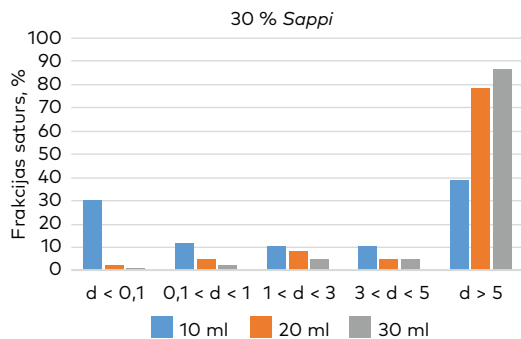
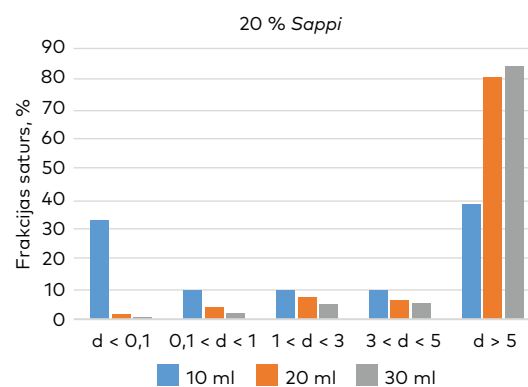
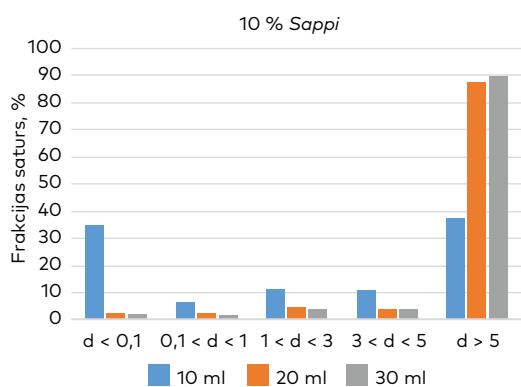
Ar *Dustex*, *OLDI*, *Sappi* un *CC Road* šķīdumiem apstrādāto putekļu paraugu frakcionālais sastāvs atkarībā no lietoto AL šķīdumu koncentrācijas un patēriņa normas parādīts no 2.54. līdz 2.57. attēlam.



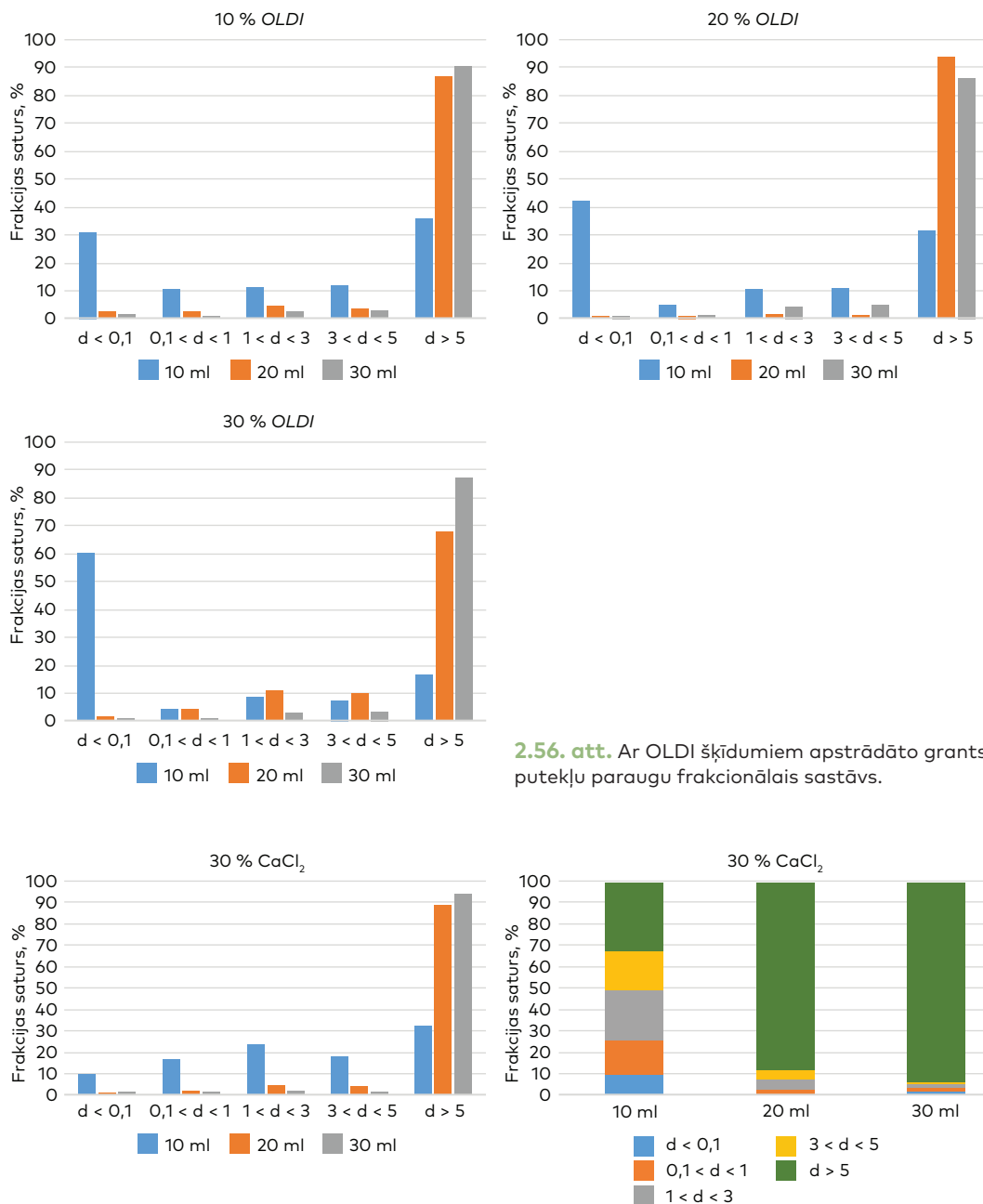
**2.53. att.** Ar sietu komplektu aprīkota iekārta *Pulverisette* ar AL apstrādāto putekļu frakcionēšanai.



2.54. att. Ar Dustex šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs.



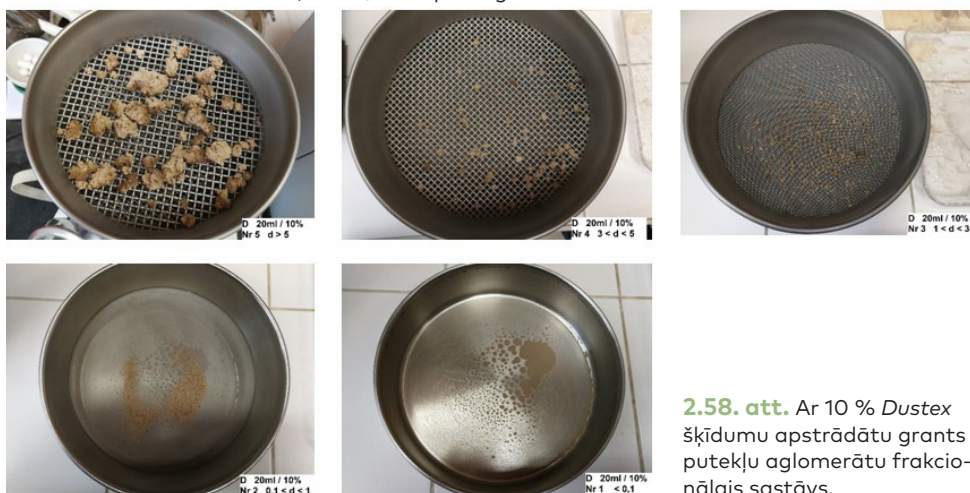
2.55. att. Ar Sappi šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs.



2.56. att. Ar OLDI šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs.

Grants putekļu aglomerātu paraugu fotogrāfijas, kas iegūtas pēc putekļu daļiņu apstrādes ar 10–30 % lignosulfonātu un 30 % CC Road šķīdumiem ar patēriņa normu  $1,3 \text{ l/m}^2$ , parādītas no 2.58. līdz 2.67. attēlam.

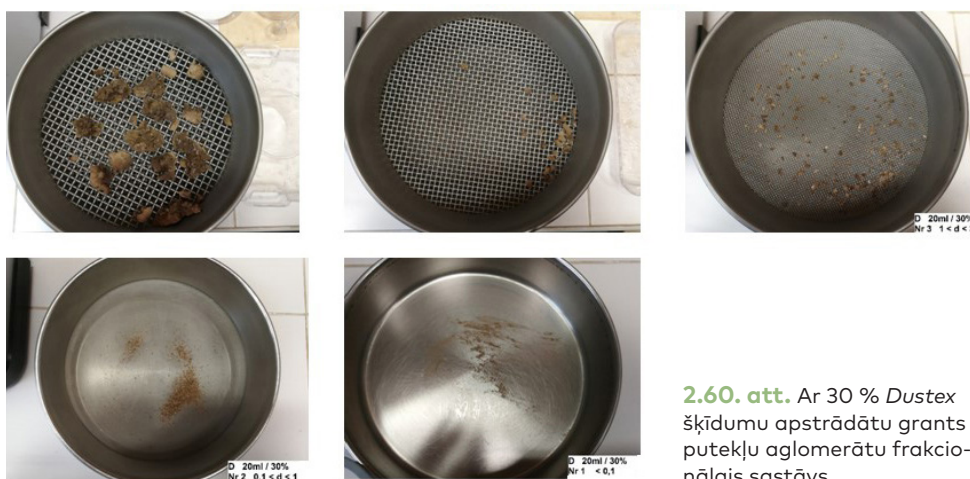
2.57. att. Ar CC Road šķīdumiem apstrādāto grants putekļu paraugu frakcionālais sastāvs.

*Dustex, 20 ml/10 % parauga frakcionālais sastāvs*

**2.58. att.** Ar 10 % *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs.

*Dustex, 20 ml/20 % parauga frakcionālais sastāvs*

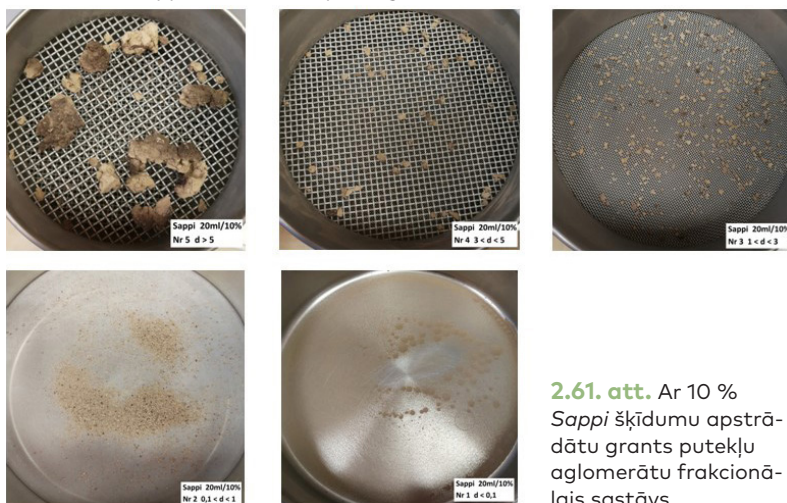
**2.59. att.** Ar 20 % *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs.

*Dustex, 20 ml/30 % parauga frakcionālais sastāvs*

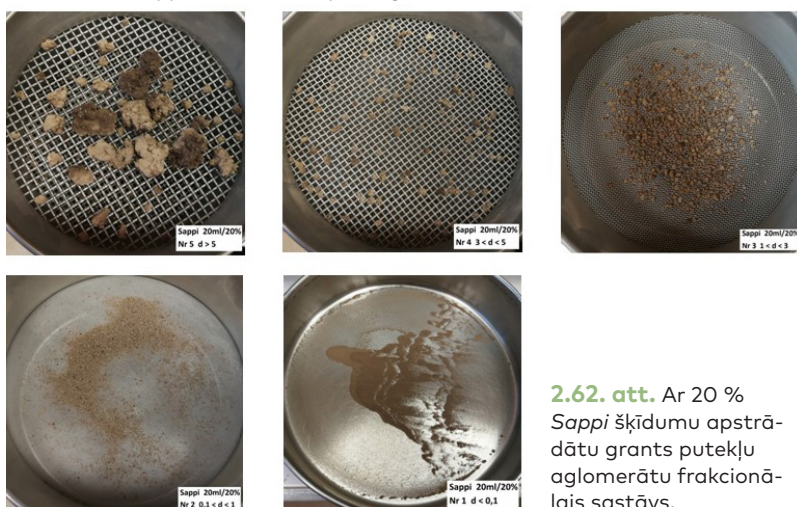
**2.60. att.** Ar 30 % *Dustex* šķīdumu apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs.



*Sappi*, 20 ml/10 % parauga frakcionālais sastāvs



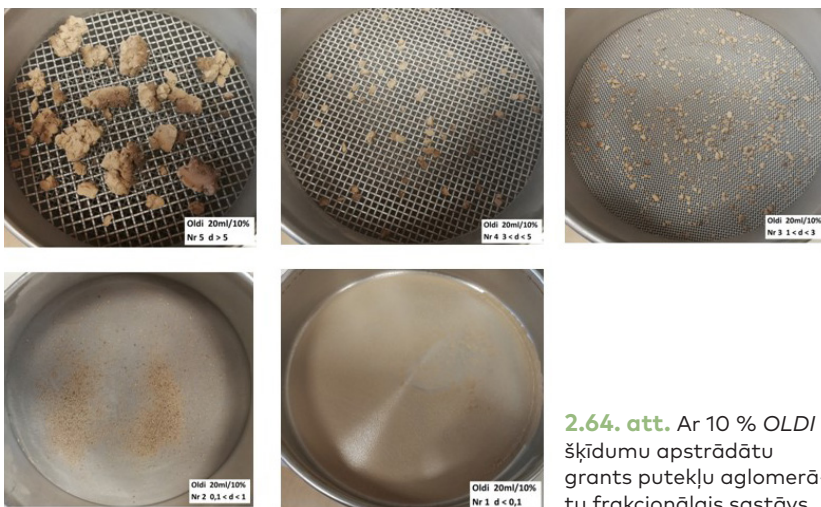
*Sappi*, 20 ml/20 % parauga frakcionālais sastāvs



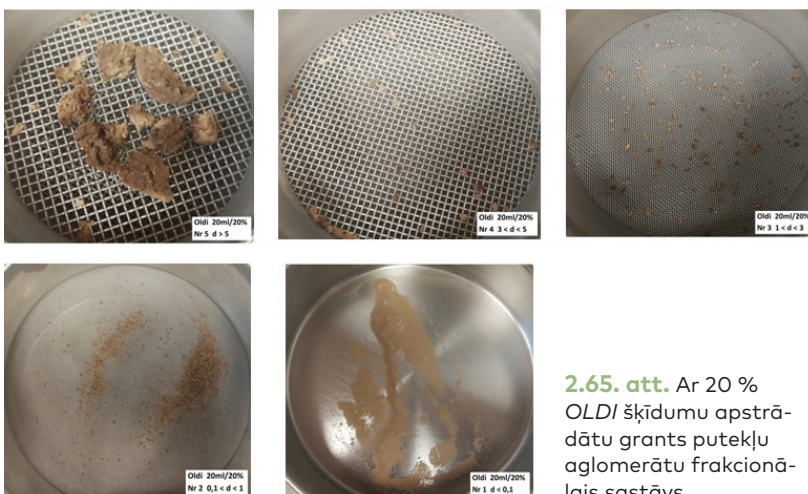
*Sappi*, 20 ml/30 % parauga frakcionālais sastāvs



OLDI, 20 ml/10 % parauga frakcionālais sastāvs



OLDI, 20 ml/20 % parauga frakcionālais sastāvs



OLDI, 20 ml/30 % parauga frakcionālais sastāvs





CaCl<sub>2</sub>, 20 ml/30 % parauga frakcionālais sastāvs



Saskaņā ar putekļu paraugu frakcionēšanas analīzes rezultātiem (skat. 2.58.–2.67. att.), palielinoties lignosulfonātu šķīduma koncentrācijai un tā patēriņa normai, smalko putekļu saturs paraugos samazinās, savukārt ievērojami palielinās lielo aglomerātu daudzums. 10 % *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumu lietošanai zemas patēriņa normas gadījumā (0,7 l/m<sup>2</sup>) raksturīga neliela putekļu satura samazināšanās grants paraugos, kuros atlikušo putekļu saturs bija attiecīgi 17,7 %, 34,7 % un 30,8 %. Ar *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumu koncentrācijas pieaugumu līdz 30 %, bet patēriņa normas palielinājumu līdz 2,0 l/m<sup>2</sup>, putekļu saturs grants paraugos samazinājās attiecīgi līdz 0 %, 2,1 % un 1,1 %. Putekļu saturs grants paraugos, kuri tika apstrādāti ar 30 % *CC Road* šķīdumiem ar patēriņa normu no 0,7 l/m<sup>2</sup> līdz 2,0 l/m<sup>2</sup>, variēja no 9,4 % līdz 1,2 %. Palielinoties lignosulfonātu šķīdumu patēriņa normai no 0,7 l/m<sup>2</sup> līdz 2,0 l/m<sup>2</sup>, visiem pētītajiem atputekļotājiem tika novērots ievērojams lielo aglomerātu (>3 mm) satura pieaugums. Ir zināms, ka par 3 mm lielāki aglomerāti labi pretojas vēja bīdes spēkam. Lielo aglomerātu saturs paraugos, kas tika apstrādāti ar 20 % *Dustex*, *Sappi* un *OLDI* šķīdumiem ar patēriņa normu 1,3 l/m<sup>2</sup>, bija attiecīgi 97,8 %, 87,2 % un 95,3 %. Paraugu apstrāde ar 30 % *CC Road* šķīdumu ar patēriņa normu 0,7–2,0 l/m<sup>2</sup> izraisīja lielo putekļu aglomerātu (>3 mm) satura palielināšanos no 50,6 % līdz 95,0 %.

**2.67. att.** Ar 30 % *CC Road* šķīdumu ar patēriņa normu 1,3 l/m<sup>2</sup> apstrādātu grants putekļu aglomerātu frakcionālais sastāvs.

## 2.2.6. Atputekļošanas līdzekļu ietekme uz grants seguma mehāniskajām īpašībām

Lai novērtētu AL ietekmi uz ceļa smilts-grants seguma mehāniskajām īpašībām, laboratorijas apstākļos atbilstoši standarta



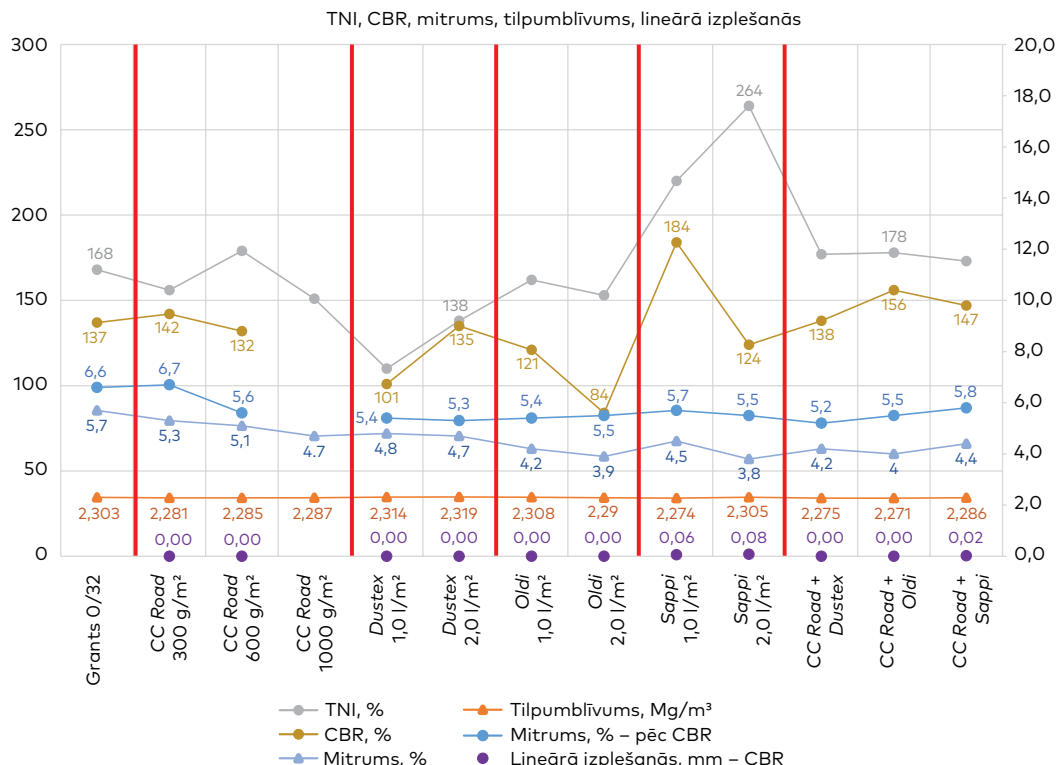
LVS EN 13286-2 prasībām (Proktora metode) izgatavoti cilindriski paraugi (Proktora paraugi) un atbilstoši LVS EN 1097-5 noteikts ūdens saturs – 5,7 %, kurš nodrošinās maksimālo sablīvējumu 2,303 Mg/m<sup>3</sup> (Proktora blīvums). Atbilstoši Meža autoceļu būvdarbu specifikāciju 2017 7.12. p. prasībām, iekļājot ceļa segumu, tā faktiskam sablīvējumam jābūt  $\geq 98$  % no Proktora blīvuma.

Proktora paraugiem atbilstoši standartam LVS EN 13286-47 noteikts tūlītējās nestspējas indekss TNI pie penetrācijas 5 mm, kurš raksturo nesaistītā smilts-šķembu seguma stiprību uzreiz pēc ieklāšanas un sasniedz 167,9 % (atsauces spēka % daļa). Papildus izgatavoti Proktora paraugi, kas 96 h izturēti ūdenī, lai noteiktu Kalifornijas nestspējas rādītāju pie penetrācijas 5 mm (CBR), kurš raksturo nestspēju pēc četrām diennaktīm un sasniedz 136,6 % (atsauces spēka % daļa) un 6,6 % mitrumu. Līdz ar to iegūti references punkti, kas turpmākajā pētījuma gaitā atbilstoši darba uzdevumam salīdzināti ar atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonāta bāzes un references atputeķļošanas līdzekli CaCl<sub>2</sub>, lai novērtētu AL līdzekļu ietekmi uz nesaistītā smilts-grants seguma mehāniskajām īpašībām (skat. 2.68. att.).

### 2.2.7. Paraugu izgatavošana mehānisko īpašību testēšanai un tilpumbļīvuma un mitruma noteikšana (Proktora tests)

Lai novērtētu grants maisījuma, kurš apstrādāts ar dažādiem AL (LS un kalcija hlorīds), deformāciju noturību (TNI – tūlītējās nestspējas indekss, kurš raksturo svaigi sablīvēta grants maisījuma noturību deformācijām pie optimālā mitruma un blīvuma, CBR – Kalifornijas nestspējas rādītājs, kurš raksturo optimālajā mitrumā un blīvumā sagatavota grants maisījuma noturību deformācijām pēc 96 h izturēšanas ūdenī), izgatavoti šādi paraugi:

- grants maisījums apstrādāts ar *Dustex* 49,5 %, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma – 1,0 l/m<sup>2</sup> un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *Oldi* 47,1 %, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma – 1,0 l/m<sup>2</sup> un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *Sappi* 50,0 %, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izliešanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma – 1,0 l/m<sup>2</sup> un 2,0 l/m<sup>2</sup>;
- grants maisījums apstrādāts ar *CC Road* 77 %, iemaisot AL daudzumu, kas atbilst tā izbēršanas normai uz potenciāli atputeķļojamā grants ceļa posma – 300 g/m<sup>2</sup> un 600 g/m<sup>2</sup> tīrā kalcija hlorīdā;
- grants maisījums apstrādāts ar *Dustex* 49,5 % (1,0 l/m<sup>2</sup>) un *CC Road* 77 % (300 g/m<sup>2</sup>);



- grants maisījums apstrādāts ar *Oldi* 47,1 % (1,0 l/m²) un *CC Road* 77 % (300 g/m²);
- grants maisījums apstrādāts ar *Sappi* 50 % (1,0 l/m²) un *CC Road* 77 % (300 g/m²).

Analizējot iegūtos rezultātus (skat. 2.66. att.), konstatēts, ka:

- vairāku AL iemaisīšana izraisa *CBR* samazināšanos (ar *Dustex* – 1,0 l/m²; *Oldi* – abos gadījumos – 1,0 un 2,0 l/m²; *Sappi* – 2,0 l/m²), bet vairākos gadījumos (visos gadījumos, kur lietots kalcijs hlorīds) *CBR* vērtējams kā līdzīgs vai augstāks nekā nesaistīta grants maisījuma *CBR*;
- *TNI* vērtība, veicot grants atputeļošanu ar *Dustex* un *Sappi*, ir lielāka pie lielāka AL daudzuma, bet *CC Road* un *OLDI* *TNI* vērtības, pieaugot patēriņam no 1,0 l/m² uz 2,0 l/m², samazinās;
- *CBR* vērtības gandrīz visos gadījumos (izņemot ar *Dustex*) ir lielāka pie neliela AL daudzuma, izņemot *Dustex*, kad palielinoties pateriņam no 1 l/m² līdz 2 l/m² *CBR* palielinās no 101 % līdz 135 %;
- visos gadījumos maisījumiem ar vienādu AL un vienādu tā daudzumu *CBR* vērtības ir mazākas par *TNI* vērtībām, kas nozīmē, ka ceļa seguma nestspējas rādītāji nedaudz augstāki uzreiz pēc AL iestrādes un samazinās papildu mitruma iedarbībā;
- visos gadījumos arī konstatēta lielāka *TNI* un *CBR* rezultātu atšķirība, ja lielāks ir lietotā AL daudzums, un otrādi;

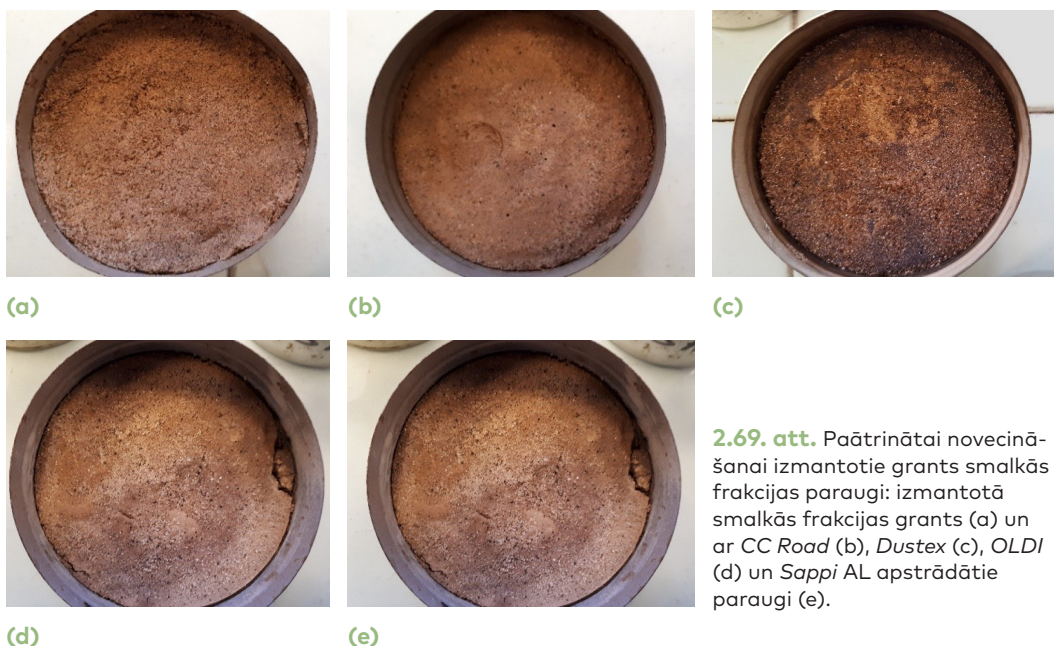
**2.68. att.** Grants maisījumu īpašības, kas apstrādāti ar dažādiem AL.

- tomēr arī zemākās grants maisījuma ar AL iegūtās *CBR* vērtības raksturo grants seguma nestspēju kā pietiekamu tā atbilstoši funkcionalitātei;
- paraugu piesūcināšanas laikā pirms *CBR* testa konstatēts papildus uzņemtā mitruma daudzums 0,5–1,7 % robežās, paraugu lineārā izplešanās nav konstatēta, izņemot niecīgu palielināšanos dažos gadījumos (0,02 mm, 0,06 mm, 0,08 mm), kas raksturo grants maisījumu kā noturīgu pret mitruma iedarbību kombinācijā ar visiem izmantotajiem AL;
- kā salīdzinoši veiksmīgi no nestspējas viedokļa vērtējami visu lignosulfonātu ar kalcija hlorīdu maisījumu kombināciju iegūtie TNI un *CBR* rezultāti.

### 2.2.8. Atputeļošanas līdzekļu un putekļaino daļiņu sistēmas novecošanās izturība ultravioletā starojuma, temperatūras un mitruma iedarbībā

Ar četrus AL apstrādātu smalkās frakcijas grants paraugu ilgizturība agresīvu apkārtējās vides faktoru ietekmē tika provizoriski novērtēta, analizējot gan neapstrādātu, gan ar dažādiem AL apstrādātu grants paraugu ķīmiskās struktūras maiņu pirms un pēc to paātrinātās novecināšanas. Novecināšanai, laboratorijas apstākļos imitējot ārējo faktoru – UV, temperatūras un mitruma – iedarbību, lai noteikt atputeļotās grants izmaiņas, smalkās frakcijas grants paraugi sagatavoti šādi:

- cilindruveida metāla trauciņi piepildīti ar smalkās frakcijas granti un manuāli sablīvēti;



**2.69. att.** Paātrinātai novecināšanai izmantotie grants smalkās frakcijas paraugi: izmantotā smalkās frakcijas grants (a) un ar CC Road (b), Dustex (c), OLDI (d) un Sappi AL apstrādātie paraugi (e).

- grants virsma apstrādāta ar AL šķīdumu, nodrošinot, lai AL koncentrācija uz pārklājamās virsmas būtu  $2 \text{ l/m}^2$ ;
- sagatavotie grants paraugi 24 stundas pirms novecināšanas procesa izturēti laboratorijas apstākļos ( $t = 23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  un  $RH = 50 \pm 5 \%$ ).

Paātrinātai novecināšanai izmantotie grants smalkās frakcijas paraugi parādīti 2.69. attēlā.

Grants paraugu novecināšana veikta paātrinātās novecināšanas ultravioletā starojuma kamerā *QUV*, pakļaujot tos šādu apkārtējās vides faktoru iedarbībai:

- pirmais etaps – astoņu stundu ultravioletais starojums ar viļņu garuma maksimumu pie  $340 \text{ nm}$  un  $0,76 \text{ W/m}$  intensitāti  $50 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā;
- otrais etaps – 15 min. ūdens izsmidzināšana pie izslēgtām UV starojuma lampām;
- trešais etaps – trīs stundu 45 min. ilga kondensācija  $50 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrā pie izslēgtām UV starojuma lampām.

Pētījuma laikā grants paraugi tika pakļauti 514 stundu jeb 21 dienas / 3 nedēļu ilgai novecināšanai. Izvēlēto laika periodu noteica novecināšanas iekārtas aizņemtība citu pasūtījumu veikšanai, kā arī LVM pētījuma ierobežotība laikā.

Grants paraugu infrasarkanā starojuma spektri uzņemti viļņu skaitļu diapazonā no  $650 \text{ cm}^{-1}$  līdz  $4000 \text{ cm}^{-1}$ , izmantojot *Thermo-Fischer FTIR* spektrofotometru *Nicolet 6700 ATR* darba režīmā. Testi veikti atbilstoši infrasarkanā spektrometra darba metodikai.

Novecināšanas procesā izvērtēta arī pārklājuma cietības maiņa atkarībā no apkārtējās vides faktoru iedarbības laika – līdz 514 stundām. Cietības novērtēšanai izmantots mehāniskais indensors ar nošķelta konusveida adatu.

Vienlaikus novērtēta arī grants paraugu mehāniskā izturība pēc 514 stundu novecināšanas. Grants paraugu mehāniskā izturība vērtēta, izmantojot krītošā svara triecienizturības torni ar pussfērisku  $0,45 \text{ kg}$  smagu belzeni, kura noapaļojuma rādiuss bija  $50 \text{ mm}$  un nodrošināja  $2,2 \text{ J}$  lielu trieciena enerģiju, kritot no  $500 \text{ mm}$  brīvās krišanas augstuma.

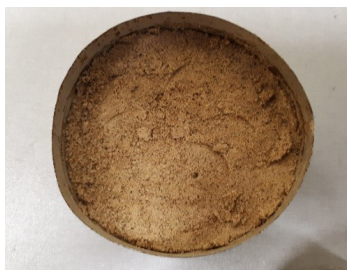
### 2.2.8.1. Novecināšana

Grants smalkās frakcijas paraugi pēc novecināšanas ar dažādiem novecināšanas intervāliem apkopoti 2.70.–2.73. attēlā. Var redzēt, ka novecināšanas procesā nav notikušas būtiskas virsmas izmaiņas gan neapstrādātas grants paraugam, gan ar lignosulfonātu AL apstrādātas grants paraugiem, savukārt ar *CC Road* apstrādātajam grants paraugam novērota uzbriešana, kas varētu būt skaidrojama ar kalcija hlorīda AL mitruma absorbcijas spēju. Svarīgi atzīmēt, ka novērota ar kalcija hlorīda AL apstrādātā grants parauga trauciņa pastiprināta korozija, kas norāda uz šī AL potenciāli lielāku negatīvo ietekmi uz transportlīdzekļu koroziju salīdzinājumā ar lignosulfonātu AL.





(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**2.70. att.** 150 stundas novecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar CC Road (c), Dustex (d), OLDI (e) un Sappi (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi.



(a)



(b)



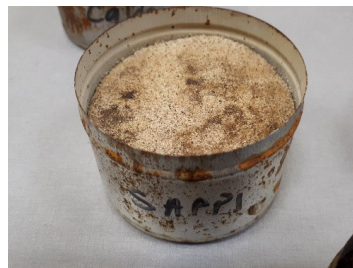
(c)



(d)



(e)



(f)

**2.71. att.** 400 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neapstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar CC Road (c), Dustex (d), OLDI (e) un Sappi (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi.



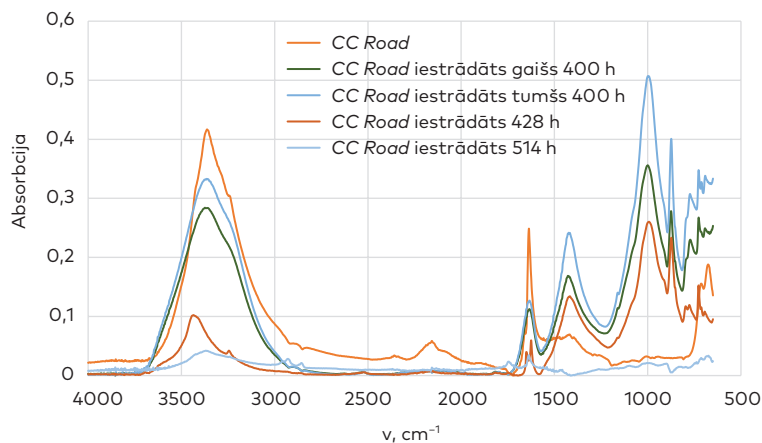
**2.72. att.** 428 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: paraugu kopskats (a), neatstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (b), ar CC Road (c), *Dustex* (d), *OLDI* (e) un *Sappi* (f) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi.



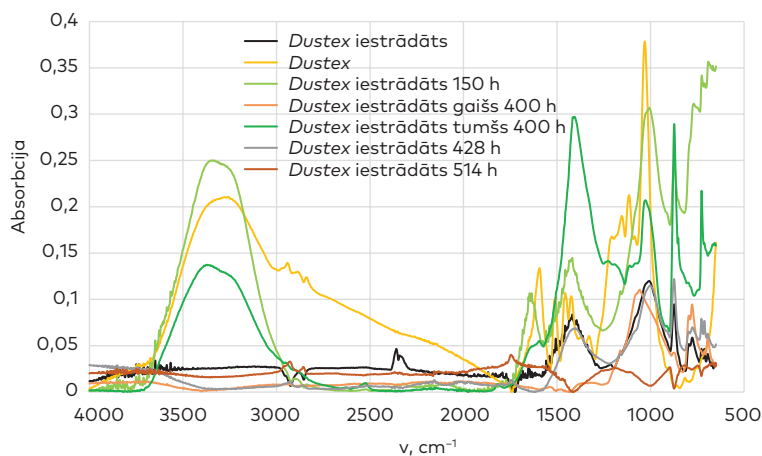
**2.73. att.** 514 stundas vecinātie smalkās frakcijas grants paraugi: neatstrādāts smalkās frakcijas grants paraugs (a), ar CC Road (b), *Dustex* (c), *OLDI* (d) un *Sappi* (e) AL pārklātie smalkās frakcijas grants paraugi.

### 2.2.8.2. Infrasarkanā starojuma spektra noteikšana

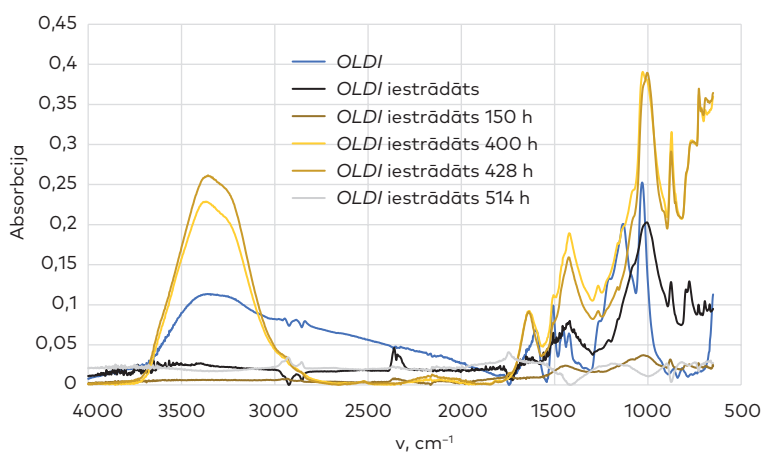
Svarīgi arī atzīmēt, ka novecināšanas procesa laikā netika novērotas būtiskas ar AL apstrādāto paraugu ķīmiskās struktūras izmaiņas (skat. 2.74.–2.77. att.). Atšķirības infrasarkanajos (FTIR) spektros galvenokārt saistītas ar atšķirīgu mitruma saturu analizējamajos paraugos, kā arī ar aktīvās vielas (galvenokārt lignosulfonāta) koncentrāciju tajos. Kopumā tas liecina par to, ka ekspluatācijas laikā nenotiek AL ķīmiskās struktūras būtiskas izmaiņas, kuras ietekmētu to atputekļošanas funkcionalitāti, un AL efektīvi darbojas, ja vien nenotiek tā izskalošanās, kā tas tika konstatēts 2.2.4. apakšnodaļā.



**2.74. att.** Ar CC Road AL apstrādātu grants paraugu FTIR spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā.

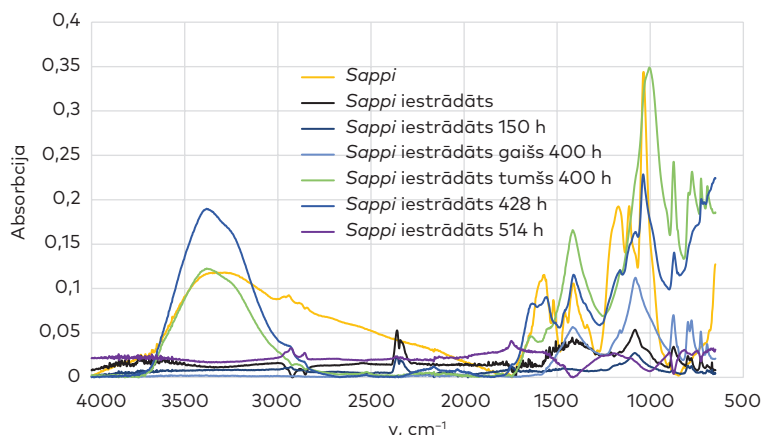


**2.75. att.** Ar Dustex AL apstrādātu grants paraugu FTIR spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā.



**2.76. att.** Ar OLDI AL apstrādātu grants paraugu FTIR spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā.

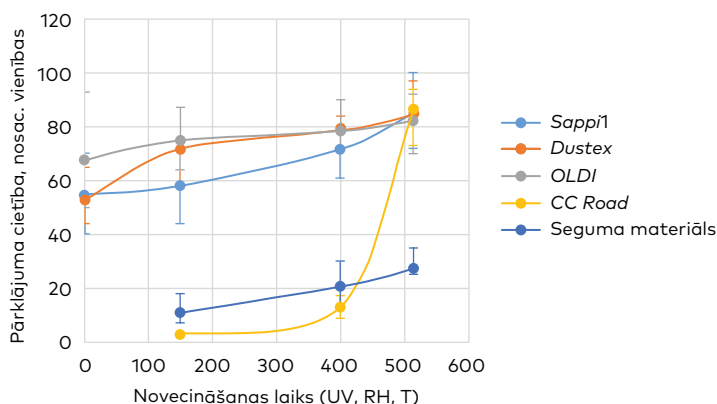




2.77. att. Ar Sappi AL apstrādātu grants paraugu FTIR spektru maiņa paātrinātās novecināšanas laikā.

### 2.2.8.3. Virsmas cietības izmaiņas

Novecināšanas procesa laikā analizētas izžāvētu grants paraugu virsmas cietības izmaiņas (skat. 2.78. att.). Novērots, ka pirms novecošanās ar lignosulfonātu AL apstrādātu grants paraugu virsmas cietība ir ievērojami lielāka nekā neapstrādātas grants vai ar kalcija hlorīdu apstrādātas grants paraugu virsmas cietība. Starp lignosulfonātu AL vislielākā cietība visā grants paraugu novecināšanas gaitā tika novērota ar *OLDI* apstrādātajiem paraugiem, bet vismazākā – ar *Sappi* apstrādātajiem paraugiem. Neskatoties uz to, jānorāda uz paralēlo cietības mērījumu rezultātu lielajām svārstībām, kā arī uz paraugu iespējamo atšķirīgo mitruma saturu – tas dod pamatu secināt, ka kļūdas robežās visu ar lignosulfonātiem apstrādāto grants paraugu virsmas cietības vērtības ir savstarpēji salīdzināmas. Vienlaikus jāatzīmē, ka, palielinoties novecināšanas laikam, novērojama tendence visu grants paraugu cietībai palielināties. Interessants šajā ziņā ir straujais ar *CC Road* apstrādātā uzbriedušā parauga virsmas cietības pieaugums, kas visdrīzāk saistīts ar kalcija hlorīda spēju piesaistīt mitrumu.



2.78. att. Grants paraugu virsmas cietības maiņa novecināšanas procesā.

#### 2.2.8.4. Mehāniskā izturība

Tā kā atputeķļošanas spēja var samazināties, it īpaši gadījumos, kad cietais virsmas pārklājums tiek bojāts, veikta virsmas izturības testēšana, kas ir īpaši aktuāla ar lignosulfonātiem apstrādāto grants paraugu gadījumā. Analīzes rezultāti pēc viena un diviem triecieniem (kas imitē un ļauj novērtēt, kā var mainīties izmantojamo AL izturība un efektivitāte uz potenciāli atputeķļojamā meža autoceļa) parādīti 2.79. attēlā. Pēc pirmā

1. trieciens



2. trieciens



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

**2.79. att.** Izžāvētu, 514 stundas novecinātu grants paraugu virsmas slāņa izturība pret ārēju triecienu: (a) – smalkās frakcijas grants; (b) – ar CC Road AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (c) – ar Dustex AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (d) – ar OLDI AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (e) – ar Sappi AL pārklātā smalkās frakcijas grants.



**2.80. att.** Ar AL pārklātu, izžāvētu, 514 stundas vecinātu grants paraugu virsmas defekti un to mērīšana: (a) – ar OLDI pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas biezuma mērīšana, (b) – ar Dustex pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas biezuma mērīšana, (c) – ar Dustex pārklātā grants parauga triecienā sagrautās garozas tuvinājums, (d) – ar CC Road pārklātā grants parauga garozas biezuma mērīšana.

triecienu vislielāko trauslumu uzrādīja ar *Dustex* AL pārklātais grants paraugs, kas teorētiski izraisa tā atputeķļošanas efektivitātes lielāku samazināšanos gadījumā, ja mehāniskās slodzes iedarbībā cietais virsmas slānis tiek bojāts. Tomēr pēc otrā triecienu veikšanas atšķirības starp testētajiem grants paraugiem samazinājās, proti, redzams, ka būtiskas deformācijas pazīmes novērojamas visiem grants paraugiem. Salīdzinājumā ar pirmo triecienu īpaši lielas atšķirības ir vērojamas ar *CC Road* AL apstrādātajam paraugam, kam novērojama ar sāli piesātināta uzbrieduša garozas slāņa izveidošanās. Izmērot triecienu rezultātā radītos defektus (skat. 2.80. att.), redzams, ka ar lignosulfonātu AL pārklāto paraugu garozas biezums svārstās robežās no 4 mm līdz 6 mm, savukārt ar *CC Road* AL pārklātā grants parauga garozas biezums sasniedz pat 13 mm.

#### 2.2.8.5. Virsmas slāņa triecienizturība nenovecinātiem paraugiem

Lai noteiktu lignosulfonātu novecināšanas ietekmi uz grants paraugu virsmas slāņa stiprību, veikti nenovecināto paraugu virsmas slāņa triecienizturības mērījumi, kuri parādīti 2.78. attēlā. Līdzīgi kā ar novecināto paraugu, pēc pirmā triecienu veikšanas novērojama sāļu izdalījumu veidošanās uz ar *CC Road* apstrādātā grants parauga, kā arī plaisu parādīšanās ar lignosulfonātiem AL apstrādātajiem paraugiem. Salīdzinoši lielāki bojājumi novēroti ar *OLDI* un *Sappi* AL pārklātajos grants paraugos (skat. 2.81. (c), (d) un (e) att.). Iegūtie novērojumi viennozīmīgi vēl



**2.81. att.** Izžāvētu nevecināto grants paraugu virsmas slāņa izturība pret ārēju triecienu: (a) – smalkās frakcijas grants; (b) – ar *CC Road* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (c) – ar *Dustex* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (d) – ar *OLDI* AL pārklātā smalkās frakcijas grants; (e) – ar *Sappi* AL pārklātā smalkās frakcijas grants.

2.7. tabula. Laboratorisko eksperimentu kopsavilkums

| Analizējamais parametrs                                                                                                                                                                                                                                              | Atputekļošanas līdzekļi |                   |                   |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>Dustex</i>           | <i>OLDI</i>       | <i>Sappi</i>      | <i>CC Road</i>    |
| <b>AL saistīšanas īpašības</b> , kuras tiek novērtētas pēc izveidoto grants putekļu aglomerātu $\geq 3 \text{ mm}^*$ un atlikušo putekļu daļiņu ( $<100 \text{ }\mu\text{k}$ ) satura (% no izejas putekļu masas), pie dažādām AL šķīduma koncentrācijām un patēriņa |                         |                   |                   |                   |
| 20 % šķīdums ar patēriņu $1,3 \text{ l/m}^2$                                                                                                                                                                                                                         | 97,8 / 0,0<br>(1)       | 95,3 / 1,0<br>(2) | 87,2 / 1,9<br>(3) | -                 |
| 20 % šķīdums ar patēriņu $2,0 \text{ l/m}^2$                                                                                                                                                                                                                         | 97,9 / 0,0<br>(1)       | 96,1 / 0,8<br>(2) | 83,6 / 1,2<br>(3) | -                 |
| 30 % šķīdums ar patēriņu $1,3 \text{ l/m}^2$                                                                                                                                                                                                                         | 94,8 / 0,0<br>(1)       | 90,5 / 1,7<br>(2) | 89,8 / 2,3<br>(4) | 89,3 / 0,6<br>(3) |
| 30 % šķīdums ar patēriņu $2,0 \text{ l/m}^2$                                                                                                                                                                                                                         | 95,6 / 0,0<br>(1)       | 91,1 / 1,1<br>(3) | 91,4 / 2,1<br>(4) | 95,0 / 1,2<br>(2) |
| <b>Grants putekļu aglomerātu** ūdens izturība</b> , kas tiek novērtēta pēc putekļu daļiņu ( $<100 \text{ }\mu\text{k}$ ) satura palielinājuma (% no apstrādātās grants masas) pēc mitrināšanas/žāvēšanas cikliem                                                     |                         |                   |                   |                   |
| nulles cikls                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,0 (1)                 | 1,1 (3)           | 2,3 (4)           | 0,6 (2)           |
| 1. cikls                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,5 (1)                 | 2,0 (2-3)         | 3,9 (4)           | 2,0 (2-3)         |
| 3. cikls                                                                                                                                                                                                                                                             | 1,2 (1)                 | 7,6 (4)           | 5,1 (2)           | 6,9 (3)           |
| 5. cikls                                                                                                                                                                                                                                                             | 3,9 (1)                 | 9,7 (4)           | 7,8 (2)           | 8,3 (3)           |
| <b>AL šķīdumu virsmas aktivitāte</b> , kas tika novērtēta ar tā virsmas spraigumu robežā ūdens-gaiss (jo augstāk spraigums, jo mazāka virsmas aktivitāte), $\text{mN/m}^2$                                                                                           |                         |                   |                   |                   |
| 10 %                                                                                                                                                                                                                                                                 | 37,7                    | 45,9              | 38,9              | -                 |
| 30 %                                                                                                                                                                                                                                                                 | 36,5                    | 44,5              | 37,3              | -                 |
| legādes izmaksas, EUR/t                                                                                                                                                                                                                                              | (2)                     | -                 | -                 | (1)               |
| Ietekme uz vidi                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                   |                   |                   |
| <b>Kaitīgo vielu koncentrācija atputekļotājā</b> , kas var negatīvi ietekmēt blakus esošo zemi un augsni:                                                                                                                                                            |                         |                   |                   |                   |
| Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAH) satura koncentrācija, $\text{mg/kg}$ ; (pieļaujamā koncentrācija zemē un augsnē ir $1\text{--}40 \text{ mg/kg}$ )                                                                                                                   | 0,13 (1)                | 0,31 (3)          | 0,30 (2)          | -                 |
| Polihlorbifenila (PCB) satura koncentrācija, $\text{mg/kg}$ ; (pieļaujamā koncentrācija zemē un augsnē ir $0,02\text{--}1 \text{ mg/kg}$ )                                                                                                                           | $<0,02$<br>(1–4)        | $<0,02$<br>(1–4)  | $<0,02$<br>(1–4)  | -                 |
| <b>AL komponentsastāvs</b> (sausnas izteiksmē)                                                                                                                                                                                                                       |                         |                   |                   |                   |
| Lignosulfonāti, %                                                                                                                                                                                                                                                    | 79,0 (1)                | 70,7 (3)          | 71,9 (2)          | -                 |
| Saharīdi, %                                                                                                                                                                                                                                                          | 7,5 (1)                 | 10,2 (3)          | 8,8 (2)           | -                 |
| Pelni (metālu joni), %                                                                                                                                                                                                                                               | 13,5 (1)                | 19,1 (2)          | 19,3 (3)          | -                 |
| pH                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                   |                   |                   |
| 10 %                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4,9 (2)                 | 4,4 (3)           | 6,4 (1)           | -                 |
| 20 %                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4,8 (2)                 | 4,3 (3)           | 6,4 (1)           | -                 |
| 30 % (38 % $\text{CaCl}$ gadījumā)                                                                                                                                                                                                                                   | 4,8 (2)                 | 4,4 (3)           | 6,5 (1)           | 8,3 (4)           |
| 50 %                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4,8 (2)                 | 4,5 (3)           | 6,7 (1)           | -                 |

| Analizējamais parametrs                                                         | Atputekļošanas līdzekļis                                          |                                                                   |                                                                   |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                                 | <i>Dustex</i>                                                     | <i>OLDI</i>                                                       | <i>Sappi</i>                                                      | <i>CC Road</i>                                                    |
| <b>Viskozitāte atkāribā no AL koncentrācijas % pie 300 apgr./min, mPa·s</b>     |                                                                   |                                                                   |                                                                   |                                                                   |
| 10 %                                                                            | 2,7 (2)                                                           | 2,6 (1)                                                           | 3,5 (3)                                                           | -                                                                 |
| 20 %                                                                            | 3,3 (1)                                                           | 3,9 (2)                                                           | 4,9 (3)                                                           | -                                                                 |
| 30 % (38 % CaCl gadījumā)                                                       | 6,1 (1)                                                           | 11,2 (4)                                                          | 7,7 (2)                                                           | 8,0 (3)                                                           |
| 50 %                                                                            | 73,8 (2)                                                          | 2850 (3)                                                          | 72,7 (1)                                                          | -                                                                 |
| pēc 24 h, 50 % (38 % CaCl gadījumā) koncentrācija (noslaņošanās izturība)       | 79,1 (2)                                                          | 3610 (4)                                                          | 79,5 (3)                                                          | 8,2 (1)                                                           |
| AL iesūkšanās dziļums pēc 24 h                                                  | 10 (3)                                                            | 11,5 (2)                                                          | 10 (3)                                                            | 12,8 (1)                                                          |
| Penetrācijas sākuma ātrums (pēc 4 ml ūdens uzliešanas), ml/min.                 | 0,032 (4)                                                         | 0,1 (3)                                                           | 0,114 (2)                                                         | 0,4 (1)                                                           |
| Penetrācijas ātrums pie AL caurspiešanās (pēc 174 ml ūdens uzliešanas), ml/min. | 0,002 (2)                                                         | 0,001 (1)                                                         | 0,001 (1)                                                         | 0,0254 (4)                                                        |
| Novecošanās – infrasarkanais starojums                                          | (1)<br>būtiskas<br>ķīmiskās<br>struktūras<br>izmaiņas<br>nenotiek | (1)<br>būtiskas<br>ķīmiskās<br>struktūras<br>izmaiņas<br>nenotiek | (1)<br>būtiskas<br>ķīmiskās<br>struktūras<br>izmaiņas<br>nenotiek | (1)<br>būtiskas<br>ķīmiskās<br>struktūras<br>izmaiņas<br>nenotiek |
| Pirms novecošanās – virsmas cietība                                             | (1)                                                               | (1)                                                               | (2)                                                               | (1)                                                               |
| Novecošanās – virsmas cietība                                                   | (2)                                                               | (1)                                                               | (1)                                                               | (2)                                                               |
| Mehāniskās īpašības TNI                                                         | 110/138<br>(1)                                                    | 162/153<br>(2)                                                    | 220/164<br>(2)                                                    | 156/179/151<br>(2)                                                |
| TNI – <i>Dustex</i> , <i>Oldi</i> , <i>Sappi</i> + CaCl                         | 177<br>(3)                                                        | 178<br>(3)                                                        | 173<br>(3)                                                        | -                                                                 |
| Mehāniskās īpašības CBR                                                         | 101/135<br>(1)                                                    | 121/84<br>(1)                                                     | 184/124<br>(2)                                                    | 142/132<br>(3)                                                    |
| CBR – <i>Dustex</i> , <i>Oldi</i> , <i>Sappi</i> + CaCl                         | 138<br>(3)                                                        | 156<br>(3)                                                        | 147<br>(3)                                                        | -                                                                 |
| Ārzemju pieredze ASV mitros apstākļos                                           | Lignosulfonāti (2)                                                |                                                                   |                                                                   | MgCl <sub>2</sub> /<br>CaCl <sub>2</sub> (1)                      |
| Ārzemju pieredze ASV Sausos apstākļos                                           | Lignosulfonāti (1)                                                |                                                                   |                                                                   | MgCl <sub>2</sub> /<br>CaCl <sub>2</sub> (2)                      |
| Ārzemju pieredze – DĀR īstermiņā                                                | Lignosulfonāti (1)                                                |                                                                   |                                                                   | MgCl <sub>2</sub> /<br>CaCl <sub>2</sub> (2)                      |
| Ārzemju pieredze – DĀR ilgtermiņā                                               | Lignosulfonāti (2)                                                |                                                                   |                                                                   | MgCl <sub>2</sub> /<br>CaCl <sub>2</sub> (1)                      |
| Ārzemju pieredze – Latvija                                                      | -                                                                 |                                                                   |                                                                   | šķīdums (2)<br>granulās (3)                                       |
| Ārzemju pieredze – Lietuva                                                      | Lignosulfonāts (1)                                                |                                                                   |                                                                   | CaCl <sub>2</sub> (1)                                             |
| Ārzemju pieredze – Igaunija                                                     | -                                                                 |                                                                   |                                                                   | šķīdums (2)<br>granulās (3)                                       |
| Ārzemju pieredze – Zviedrija                                                    | Lignosulfonāts<br>(1)                                             |                                                                   |                                                                   | šķīdums (4)<br>granulās (2)                                       |
| Kopvērtējums / Izvēles prioritārā secība                                        | 1/2                                                               | 4                                                                 | 3                                                                 | 1/2                                                               |

\* Rupjas frakcijas ar diametru  $\geq 3,00$  mm, kas aktīvi sāk pretoties vēja un ūdens iedarbībai [43].

\*\* Izmantoti 30 % AL šķīdumi ar patēriņu 1,3 l/m<sup>2</sup>.



neļauj spriest, vai kāds no lignosulfonātu AL būtu būtiski pārāks par citu. Tādējādi būtu vēlams vēl papildus veikt grants pārklājuma cietības mērījumus gan laboratorijas, gan lauka apstākļos.

## 2.2.9. Laboratorijas eksperimentu rezultātu apkopojums

2.7. tabulā apkopti visu šajā pētījumā izmantotu atputeķļošanas līdzekļu testēšanas rezultāti, kā arī iekavās piešķirts katra atputeķļošanas līdzekļu vērtējums no 1 līdz 4. Vērtējums "1" attiecas uz salīdzinoši zemāko vērtējumu, bet vērtējums "4" – attiecīgi uz salīdzinoši augstāko vērtējumu.

### 2.2.10. Secinājumi

1. *Dustex* un *Sappi* labāk adsorbējās robežvirsmā salīdzinājumā ar *OLDI* lignosulfonātiem, kas norāda uz lielāku to virsmas aktivitāti, kā arī visu AL paraugu slapēšanas leņķa samazināšanās salīdzinājumā ar grants paraugu nozīmē augstu AL un grants puteķļaino daļiņu salīmēšanas jeb aglomerācijas spēju.
2. *Sappi*, *Dustex* un *CC Road* dažādās koncentrācijās var izkliedēt ar parastām sprauslām šo AL zemas viskozitātes dēļ, bet *OLDI* pie koncentrācijas 50 % jāizmanto speciālas dvīņu jeb *twin-nozzle* sprauslas.
3. Analizējot AL šķīdumu viegliestrādājamības rezultātus, noteikts neliels viskozitātes pieaugums jeb viegliestrādājamības pasliktināšanās un noslāņošanās risks pēc 24 stundām, it īpaši 50 % AL šķīdumiem. Tāpēc AL šķīdumi segumā jāiestrāda 24 stundu laikā no sagatavošanas brīža.
4. Eksperimentos izmantoto lignosulfonātu AL dinamiskā viskozitāte galvenokārt ir atkarīga no to koncentrācijas, kamēr dinamiskās viskozitātes atšķirība starp dažādiem lignosulfonātu AL ir salīdzinoši mazāka. Palielinoties lignosulfonātu koncentrācijai, atputeķļošanas šķīdumu viskozitāte eksponenciāli palielinās.
5. Laika apstākļos, kas raksturojami kā karsta vasaras pēcpusdiena ar temperatūru ap  $\leq 35$  °C un gaisa mitrumu  $\approx 25$  %, kalcija hlorīda spēja piesaistīt mitrumu un atputeķļot var samazināties pat vairākas reizes salīdzinājumā ar drēgnām vasaras naktīm un rītiem, kad temperatūra ir  $\geq 10$  °C un gaisa mitrums  $\approx 85$  %, ko ir svarīgi ievērtēt, ja par AL izvēlēts kalcija hlorīds, savukārt lignosulfonātu atputeķļošanas efektivitāte ievērojami pieaug, ja gaisa mitrums  $\approx 85$  %.
6. Aglomerācijas testa rezultāti parāda, ka, palielinoties lignosulfonātu šķīduma koncentrācijai, ievērojami palielinās lielo aglomerātu daudzums jeb atputeķļošanas spēja. Pieaugot lignosulfonātu šķīdumu koncentrācijai līdz 30 % un



- patēriņam līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , putekļu saturs grants paraugos samazinājās attiecīgi no 0 % līdz 2,1 %. Lielākais putekļu samazinājums – 0 % bija ar *Dustex* atputeķļotam paraugam, kas ir labāks rezultāts nekā atputeķļošana ar 30 % *CC Road* šķīdumiem un patēriņu  $2,0 \text{ l/m}^2$ , kad iegūtais putekļu saturs bija 1,2 %.
7. Palielinoties lignosulfonātu šķīdumu patēriņam no  $0,7 \text{ l/m}^2$  līdz  $2,0 \text{ l/m}^2$ , visiem pētītajiem atputeķļotājiem tika novērots ievērojams lielo aglomerātu  $>3 \text{ mm}$ , kuri labi pretojas vēja radītam spēkam, pieaugums. Starp visiem četriem šajā pētījumā izmantotiem paraugiem ar *Dustex* atputeķļotai grantij iegūts vislielākais lielo aglomerātu saturs – 97,8 %. Atputeķļota grants ar 30 % *CC Road* šķīdumu un patēriņu  $2,0 \text{ l/m}^2$  sasniedza 95,0 %.
  8. Grants seguma virsmas cietība ar lignosulfonātu apstrādātam segumam ir ievērojami lielāka nekā neatputeķļotai vai ar kalcija hlorīdu apstrādātam segumam, kas nozīmē, ka ar granti nesamaisīti lignosulfonāti veido stingu garozu. Grants seguma garoza, kura izveidojas izstrādājot *OLDI* lignosulfonātu, uzrāda nedaudz lielāku virsmas cietību salīdzinājumā ar *Dustex* un *Sappi* lignosulfonātiem.
  9. Grants seguma virsmas triecienizturība, veicot divus vienu pēc otra secīgus triecienus, ar *Dustex* lignosulfonātu apstrādātam segumam uzrāda lielāku trauslas sabrukšanas raksturu, kas var izraisīt atputeķļošanas efektivitātes samazināšanos transporta slodzes iedarbības rezultātā, kad cietais virsmas slānis tiek bojāts.
  10. Ar *CC Road AL* apstrādātajam grants paraugam novērojama uzbrieduša garozas slāņa izveidošanās. Ar lignosulfonātu AL pārklāto grants paraugu garozas biezums svārstās robežās no 4 mm līdz 6 mm, savukārt ar *CC Road AL* garozas biezums sasniedz pat 13 mm.
  11. Iegūtie novecināto atputeķļotu paraugu triecienizturības rezultāti viennozīmīgi neļauj spriest par kāda no šajā pētījumā izmantotajiem lignosulfonātiem pārākumu par citu.
  12. Ar kalcija hlorīda AL apstrādātā grants parauga trauciņa pastiprināta korozija novecošanās testu laikā norāda uz lielāku potenciālo negatīvo ietekmi uz transportlīdzekļu koroziju salīdzinājumā ar AL uz lignosulfonātu bāzes.
  13. Termiskās stabilitātes testu rezultāti rāda, ka paredzamajā ekspluatācijas temperatūras diapazonā (līdz  $60^\circ\text{C}$ , kas atbilst sakarsušanai ceļa asfalta seguma virsmai karstās vasaras dienās) nav sagaidāma to termiskā sadalīšanās.
  14. Novērtējot izmantoto lignosulfonātu izturību pret ultravioletā starojuma iedarbību, novērojamas noteiktas to struktūras izmaiņas, kas var liecināt par lignosulfonātu AL agrīnu struktūras maiņu. Tomēr pēc iestrādes ceļa seguma materiālā aptuveni 3 cm dziļumā, veidojot seguma virsmā cietu slāni, ultravioletā starojuma ietekme uz lignosulfonātu struktūru ir ievērojami samazināta.

15. Izmantoto lignosulfonātu pH ir robežās 4–7, kas atbilst specifikācijās norādītajam. No eksperimentos aplūkoto lignosulfonātu AL *OLDI* pH vērtība ir viszemākā, bet *Dustex* – visaugstākā. Mainot AL koncentrāciju robežās no 50 % līdz 10 %, to šķīdumu pH vērtība būtiski nemainās.
16. Grants putekļu aglomerācijas rezultāti rāda, ka paraugi, kas apstrādāti ar *Dustex*, *OLDI* un *Sappi* lignosulfonātu AL ūdens šķīdumiem 10–30 % koncentrācijā un ar patēriņu 10–30 ml/100 g (t. i., mazas koncentrācijas un patēriņa gadījumā), krasi atšķiras pēc frakcionālā sastāva. Palielinot koncentrāciju līdz 20–30 % un patēriņu līdz 1,3–2,0 l/m<sup>2</sup>, dažādo lignosulfonātu AL efektivitātes starpība samazinās.
17. Pēc efektivitātes pretoties mitrināšanas/žāvēšanas ciklu destruktīvajai iedarbībai AL sarindojas šādi: *Dustex* > *Sappi* > *CC Road* > *OLDI*.
18. Mikroskopiski novērtējot lignosulfonātu AL mijiedarbību ar granti, redzams, ka notiek putekļu daļiņu izmēru palielināšanās/aglomerācija, kas liecina par lignosulfonātu AL kā saistvielas īpašībām un izraisa putekļus veidojošo daļiņu daudzuma samazināšanos un līdz ar to arī gaisa kvalitātes uzlabošanos. Izmantoto lignosulfonātu AL iedarbības efektivitāte savā starpā būtiski neatšķiras.
19. Visiem ar lignosulfonātu AL apstrādātiem grants paraugiem novērots mitruma iespīšanās ātruma samazinājums. Lielāko mitruma iespīšanās samazināšanās ātrumu un labāku noturību pret izskalošanos uzrāda ar *Dustex* pārklāts grants segums.
20. Ievērots, ka pēc apstrādes lignosulfonātu atputekļošanas līdzeklis ir iespiedies noteiktā dziļumā grants virskārtā, veidojot cietu seguma slāni, tāpēc ultravioletā starojuma ietekme uz lignosulfonāta struktūru ir ievērojami samazināta.
21. Grants seguma mehānisko īpašību novērtēšanai laboratorijas apstākļos noteikts tūlītējās nestspējas indekss (TNI), kas raksturo grants maisījuma nestspēju uzreiz pēc tā samaisīšanas ar AL, savukārt Kalifornijas nestspējas rādītājs (*CBR*) raksturo grants maisījuma ar iemaisīto AL nestspēju pēc ūdens iedarbības, t. i., tuvāk reālajiem grants seguma ekspluatācijas apstākļiem. Atkarībā no lietotā AL, kā arī no tā daudzuma, tika iegūtas dažādas TNI un *CBR* vērtības:
  - iemaisīšana izraisa grants maisījuma nestspējas samazināšanos, bet vairākos gadījumos nestspēja vērtējama kā līdzīga vai augstāka nekā nesaistītam grants maisījumam;
  - TNI pārsvarā gadījumu ir mazāks, ja mazāks ir AL daudzums, bet lielāks, ja AL daudzums ir lielāks, tomēr novērojams, ka, AL daudzumu palielinot vēl vairāk, TNI samazinās;
  - *CBR* vērtība gandrīz visos gadījumos konstatēta lielāka, ja AL daudzums ir mazāks, un mazāka, ja AL daudzums ir lielāks;

- visos gadījumos maisījumiem ar vienādu AL un tā daudzumu *CBR* vērtība ir mazāka par *TNI* vērtību;
- visos gadījumos konstatēta lielāka *TNI* un *CBR* rezultātu atšķirība, ja lielāks ir lietotā AL daudzums, un otrādi;
- arī zemākās iegūtās *CBR* vērtības raksturo grants maisījuma ar jebkura no lietotajiem AL nestspēju kā pietiekamu grants seguma atbilstošai funkcionalitātei;
- paraugu piesūcināšanas laikā pirms *CBR* testa konstatēts papildus uzņemtā mitruma daudzums 0,5–1,7 % robežās, paraugu lineārā izplešanās nav konstatēta, izņemot nēcīgu palielināšanos dažos gadījumos (0,02 mm, 0,06 mm, 0,08 mm), kas raksturo grants maisījumu kombinācijā ar visiem izmantotajiem AL kā noturīgu pret mitruma iedarbību;
- kā salīdzinoši veiksmīgāki no nestspējas un citu īpašību viendabības viedokļa vērtējami visu lignosulfonātu AL maisījumu ar  $\text{CaCl}_2$  AL dažādās kombinācijās iegūtie *TNI* un *CBR* rezultāti.

### 2.2.11. Rekomendācijas

1. Eksperimentālajos laboratorijas pētījumos novērots, ka visi izmantotie lignosulfonātu atputekļošanas līdzekļi efektīvi saista smalkās putekļus veidojošās grants daļiņas, izveidojot cietu virskārtas slāni, kas samazina putekļu veidošanās spēju.
2. Saskaņā ar laboratorijas rezultātiem lauka eksperimentiem izmantojami visi trīs atputekļošanas līdzekļi uz lignosulfonāta bāzes, kuru koncentrācijai jābūt 20–30 % un šķīduma patēriņam – 1,3–2,0 l/m<sup>2</sup>.
3. Lai apvienotu neorganisko sāļu un lignosulfonātu atputekļošanas efektus un izstrādātu efektīvu risinājumu atputekļošanai plašākam laika apstākļu diapazonam, t. i., gan mitram, gan sausam laikam, kā trešo AL turpmākiem eksperimentiem piedāvājam lignosulfonātu un neorganisko sāļu kombinācijas.
4. Tā kā novecināto paraugu tricīnizturības rezultāti viennozīmīgi neļauj spriest par kāda no šajā pētījumā izmantotajiem lignosulfonātiem pārākumu, rekomendējams papildus veikt grants pārklājuma cietības mērījumus gan laboratorijas, gan lauka apstākļos.

# 3. nodaļa

---

## PROGNOZĒJAMĀ TĀME IESPĒJAMO ATPUTEKĻOŠANAS DARBU VEIKŠANAI 2. EKSPERIMENTĀLAJĀ KĀRTĀ

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Eksperimentālo posmu izvēle                                                  | 139 |
| 3.2. Ieteicamie eksperimentālo atputeķļošanas darbu risinājumi                    | 142 |
| 3.3. Piemērotāko atputeķļošanas līdzekļu izvēle pētījuma 2. etapam un tā izmaksas | 143 |

Ņemot vērā to, ka atputeķļošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes Latvijā netiek izmantoti ceļu atputeķļošanai un Latvijā līdz šim nav tikusi apkopota praktiskā informācija par lignosulfonātu efektivitāti un izmaksām, izmantojot tos kā atputeķļotājus, kā arī to, ka kopējā pieejamā informācija par tiem ir ierobežota, LVM uzreiz nevar pieņemt lēmumu par eksperimentālo atputeķļošanu ar lignosulfonātiem. Tāpēc šajā pētījumā iekļautā informācija LVM sniedz papildu objektīvus datus, vai lignosulfonātu izmantošana uzskatāma par potenciālu efektīvu un perspektīvu pieeju LVM meža autoceļu atputeķļošanā.

Balstoties uz pētījumā izdarītajiem secinājumiem, sagatavota prognozējamā tāme par iespējamiem atputeķļošanas darbiem ar atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes.

Lēmums par meža autoceļu atputeķļošanu ar atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes izdarāms pēc šī pētījuma atskaites apstiprināšanas.

### 3.1. Eksperimentālo posmu izvēle

Lai varētu noteikt potenciāli atputeķļojamos meža autoceļa posmus, vispirms noteikti svarīgākie kritēriji. Atputeķļojamie ceļa posmi nosakāmi pēc šādiem kritērijiem:

- grants segumam jābūt labā tehniskajā stāvoklī;
- posmā jābūt regulārai transportlīdzekļu satiksmei, vidēji tipiskai meža ceļu tīklā;
- tuvumā var būt apdzīvotas vietas, jo visbiežāk nepieciešamība atputeķļot ir apdzīvotu vietu tuvumā;
- vēlams, lai ceļa posmu novietojums aptver dažādas vietas – gan atklātas, gan noēnotas, gan taisnus, gan līkumotus ceļa posmus, kas atrastos gan sausus, gan mitros apvidos, protams, atbilstoši reālajām iespējām;
- visus atputeķļojamos ceļa posmus un AL ieteicams apstrādāt vienuviet vai nelielā apgabalā, kur atputeķļojamie posmi ar vienu AL būtu sasniedzami apstrādei vienas dienas laikā (šādā veidā var plānot realizēt atputeķļošanu, piemēram, divās dažādās Latvijas vietās – apstākļos);
- iespējams arī izvēlēties atputeķļot ar katru AL citā Latvijas reģionā, tomēr labāk, ja visi AL tiek salīdzināti apmēram vienādos apstākļos, t. i., vienuviet.

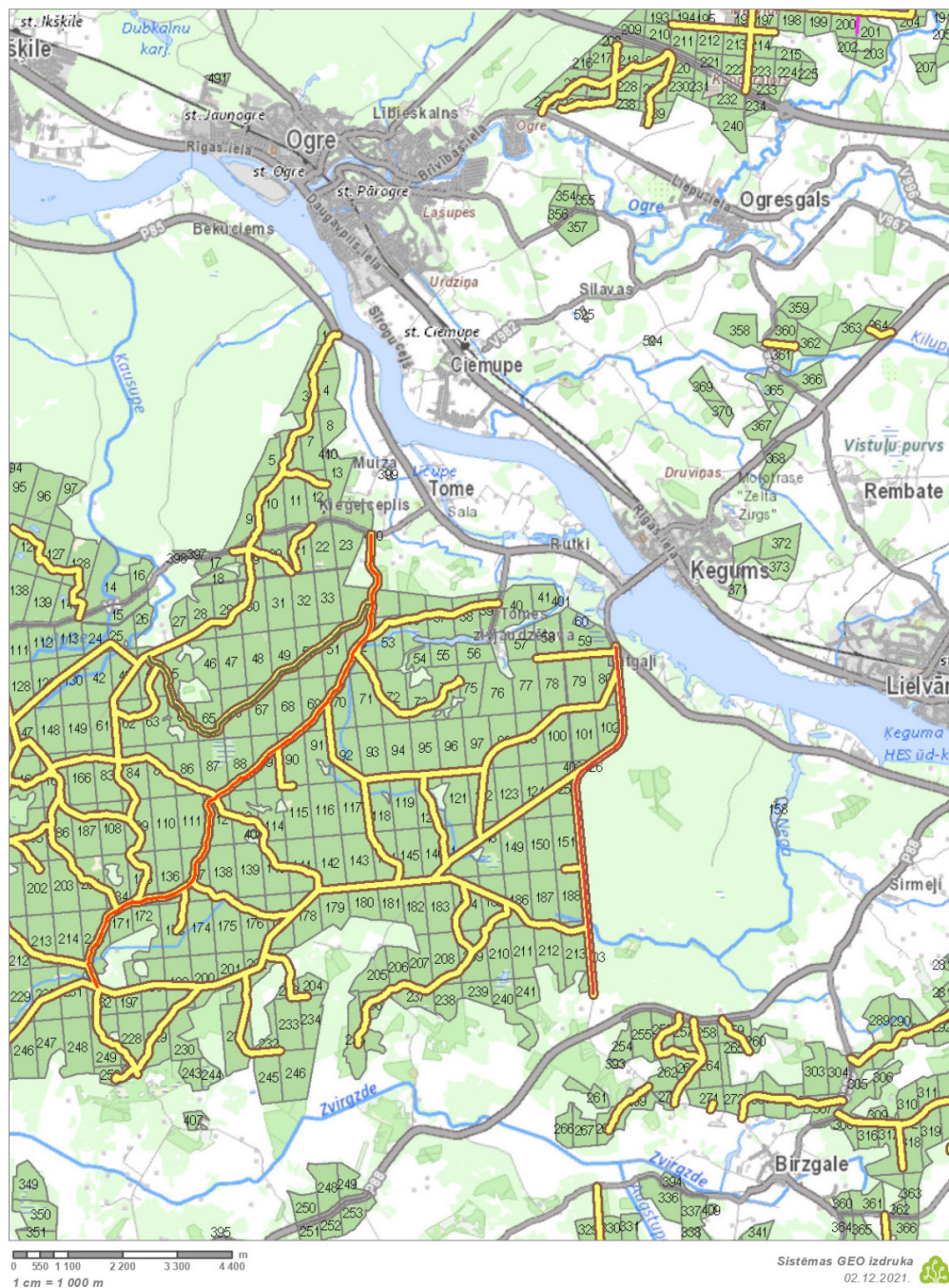
Izvērtējot un ņemot vērā kritērijus, LVM noteikusi, kuri meža masīvu un meža autoceļa posmi ir piemēroti potenciālajai atputeķļošanai (skat. 3.1. un 3.2. att.). Atputeķļošanas izdevumu prognozējamā tāme sagatavota tiem meža autoceļa posmiem, kas attēlos iezīmēti ar sarkanu līniju.

Izpētes nākamā etapa realizācija atkarīga no dažādu faktoru kopuma – 1. etapa secinājumi un rekomendācijas, atputeķļošanas paredzamās izmaksas, LVM lēmums par īstenošanas nepieciešamību vai projekta pārtraukšanu). Rekomendējamie atputeķļošanas līdzekļi doti 2.2.10. apakšnodaļā.





## Abermaņa ceļš un Zarukalni-Rūšiņi



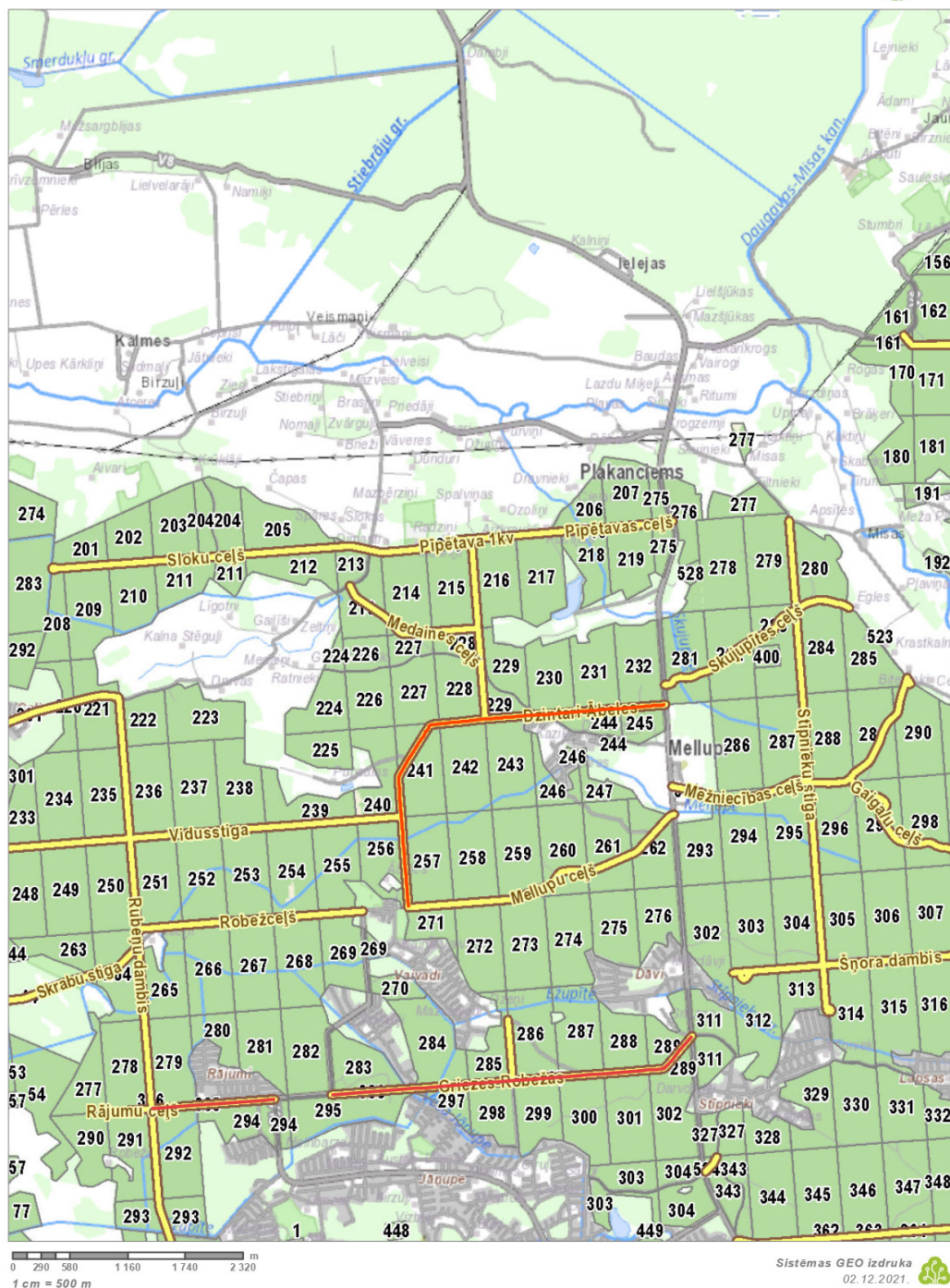
3.1. att. Tomes masīvs. Abermaņa ceļš, 12,1 km; Zarukalni-Rūšiņi, 7,4 km.





## Dzintari-Ābeles, Griezes-Robežas

Plakanciema masīvs



3.2. att. Plakanciema masīvs. Dzintari-Ābeles, 4,3 km; Griezes-Robežas, 5,6 km (– 0,45 km).

### 3.2. Ieteicamie eksperimentālo atputeķļošanas darbu risinājumi

Eksperimentālo atputeķļošanas darbu veikšanai ieteicamie AL un to izlietojuma daudzums:

- ar *CC Road 77 % AL* – 400 vai 800 g/m<sup>2</sup>, t. i., tīrā CaCl<sub>2</sub> daudzums – ap 300 g/m<sup>2</sup> un 600 g/m<sup>2</sup>;
- ar lignosulfonātu AL 50 % ūdens šķīdumu – 1,0 l/m<sup>2</sup> un 2,0 l/m<sup>2</sup>, t. i., tīrā lignosulfonātu AL daudzums – ap 0,5 l/m<sup>2</sup> un 1,0 l/m<sup>2</sup>;
- ar lignosulfonātu AL šķīdumu 1,0 l/m<sup>2</sup> kombinācijā ar *CC Road 77 % AL* 400 g/m<sup>2</sup>.

Grants seguma atputeķļošanas provizorisks tehnoloģiskie risinājumi (jāprecizē atbilstoši konkrētajiem apstākļiem un ietekmēm):

- atputeķļojot ar kalcija hlorīdu:
  - » grants seguma profilēšana, ja nepieciešams laistot;
  - » ja kalcija hlorīdu paredz iemaisīt (ieteicams pie relatīvi lielāka kalcija hlorīda izlietojuma, piemēram, ≥600 g/m<sup>2</sup>) – grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - » laistīšana;
  - » kalcija hlorīda iestrāde – izkaisīšana vai izliešana (ja paredz iemaisīt, tad iestrādā 50–70 %);
  - » ja kalcija hlorīdu iemaisa – valnīšu izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana, ja nepieciešams, laistīšana, tad atlikušā kalcija hlorīda iestrāde;
  - » grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav);
- atputeķļojot ar lignosulfonātu:
  - » grants seguma profilēšana, ja nepieciešams laistot;
  - » grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - » laistīšana;
  - » lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - » valnīšu pārvietošana uz brauktuves vidu, ja nepieciešams – laistīšana;
  - » lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - » valnīša izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana;
  - » grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav);
- atputeķļojot ar lignosulfonātu un kalcija hlorīdu:
  - » grants seguma profilēšana, ja nepieciešams laistot;
  - » grants seguma materiāla novietošana valnīšos brauktuves malās;
  - » laistīšana;
  - » lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
  - » valnīšu pārvietošana uz brauktuves vidu, ja nepieciešams – laistīšana;

- » lignosulfonāta iestrāde (izliešana) – ap 50 %;
- » valnīša izslīdzināšana pa brauktuvi, profila izveidošana;
- » kalcija hlorīda iestrāde, ja nepieciešams, tad pirms tam – laistīšana;
- » grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (parasti, ja satiksmes intensitāte neliela vai tās nav).

### 3.3. Piemērotāko atputeķļošanas līdzekļu izvēle pētījuma 2. etapam un tā izmaksas

izmaksas AL iestrādei eksperimentālajā posmā, kā arī turpmākai testēšanai un vides monitoringam dotas šī pētījuma 2. pielikumā. Paredzamās pētījuma 2. kārtas izmaksas, izmantojot *Dustex* un *CC Road* AL, sagaidāmas 92 671,49 EUR (deviņdesmit divi tūkstoši seši simti septiņdesmit viens eiro un 49 centi) (bez PVN) (2. pielikums). Tāmi veido šādas svarīgākās pozīcijas::

- atputeķļošanas līdzekļu (*Dustex* 15 t un *CC Road* – 18 t) iegāde kopumā aptuveni 6,5 kilometru meža autoceļu atputeķļošanai – 20 400 EUR (bez PVN);
- atputeķļošanas darbi – 12 500 EUR (bez PVN);
- monitorings un analīze – 17 856,00 EUR;
- datu apkopošana un atskaišu sagatavošana – 4640,00 EUR (bez PVN);
- nodokļi – PVN 21 % 19 461,01 EUR u. c.

Nepieciešamības gadījumā var pārskatīt izmaksu aprēķinā iekļautos darbu daudzumus, tādā veidā palielinot vai samazinot vēlamās izmaksas atbilstoši finanšu resursu pieejamībai.

Ņemot vērā, ka pētījuma sagatavošanas brīdī tā izpildītājam nav visas detalizētās informācijas par atputeķļošanas darbu praktisko izpildījumu, faktiskā tāme var atšķirties līdz aptuveni 30 %. Saskaņā ar piedāvāto laika grafiku atputeķļošanu vēlams veikt maijā vai jūnijā, vienlaikus ņemot vērā un operatīvi reaģējot uz laikapstākļiem un to izmaiņām, savukārt pārējās aktivitātes (monitorings un atskaišu sagatavošana) paveicamas līdz 2022. gada 1. novembrim.

Atputeķļošanai ar *CC Road* 77 % AL:

- orientējošas darbu izmaksas 5–12 t *CC Road* 77 % AL iestrādei (autogreiders, ūdens muca, kaisītāja mobilizācija un demobilizācija, piegādes transports, pārkraušanas darbi, darbu vadība) – 3500 EUR (bez PVN);
- orientējoša *CC Road* 77 % AL cena – 300 EUR/t (bez PVN);
- atputeķļojamā posma garums atkarībā no AL izkliedes normas, ceļa parametriem un kopējā AL daudzuma – līdz aptuveni 3 km.

Atputeķļošanai ar *Dustex* lignosulfonātu AL:

- orientējošas darbu izmaksas 8000–16 000 l lignosulfonāta iestrādei (mobilizācija un demobilizācija, šķīduma sagatavošanas un pārkraušanas/pārsūkņēšanas darbi, autogreiders, ūdens muca – 2 gab., piegādes transports, darbu vadība) – 4000 EUR (bez PVN);
- orientējoša iespējamā lignosulfonātu AL cena 1000 EUR/t (bez PVN);
- atputeķļojamā posma garums atkarībā no AL izkliedes normas, ceļa parametriem un kopējā AL daudzuma – līdz aptuveni 1,5 km.

Atputeķļošana ar *CC Road* 77 % AL kombinācijā ar lignosulfonātu AL:

- iespējams apvienot ar iepriekšējos punktos realizētajiem risinājumiem, atsevišķu ceļa posmu atputeķļojot ar AL kombināciju;

- nepieciešamā *CC Road* 77 % AL un lignosulfonātu AL izlietojamo daudzumu orientējošā attiecība – 1 : 3;
- orientējošas darbu izmaksas bez AL izmaksām līdz aptuveni 2 km gara ceļa posma atputekļošanai, ja tiek veikts kā atsevišķi nodalīts darbs – ap 5000 EUR (bez PVN).

Atkarībā no galīgā lēmuma par atputekļojamajiem ceļu posmiem un to garumu, izmantojamajiem AL un to daudzumu būs iespējams aprēķināt konkrētās kopējās eksperimentālo atputekļošanas darbu izmaksas.

# 4. nodaļa

---

## **GALVENIE SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS**

## Secinājumi

1. Poliaromātisko ogļūdeņražu (*PAH*) un polihlorbifenila (*PCB*) piesārņojuma koncentrācijas pētītos lignosulfonātos atbilst draudzīgas vides prasībām saskaņā ar LR Ministru kabineta „Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem” (Noteikumi Nr. 804; prot. Nr.61 25.§, 25.10.2005.).
2. Pētījumā izmantoto lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļu un  $\text{CaCl}_2$  lietošana meža autoceļu atputeķļošanai nav pret-runā mežu apsaimniekošanas standartu prasībām.
3. Atputeķļošanas līdzekļi uz neorganisko sāļu bāzes (kalcija hlorīds, magnija hlorīds) atputeķļošanas efektu nodrošina, piesaistot gaisa mitrumu, tādējādi samitrinot arī grants seguma minerālmateriāla daļiņas, bet atputeķļošanas līdzekļi uz lignosulfonātu bāzes atputeķļošanas efektu nodrošina, savstarpēji saistot un izveidojot puteķļu daļiņas aglomerātus.
4. Dažādu atputeķļošanas līdzekļu atputeķļošanas efektivitāte dažādā diennakts laikā, temperatūrā un gaisa mitruma apstākļos atšķiras. Neorganiskie sāļi piesaista lielāku mitruma daudzumu, ja gaisa mitrums ir lielāks un apkārtējā gaisa temperatūra ir zemāka, bet mitruma piesaistīšanas efektivitāte ir zemāka, ja gaisa mitrums ir mazāks un apkārtējā gaisa temperatūra ir augstāka (piemēram, 24 h periodā: 10 °C pie apkārtējā gaisa mitruma 85 % – kalcija hlorīda piesaistītā mitruma daudzums – 32,8 %; 35 °C pie apkārtējā gaisa mitruma 25 % – kalcija hlorīda piesaistītā mitruma daudzums – 7,0 %). Savukārt lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļi ir efektīvāki pie mazāka gaisa mitruma.
5. Lignosulfonātu iestrādā ar pārmaisīšanu 2–4 cm dziļumā, pēc tam sablīvējot.
6. Lignosulfonātu iestrāde grants ceļu segumā ievērojāmi samazina puteķļu saturu gaisā, jo eksperimentāli noteikts, ka aglomerātu >3 mm saturs, kuri labi pretojas vēja radītiem spēkiem, *Dustex* lignosulfonātam sasniedz 97,8 %, kas var konkurēt ar neorganisko sāļu rādītājam, kas ir rādītāju 95 %.
7. Piemērotākā atputeķļošanas līdzekļa izvēle nosakāma pēc šādiem faktoriem: satiksmes raksturlielumiem, ceļa seguma īpašībām (grants daļiņu izmēriem un to sadalījuma pa frakcijām, virsmas stāvokļa), meteoroloģiskajiem apstākļiem (nokrišņiem, temperatūras, mitruma un tā iztvaikošanas, kas ietekmēs atputeķļošanas līdzekļu izskalošanos).
8. Atputeķļošanas līdzekļu īpašību un to mijiedarbības ar ceļa seguma materiāliem kvalitātes kontrolei nav izstrādāti oficiāli vispāratzīti standarti un metodes.
9. Atputeķļošanas līdzekļu darba drošības lapās norādīto vispārīgo fizikālo un ķīmisko īpašību – pH, viskozitātes – pārbaudei izmantojami no citām nozarēm aizgūti standarti.



10. Pēc efektivitātes pretoties mitrināšanas/žāvēšanas ciklu destruktīvajai iedarbībai AL sarindojas šādi: *Dustex* > *Sappi* > *CC Road* > *OLDI*.
11. Paredzamajā ekspluatācijas temperatūras diapazonā  $\leq 60$  °C nav sagaidāma lignosulfonātu termiskā sadalīšanās.
12. Atputeķļošanas līdzekļu uz lignosulfonātu bāzes iemaisīšana var izraisīt grants seguma salīdzinoši nelielu nestspējas samazināšanos mitros apstākļos, tomēr nestspējas samazinājums neietekmēs grants seguma funkcionālītāti. Savukārt sausos apstākļos grants seguma nestspēja būs augstāka.
13. Grants puteķļu aglomerācijas rezultāti visiem šajā pētījumā izmantotajiem atputeķļošanas līdzekļiem uz lignosulfonātu bāzes ir līdzīgi 20–30 % koncentrācijā pie 1,3–2,0 l/m<sup>2</sup> patēriņa, kas atbilst ražotāja sniegtajai rekomendācijai.

### Rekomendācijas

1. Atputeķļošanu ieteicams paredzēt tādu nesaistītu grants seguma ceļu posmos ar satiksmes intensitāti *AADT* < 250 auto/diennaktī, kuri ir labā tehniskajā stāvoklī, ar garenprofilu, šķērsprofilu un sāngrāvjiem, kas nodrošina efektīvu ūdens atvadi.
2. Lai uzlabotu atputeķļošanas efektivitāti un ņemot vērā, ka lignosulfonāti un CaCl<sub>2</sub> lietus iedarbībā izskalojas no ceļa seguma, rekomendējams apvienot šos abus AL vienā noteiktas kompozīcijas maisījumā, tādējādi kombinējot divus atputeķļošanas mehānismus, konkrēti, grants puteķļu sasaitīšanu agregātos un to higroskopiskumu. Kamēr lignosulfonāti sasaista grants puteķļus, formējot to agregātus, CaCl<sub>2</sub> var efektīvi uzlabot lignosulfonātu atputeķļošanas spēju, pateicoties tā higroskopiskumam. Tāda kombinācija būs spējīga saglabāt atputeķļotā ceļa seguma īpašības atšķirīga gaisa relatīvā mitruma apstākļos.
3. Lai pārbaudītu šo atputeķļošanas līdzekļu darbību reālos ekspluatācijas apstākļos, rekomendējams veikt pētījumus lauka apstākļos ne mazāk kā vienas sezonas garumā, ievērojot laika apstākļu neprognozējamību, kas būtiski var ietekmēt izvēlēto atputeķļošanas līdzekļu efektivitāti. Atkarībā no atputeķļošanas līdzekļu pieejamības Latvijā būtu vēlams turpināt darbu ar visiem eksperimentālajos laboratorijas pētījumos izmantotajiem lignosulfonātu atputeķļošanas līdzekļiem, kā arī to maisījumiem ar CaCl<sub>2</sub>.
4. Balstoties uz šajā pētījuma iegūtajiem rezultātiem, eksperimentālajā posmā rekomendējams iestrādāt *Dustex* lignosulfonātu un salīdzināt ekspluatācijas īpašības ar CaCl<sub>2</sub>.

# 5. nodaļa

---

## LITERATŪRA

1. Valsts meža dienests. [skatīts 2021. gada 10. septembrī]. Pieejams: <https://www.vmd.gov.lv/valsts-meza-dienests/statiskas-lapas/-meza-apsaimniekosana/koksnes-resursu-ieguve?nid=1682#jump>.
2. Padgett, E. P., Meadown, D., Eubanks, E., Ryan, E. W. Monitoring fugitive dust emission from off-highway vehicle traveling on unpaved road and trails using passive sample, USA, 2007.
3. Environment Canada, Best Practices for the Use and Storage of Chloride-based Dust Suppressants, Kanāda, 2007.
4. Stephen K. Ritter, Lignocellulose: a complex biomaterial. C&EN, American Chemical Society, December 08, 2008.
5. Teehoitööde tehnoloogilised juhised kaltsiumkloriidiga tolmutõrje tegemise juhise. Kinnitatud Maanteeameti peadirektori 12.12.2007. a käskkirjaga nr 255.
6. KRUUSATEEDE TOLMUTÕRJE MEETODID. II OSA. Töö on koostatud Maanteeameti teede arengu osakonna tellimisel, Konsultant Skepast&Puhkim OÜ Laki 34, 12915 Tallinn, Tallinn 2017.
7. Kans, M., Campos, J., Hakansson, L. An ICT System for Gravel Road Maintenance – Information and Functionality Requirements. In: International Congress and Workshop on Industrial AI 2021, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, 2022.
8. Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies, Karin Edvardsson, Doctoral Thesis at the Royal Institute of Technology, Stockholm 2010.
9. Bradulienė, J., Vasarevicius, S. Statistical evaluation of relationship between the gravel road dustiness and environmental conditions when mixtures of molasses based solution and  $\text{CaCl}_2$  for reducing dustiness are used. Selected papers of the 8th International Conference Environmental Engineering, May 19–20, 2011, Vilnius, Lithuania, ISSN 2029-7106 print / ISSN 2029-7092 online.
10. Zilionienė, D., Cygas, D., Aloyzas Juzenas, A., and Jurgaitis, A. Improvement of Functional Designation of Low-Volume Roads by Dust Abatement in Lithuania Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1989, Vol. 1, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007, pp. 293–298. DOI: 10.3141/1989-34.
11. Elsholz, C. Dust Suppressant Use and Alternatives at Carnegie State Vehicular Recreation Area, 2012, PDF Free Download; <https://soilworks.com/reference-library/2012-tpd1205017-dust-suppressant-use-alternatives-at-carnegie-state-vehicular-recreation-area-sate-of-ca-dpr.aspx>.
12. Goodrich B., Koski R. and Jacobi R. W. Condition of Soils and Vegetation Along Roads Treated with Magnesium Chloride

- for Dust Suppression. *Water Air and Soil Pollution* 2009. 198(1):165-188.
13. Piechota T., Ee J. V., Batista J. and James D. E. Potential environmental impacts of dust suppressants: Avoiding another Times Beach. Project: 2002 EPA-funded workshop on potential environmental impacts of dust suppressants. 2004.
  14. Shi, Z., Krom, M. D., Bonneville, S., Baker, A. R., Jickells, T. D., Benning, L. G. Formation of iron nanoparticles and increase in iron reactivity in the mineral dust during simulated cloud processing. *Environ. Sci. Technol.*, 43 (2009), pp. 6592–6596.
  15. Surdahl R. W., Woll H. J and Marquez H. R. Stabilization and Dust Control at the Buenos Aires National Wildlife Refuge, Arizona. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2007. 1989(1):312-32.
  16. Sanders T. G., Addo, J. Q., Ariniello, A. and Heide, W. E. Relative Effectiveness of Road Dust Suppressants, (1994).
  17. Bolander, Peter, ed. 1999. Dust palliative selection and application guide. Project Report. 9977-1207-SDTDC. San Dimas, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center. 20 p. <http://fsweb.sdtc.wo.fs.fed.us>.
  18. Jones, D. Guidelines for the Selection, Specification, and Application of Chemical Dust Control and Stabilization Treatments on Unpaved Roads, University of California, Pavement Research Center, UC Davis, UC Berkeley, 2017-11-01, Permalink: <https://escholarship.org/uc/item/0347c9zj>.
  19. <https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/>.
  20. <https://www.epa.gov/rcra>.
  21. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1312-synthetic-precipitation-leaching-procedure>.
  22. Thompson, R. J. and Visser, A. T. Selection, performance and economic evaluation of dust palliatives on surface mine haul roads. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Volume 107, July 2007, 435-450.
  23. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 14: Efficacy of dust suppressants to control road dust re-suspension in Central and Northern Europe.
  24. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 24: AIRUSE summary report.
  25. AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Report 28: Technical guide to reduce road dust emissions in Southern Europe.
  26. OECD doc Measures to reduce road dust resuspension; <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/4a4dc6ca-en/index.html?itemId=/content/publication/4a4dc6ca-en>.
  27. <https://alumichem.com/our-products/chemistry/cma/dust-away/>.
  28. Autoceļu specififikācijas 2005, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
  29. Ceļu specififikācijas 2010, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
  30. Ceļu specififikācijas 2012, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
  31. Ceļu specififikācijas 2014, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".

32. Ceļu specifikācijas 2015, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
33. Ceļu specifikācijas 2017, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
34. Ceļu specifikācijas 2019, VSIA "Latvijas Valsts ceļi".
35. CC Road datu drošības lapa.
36. Drošības datu lapa bitumena emulsijai CELEM C65B2 (atbilst Eiropas Parlamenta un Padomes regulai 1907/2006 (REACH), II pielikumam).
37. DUSTEX darba drošības lapa.
38. Lignex 101 darba drošības lapa.
39. Lignex 201 darba drošības lapa.
40. OLDI darba drošības lapa <https://oldi.lv/musu-produkcija/pulveris-lignosulfonati.html>.
41. Gromovik, A. I., Ionko, O. A., Bassey D. Mūsdienu agrokultūras instrumentālās analīžu metodes, Teorija un prakse, Voroneža, 2010.
42. Bassey D. et al. Ballast Contamination Mechanisms: A Critical Review of Characterisation and Performance Indicators. *Infrastructures* 2020, 5(11), 94; <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110094>.
43. McTainsh G., Leys J. Erosion by wind. In: *Land Degradation Processes in Australia*, McTainsh G., Broughton W. (Eds.), Longman Cheshire, Melbourne, 1993, pp. 188–233.

# 6. nodaļa

---

## PIELIKUMI



1. pielikums. Testēšanas pārskats Nr. 4207-09.09-21 par toksisko vielu (*PHB* un *PAO*) noteikšanu *Datex*, *OLDI* un *LigNex 201* paraugos)
2. pielikums. MEŽA AUTOCEĻU ATPUTEKĻOŠANA – 2022. gads. Provizoriskās izmaksas projekta iespējamajam 2. etapam.
3. pielikums. Atputekļošanas līdzekļa *CC Road* Drošības datu lapa.
4. pielikums. Atputekļošanas līdzekļa *Dustex 50 % Liquid* Drošības datu lapa.
5. pielikums. Bitumena emulsijas *CELEM C65B2* Drošības datu lapa.
6. pielikums. Pulverveidīgais lignosulfonāts *OLDI* Drošības datu lapa.
7. pielikums. Atputekļošanas līdzekļa *Sappi* Drošības datu lapa.

## 1. PIELIKUMS

Testēšanas pārskats Nr. 4207-09.09-21 par toksisko vielu  
(PHB un PAO) noteikšanu Datex, OLDI un LigNex 201 paraugos)



SIA "Vides audits" laboratorija  
Dzērbenes iela 27, Rīga, LV-1006  
tālr.: 67556152, fakss: 67545146  
www.videsaudits.lv  
info@videsaudits.lv



EN ISO/IEC 17025  
T-261

27.09.2021

## TESTĒŠANAS PĀRSKATS Nr. 4207-09.09-21

## 1. Informācija par pasūtītāju

**Pasūtītājs:** APP LV Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas institūts

**Adrese:** Dzērbenes iela 27, Rīga, Latvija, LV-1006

**Tālrunis:** 29513922

## 2. Pasūtītāja informācija par paraugiem:

**Objekts:** saskaņā ar līgumu Nr. 15-21 (19.08.2021.)

**Paraugu ņemšanas datums:** 09.09.2021

| N.p.k. | Nemšanas vieta              | Parauga veids   |
|--------|-----------------------------|-----------------|
| 1      | Dustex, pulveris, brūns     | cietais paraugs |
| 2      | LigNex201, pulveris, brūns  | cietais paraugs |
| 3      | Oldi, pulveris, gaiši brūns | cietais paraugs |

## 3. Paraugu apraksts

| N.p.k. | Trauka veids  | Daudzums |
|--------|---------------|----------|
| 1      | stikla trauks | ~2g      |
| 2      | stikla trauks | ~2g      |
| 3      | stikla trauks | ~2g      |

**Paraugu pieņemšanas datums:** 09.09.2021

Testēšanas rezultāti

Testēšanas izpildes sākuma/beigu datums: 09.09.2021/27.09.2021

| Nosakāmais rādītājs                             | Mērv.    | Rezultāts | Rezultāta nenoteiktība | Testēšanas metodes Nr.              |
|-------------------------------------------------|----------|-----------|------------------------|-------------------------------------|
| <b>1. paraugs - Dustex, pulveris, brūns</b>     |          |           |                        |                                     |
| Sausna                                          | %        | 94.2      | 4.7                    | LVS ISO 11465:2006+TC1              |
| Polihlorbifenilu summa                          | mg/kg DW | <0.02     | -                      | LVS EN 17322:2020 <sup>◇</sup>      |
| Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži           | mg/kg DW | 0.13      | 0.02                   | US EPA Meth. 8100:1986 <sup>◇</sup> |
| <b>2. paraugs - LigNex201, pulveris, brūns</b>  |          |           |                        |                                     |
| Sausna                                          | %        | 93.7      | 4.7                    | LVS ISO 11465:2006+TC1              |
| Polihlorbifenilu summa                          | mg/kg DW | <0.02     | -                      | LVS EN 17322:2020 <sup>◇</sup>      |
| Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži           | mg/kg DW | 0.30      | 0.04                   | US EPA Meth. 8100:1986 <sup>◇</sup> |
| <b>3. paraugs - Oldi, pulveris, gaiši brūns</b> |          |           |                        |                                     |
| Sausna                                          | %        | 93.0      | 4.7                    | LVS ISO 11465:2006+TC1              |
| Polihlorbifenilu summa                          | mg/kg DW | <0.02     | -                      | LVS EN 17322:2020 <sup>◇</sup>      |
| Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži           | mg/kg DW | 0.31      | 0.04                   | US EPA Meth. 8100:1986 <sup>◇</sup> |

1. PHB un PAO ekstragēti no paraugiem ar heksānu. Ekstrakti analizēti ar gāzu

**2. PIELIKUMS**

MEŽA AUTOCEĻU ATPUTEKĻOŠANA – 2022. gads.  
Provizoriskās izmaksas projekta iespējamajam 2. etapam.

| Nr.p.k.   | Uzdevums/ apakšuzdevums/ darbība                                                                                                    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> | <b>Atputekļotāja jaunās kompozīcijas no LS ar CC Road efektivitātes pārbaude</b>                                                    |
| 1.1.      | Žūšana/mitruma saglabāšanas tests (sorbcija/desorbcija ) īstermiņā un ilgtermiņā (pēc vairākiem izžūšanas – samitrināšanas cikliem) |
| 1.2.      | Putekļu aglomerācijas noteikšana izmantojot granulometrisko testēšanas metodi                                                       |
| <b>2.</b> | <b>Atputekļošanas specifiku izstrāde izvēlētajām piemērotākajām atputekļošanas tehnoloģijām.</b>                                    |
| 2.1.      | Kvalitātes prasības izpildītiem darbiem, darba apraksts, iekārtu mehānismu apraksts.                                                |
| 2.2.      | Kvalitātes prasības atputekļošanas līdzekļiem                                                                                       |
| <b>3.</b> | <b>Atputekļošanas pakalpojumu sniedzēja piesaistīšana un sadarbība ar to atputekļošanas sezonas laikā.</b>                          |
| 3.1.      | Atputekļošanas pakalpojumu sniedzēja piesaistīšana                                                                                  |

**3. PIELIKUMS**

Atputeķļošanas līdzekļa CC Road Drošības datu lapa.

**VINCENTS POLYLINE SIA****IZSTRĀDĀJUMA DROŠĪBAS DATU LAPA / ZIŅAS PAR ĶĪMISKO VIELU VAI PRODUKTU**

saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Regulām (EK) Nr. 830/2015 no 28.05.2015.

un Nr. 1907/2006 no 18.12.2006.

Datums: 29.04.2019

**CC ROAD**

Versija Nr. 1.0

Drukāšanas datums: 3/9/2020

**1. VIELAS/MAISĪJUMA UN UZŅĒMĒJSABIEDRĪBAS/KOMPĀNIJAS IDENTIFICĒŠANA****1.1. Produkta identifikators:****CC ROAD****1.2. Vielas vai maisījuma attiecīgi apzinātīe lietošanas veidi un tādi, ko neiesaka izmantot:**

Atputeķļošanas sastāvs grants ceļiem, ko izmanto grants ceļa seguma atputeķļošanai. Paredzēts pielietot grantētu auto ceļu, piemājas ceļu un būvobjektu, piebraucamo ceļu segumu apstrādei.

**1.3. Informācija par drošības datu lapas piegādātāju**

## 1.3.1. Ražotājs/importētājs:

SIA Vincents Polyline

## 1.3.2. Uzņēmuma reģistra numurs:

40003358071

## 1.3.3. Pilna adrese:

Cīruļu iela 29, Kalngale,  
Carnikavas nov., LV-2163

## Tālrunis/fakss:

+371-67903272/+371-67903370

## E-pasts:

[polyline@polyline.vincents.lv](mailto:polyline@polyline.vincents.lv)Atbildīgā/Datu izsniegšanas  
persona:**1.4. Tālruņa numurs, kur zvanīt  
ārkārtas situācijās:**Ātrai palīdzībai: 03 vai 113  
Glābšanas dienestam: 112  
Saindēšanās un zāļu informācijas centrs:  
+371-67042473 (visu diennakti)**2. BĪSTAMĪBAS APZINĀŠANA****2.1. Vielas vai maisījuma klasificēšana**Saskaņā ar (EK) Regulu Nr. 1272/2008:  
Nopietni acu bojājumi/acu kairinājums, Bīstamības kategorija 2;  
H319 Izraisa nopietnu acu kairinājumu.**2.2. Etiķetes elementi**

## GHS piktogrammas:



## Signālvārds:

Uzmanību

## Bīstamības apzīmējumi:

H319 – Izraisa nopietnu acu kairinājumu

**4. PIELIKUMS**

Atputekļošanas līdzekļa *Dustex 50 % Liquid* Drošības datu lapa.

**Safety Data Sheet****DUSTEX - 50% LIQUID****SECTION 1: Identification of the substance/preparation and of the company/undertaking****1.1. Product identifier**

Trade name: DUSTEX - 50% LIQUID

**1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**

Recommended uses: Binder  
Dispersing agent

**1.3. Details of the supplier of the safety data sheet****Supplier**

Company: LignoTech USA, Inc  
Address: 100 Grand Avenue  
Rothschild, WI 54474-1198  
Zip code:  
Country: UNITED STATES  
E-mail: customer@ltus.com  
Phone: +1(715)359-6544  
Fax: +1(715)355-3648

**1.4. Emergency Telephone Number**

+1(715)359-6544 (Emergency phone)  
+1(800)424-9300 (Chemtrec phone) (24h)

**SECTION 2: Hazards identification****2.1. Classification of the substance or mixture****2.2. Label elements**

The product shall not be classified as hazardous according to the classification and labeling rules for substance and mixtures.

**2.3. Other hazards****SECTION 3: Composition/information on ingredients****3.2. Mixtures**

| Substance              | CAS number | Concentration | Notes |
|------------------------|------------|---------------|-------|
| Calcium lignosulfonate | 8061-52-7  | ~ 50%         |       |
| Water                  | 7732-18-5  | ~ 50%         |       |

**SECTION 4: First aid measures**

## 5. PIELIKUMS

Bitumena emulsijas CELEM C65B2 Drošības datu lapa.

## DROŠĪBAS DATU LAPA

Atbilst Eiropas Parlamenta un Padomes regulai 1907/2006 (REACH), II pielikumam

Bitumena emulsija CELEM C65B2

Versija: 01

Revīzijas datums: 29/01/2016

## 1. IEDAĻA. Vielas/maisījuma un uzņēmējsabiedrības/uzņēmuma apzināšana

## 1.1. Produkta identifikators

Produkta nosaukums:

Bitumena emulsija CELEM C65B

Produkta apraksts: Bitumena emulsija pielietošanai uz ceļiem.

Produkta veids: Šķidrums.

## 1.2 Vielas vai maisījuma attiecīgi apzinātie lietošanas veidi un tādi, ko neiesaka izmantot

Bitumena emulsija ceļu remontam un būvēšanai.

Pārklājumu veidošanai.

Profesionālai lietošanai.

## 1.3 Informācija par drošības datu lapas piegādātāju

Ražotājs:

SIA "Ceļu Emulsija - HL"

Putniņu iela 2, Tukums,  
Tukuma novads, LV-3101,  
Latvija.

Tālr.: +371 63123722

Fakss: +371 63181204

E-pasts: info@emulsija.lv

Mājaslapa: http://www.emulsija.lv/

## 1.4 Tālruņa numurs, kur zvanīt ārkārtas situācijās

Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests: 112

Valsts Toksikoloģijas centrs, "Saindēšanās un zāļu informācijas centrs" tel. nr. 67042473,

Hipokrāta 2, Rīga, LV-1079.

## 2. IEDAĻA. Bīstamības apzināšana

## 2.1. Vielas vai maisījuma klasificēšana

Produkta definīcija: Maisījums

Klasifikācija atbilstoši  
regulai 1272/2008/EK  
(CLP):

Aquatic Chronic 3, H412

## 2.2. Etiķetes elementi

Atbilstoši regulai 1272/2008/EK (CLP)

Simbols:

(Izmērs: 16mmx16mm, ne  
mazāk kā 1 cm<sup>2</sup>)

Nav piemērojams.

Signālvārds:

Nav signālvārds.

Bīstamības apzīmējumi

H412 Kaitīgs ūdens organismiem ar ilgstošām sekām.

Bīstamās sastāvdaļas

Nav piemērojams.

Drošības apzīmējumi:

P101 Medicīniska padoma nepieciešamības gadījumā attiecīgā informācija ir norādīta uz  
iepakojouma vai etiķetes.  
P102 Sargāt no bērniem.  
P103 Pirms lietošanas izlasīt etiķeti.  
P273 Izvairīties no izplatīšanas apkārtējā vidē.  
P501 Atbrīvoties no neizlietota produkta pie licenzēta bīstamo atkritumu pārstrādes  
uzņēmuma saskaņā ar vietējo likumdošanu.



**6. PIELIKUMS**

Pulverveidīgais lignosulfonāts *OLDI* Drošības datu lapa.



RENCĒNU IELA 44, RĪGA, LATVIJA, LV-1073

**+371 67139507**

## **Pulverveidīgie lignosulfonāti**

KU SIA "OLDI" un tā meitas SIA "Lignotreid" (Krievija) un SIA "Dunit" (Ukraina) ir tirgotājs AS "Kondopoga", AS "Sjaskij CBK", AAS "Viborgas Timber Corporation" īstenošanai tehnisko lignosulfonāti šķidrumu un pulveris, Krievijā, Ukrainā, NVS, Eiropā un Āzijā.

KU SIA "OLDI" ražo tehnoloģisko transportēšanu šķidrā lignosulfonāts ar klienta adresi saviem cisternās.

1. Tehniskās lignosulfonāti - gala produkts apstrāde sulfīts dzērienu celulozes un papīra rūpniecībā, kas ir viens no blakusproduktus no sulfīts gatavošanas procesā koksnes celulozes.

2. Aplikācijas tehniskie lignosulfonāti:

- lietuvju nozarē kā saistvielu ražošanā core un formēšanas savienojumiem dzelzs, tērauda un krāsaino liešanu un sastāva nonstick krāsu, ražošanā krāsaino metālu kā peldēšanas reaģentu un saistvielu briķetes soda izejvielas;
- naftas rūpniecībā urbšanas naftas un gāzes urbumos, kā reaģents regulēšanas pamatparametrus urbšanas šķidrumu, kā sastāvdaļa sarec sistēmas regulēšanai filtrācijas plūsmas un ierobežojot ūdens pieplūdi procesos pieaugošajām naftas piedziņu;
- ugunsizturīgo materiālu kā pagaidu saistvielu;
- būvniecības nozarē kā atšķaidītājs cementa neapstrādātu vircu ražošanā cementa mitro

## 7. PIELIKUMS

Atputekļošanas līdzekļa Sappi Drošības datu lapa.

sappi

Page 1/6

**Safety data sheet**  
according to 1907/2006/EC, Article 31

Printing date: 14.02.2018

Version No: 1

Revision: 14.02.2018

**SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**

- **1.1 Product identifier**
- **Trade name:** LIGNEX 101
- **1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against**
- **Application of the substance / the preparation:**  
Dispersing agent, Dispersant  
Binder
- **Uses advised against:** No further relevant information available.
- **1.3 Details of the supplier of the safety data sheet**
- **Manufacturer/Supplier:**  
Sappi Paper and Paper Packaging  
Tugela Mill  
Private Bag X6034  
4490 Mandeni  
South Africa  
  
Tel.: +27 32 456 1111  
Fax: +27 32 456 1484
- **1.4 Emergency telephone number:** + 27 32 456 1111 (8:00-18:00h)

**SECTION 2: Hazards identification**

- **2.1 Classification of the substance or mixture**
- **Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008**  
The product is not classified according to the CLP regulation.
- **2.2 Label elements**
- **Labelling according to Regulation (EC) No 1272/2008** Void
- **Hazard pictograms** Void
- **Signal word** Void
- **Hazard statements** Void
- **2.3 Other hazards**
- **Results of PBT and vPvB assessment**
- **PBT:** Not determined.
- **vPvB:** Not determined.

**SECTION 3: Composition/information on ingredients**

- **3.2 Chemical characterisation: Mixtures**

· **Description:**

|                                      |                                                            |          |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|
| CAS: 68131-31-7<br>EINECS: 268-613-8 | Sulfite liquors and Cooking liquors, spent, alkali-treated | 40 - 55% |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|

- **Dangerous components:** Void
- **Additional information:** For the wording of the listed hazard phrases refer to section 16.

**SECTION 4: First aid measures**

- **4.1 Description of first aid measures**
- **General information:**  
No special measures required.  
If symptoms persist consult doctor.

(Contd. on page 2)

GB

# II

## MEŽA CEĻU ATPUTEKĻOŠANA

---

### 2. ETAPS – TEHNOLOĢIJU APROBĀCIJA

PIEGĀDĀTĀJU APVIENĪBA

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts  
Rīgas Tehniskā universitāte  
SIA "Ceļu eksperts"  
VAS "Latvijas autoceļu uzturētājs"

Rīga, 2024. gada 26. februāris

| <b>Pētniecības projekta nosaukums</b>                         | <b>"Meža ceļu atputeķlošana. 2. etaps – tehnoloģiju aprobācija"</b>                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RTU līguma numurs                                             | Līguma reģistrācijas Nr. OB000-3.1.2.2-e_8                                                                                                                                                                                                                |
| Līguma slēgšanas datums                                       | 04.07.2023.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Pētniecības projekta stadija                                  | 50 %                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Atskaites ziņojuma veids                                      | 3. starpziņojums                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ziņojuma nodošanas datums                                     | 26.02.2024.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Pētniecības projekta stadijas izstrādes periods               | 04.07.2023.–26.02.2024.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Lappušu skaits                                                | 106                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Pētniecības projekta izpildītāji                              | Izpildītāja personāla amats, vārds, uzvārds                                                                                                                                                                                                               |
| Pētniecības projekta vadītājs (RTU BIF Ceļu un tiltu katedra) | Vadošais pētnieks <i>Dr. sc. ing.</i> Viktors Haritonovs                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Galvenie izpildītāji</b>                                   |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SIA "Ceļu eksperts"                                           | <i>Mg. sc. ing.</i> Aigars Strežs                                                                                                                                                                                                                         |
| Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts                     | Vadošais pētnieks <i>Dr. habil. chem.</i> Galija Šuļga<br>Pētnieks <i>Dr. sc. ing.</i> Anrijs Verovkins<br>Asistents <i>Mg. sc. ing.</i> Tālrīts Betkers<br>Pētniece <i>Mg. chem.</i> Brigita Neiberte<br>Laborante <i>Bs. chem.</i> Valērija Kudrjavceva |
| RTU Polimēru materiālu tehnoloģijas katedra                   | Vadošais pētnieks <i>Dr. sc. ing.</i> Remo Merijs-Meri<br>Vadošais pētnieks <i>Dr. sc. ing.</i> Jānis Zicāns<br>Pētniece <i>Mg. sc. ing.</i> Rīta Bērziņa<br>Pētniece <i>Mg. sc. ing.</i> Aina Barnava<br>Pētniece <i>Mg. sc. ing.</i> Tatjana Ivanova    |
| VAS "Latvijas autoceļu uzturētājs"                            | <i>Mg. sc. ing.</i> Ilmārs Lasis                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Projektu finansē</b>                                       | AS "Latvijas valsts meži"                                                                                                                                                                                                                                 |

# Saturs

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Īss apraksts                                                                      | 164        |
| Saīsinājumi un termini                                                            | 165        |
| levads                                                                            | 166        |
| <b>1. NODAĻA. MEŽA CEĻU SEGUMU UN ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU ĪPAŠĪBAS</b>            | <b>167</b> |
| 1.1. Granulometriskais sastāvs                                                    | 168        |
| 1.2. Grants segumu fizikālmehāniskās īpašības                                     | 170        |
| 1.3. Lignosulfonāta pH                                                            | 170        |
| 1.4. Lignosulfonāta viskozitāte                                                   | 171        |
| <b>2. NODAĻA. ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU IESTRĀDE</b>                                | <b>172</b> |
| 2.1. Lignosulfonāta piegāde                                                       | 173        |
| 2.2. Autocisternas ar izsmidzinātājiem uzpildīšana                                | 173        |
| 2.3. Atputekļošanas darbi                                                         | 175        |
| 2.3.1. Atputekļošana ar kalcija hlorīdu                                           | 175        |
| 2.3.2. Atputekļošana ar lignosulfonātu                                            | 176        |
| 2.3.3. Atputekļošana ar lignosulfonātu un $\text{CaCl}_2$                         | 176        |
| 2.3.4. Atputekļošanas darbi meža ceļā Dzintari-Ābeles                             | 177        |
| 2.3.5. Atputekļošanas darbi Abermaņa meža ceļā                                    | 178        |
| <b>3. NODAĻA. MEŽA AUTOCEĻU MONITORINGS PĒC ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU IESTRĀDES</b> | <b>180</b> |
| 3.1. Lignosulfonāta izskalošanās un grants seguma mitruma testēšana               | 181        |
| 3.2. Putekļu daudzuma novērtējums. 1. monitorings                                 | 186        |
| 3.2.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                                  | 186        |
| 3.2.2. Abermaņa meža ceļš                                                         | 190        |
| 3.3. Putekļu daudzuma novērtējums. 2. monitorings 17.08.2023.                     | 194        |
| 3.3.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                                  | 194        |
| 3.3.2. Abermaņa meža ceļš                                                         | 200        |
| 3.4. Putekļu daudzuma novērtējums. 3. monitorings                                 | 204        |
| 3.4.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                                  | 204        |
| 3.4.2. Abermaņa meža ceļš                                                         | 208        |
| 3.5. Putekļu daudzums – monitoringu kopsavilkums                                  | 211        |
| 3.5.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                                  | 211        |
| 3.5.2. Abermaņa meža ceļš                                                         | 213        |
| 3.6. Meža ceļu seguma mehānisko īpašību izmaiņu novērtējums                       | 214        |
| 3.7. Ietekmes uz vidi novērtējums                                                 | 221        |
| <b>4. NODAĻA. SECINĀJUMI</b>                                                      | <b>223</b> |
| <b>5. NODAĻA. IETEIKUMI</b>                                                       | <b>226</b> |
| <b>6. NODAĻA. LITERATŪRA</b>                                                      | <b>228</b> |

## Īss apraksts

Pētnieciskā projekta īstenošanas posmā no 04.07.2023. līdz 31.07.2023. veikta lignosulfonāta pasūtīšana un piegāde. Novērtētas meža ceļu *Dzintari-Ābeles* un *Abermaņa ceļa* izvēlēto eksperimentālo posmu grants seguma materiālu īpašības, kā arī veikta piegādātā lignosulfonāta testēšana (pH, viskozitāte). Atbilstoši darba uzdevumam 19.06.2023. veikta meža ceļa *Dzintari-Ābeles* (platums 5 m) atputeķļošana ar jauno aprobējamo atputeķļošanas līdzekli lignosulfonātu ( $\approx 17\%$  šķīdumu) parastā (standarta) un dubultā koncentrācijā jeb devā – attiecīgi  $1,5 \text{ l/m}^2$  un  $3,0 \text{ l/m}^2$ , kā arī ar tradicionālo atputeķļošanas līdzekli kalcija hlorīdu ( $\text{CaCl}_2$ ) parastā (standarta) un dubultā koncentrācijā jeb devā – ar  $\text{CaCl}_2$  pārslām attiecīgi  $390 \text{ g/m}^2$  un  $780 \text{ g/m}^2$ . Abu ceļu viens posms atputeķļots, kombinējot lignosulfonātu ar  $\text{CaCl}_2$ . Piecu eksperimentālo posmu kopgarums, kuros izmantotas dažādas atputeķļošanas tehnoloģijas, meža ceļā *Dzintari-Ābeles* bija 3800 m. Līdzīgi atputeķļošana 29.06.2023. veikta arī *Abermaņa meža ceļā*. Tā platums – 7 m, piecu atputeķļoto eksperimentālo posmu kopgarums – 2360 m. Katrā no šiem ceļiem atstāts arī viens neatputeķļots kontroles jeb references posms.

13.07.2023. veikts 1. monitorings, kas atbilstoši darba uzdevumam bez lignosulfonāta un kalcija hlorīda atputeķļošanas efektivitātes novērtēšanas iekļāva arī lignosulfonāta un kalcija hlorīda jonu izskalošanās no ceļa seguma pakāpes noteikšanu, tā mitruma noteikšanu (5 cm dziļumā), toksisko, vidi piesārņojošo poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) un polihlorēto bifenilu (PHB) ietekmes uz vidi novērtēšanu un ceļa seguma nestspējas testēšanu. Atputeķļošanas efektivitātes novērtējums veikts

(kvantitatīvais – ar puteķļu daudzuma mērīšanas iekārtu *PM*, kvalitatīvais – fotografējot), nosakot puteķļu koncentrāciju gaisā, kuri rodas aiz 30–70 km/h ātrumā braucoša automobiļa. Iegūtie rezultāti rāda, ka salīdzinājumā ar neatputeķļotajiem references posmiem ceļu posmos, kas apstrādāti ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonātu, panākts būtisks atputeķļošanas efekts (nedaudz labāks – posmos ar  $\text{CaCl}_2$ ).

17.08.2023. veikts 2. monitorings. Tajā, līdzīgi kā pirmajā monitoringā, *Abermaņa meža ceļa* atputeķļošanas rezultāti bija ievērojami labāki nekā meža ceļā *Dzintari-Ābeles*, kur ceļa posmos, kas atputeķļoti ar standarta un dubultās devas lignosulfonātu, ja vieglā automobiļa braukšanas ātrums bija 30–70 km/h, puteķļu daudzuma samazinājums, salīdzinot ar neatputeķļoto references posmu, vairs nebija novērojams. Arī *Abermaņa meža ceļa* posmos, kur atputeķļošanai izmantots  $\text{CaCl}_2$  standarta un dubultā koncentrācijā, kā arī kombinācijā ar lignosulfonātu, atputeķļošanas rezultāti bija būtiski labāki nekā posmos, kas atputeķļoti tikai ar lignosulfonātu. Šajā posmā pabeigti un apkopotī arī 1. monitoringā aizsāktie vides novērtējuma testēšanas rezultāti. Tie apliecināja, ka lignosulfonāts nav videi bīstams.

13.09.2023. veiktajā 3. monitoringā *Abermaņa meža ceļā* puteķļu daudzums gaisā tika noteikts ne tikai atkarībā no braukšanas ātruma, bet arī no ceļa noēnojuma. Iegūtie rezultāti parādīja, ka lignosulfonāta atputeķļošanas efektivitāte nu ir zudusi arī šajā ceļā. Turpretī ceļa posmos, kas atputeķļoti ar  $\text{CaCl}_2$  gan standarta, gan dubultā devā, kā arī kombinācijā ar lignosulfonātu, atputeķļošanas efekts saglabājās arī ceļa atklātajās, saulainajās vietās.

## Saīsinājumi un termini

**AL** – atputeļošanas līdzeklis

**AADT** – *Annual average daily traffic*

(angļu val.) – ikgadējā vidējā diennakts satiksmes intensitāte

**ADT** – *Average Daily Traffic* (angļu val.) –

vidējā diennakts satiksmes intensitāte  
apgr./min – apgriezienu skaits minūtē

**CaCl<sub>2</sub>** – kalcija hlorīds

**LA** – Losandželosas koeficients

**LAU** – VAS “Latvijas autoceļu uzturētājs”

**LS** – lignosulfonāts(i)

**LVKĶI** – Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

**LVM** – AS “Latvijas valsts meži”

**MABS** – AS “Latvijas valsts meži” Meža autoceļu būvdarbu specifikācijas 2023

**Mg/m<sup>3</sup>** – megagrami kubikmetrā

**PAH** – *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*

(angļu val.) – policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži

**PAO** – poliaromātiskie ogļūdeņraži

**PCB** – *Polychlorinated Biphenyls* (angļu val.) – polihlorētie bifenili

**pH** – ūdeņraža eksponents šķīduma skābuma/bāziskuma kvantitatīvai raksturošanai

**PHB (PCB)** – *Polychlorinated Biphenyls* (angļu val.) – polihlorētie bifenili

**PM** – *Particulate Matter* (angļu val.) – gaisā suspendētās cietās daļiņas

**PM<sub>1,0</sub>** – putekļu cietās daļiņas, kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 1 μm (mikrometriem)

**PM<sub>2,5</sub>** – putekļu cietās daļiņas (smalkās daļiņas), kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 2,5 μm (mikrometriem)

**PM<sub>10</sub>** – putekļu cietās daļiņas, kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds vai mazāks par 10 μm (mikrometriem)

**TNI** – tūlītējās nestspējas indekss



## levads

Latvijā ir vairāk nekā 13 tūkstoši km meža autoceļu, no kuriem lielāko daļu sedz grants un šķembas. Meža ceļi veido gandrīz piekto daļu no visiem Latvijas ceļiem. Tiem ir nozīmīga loma sekmīgā mežsaimniecībā, kas ir viena no būtiskākajām Latvijas tautsaimniecības nozarēm. Tomēr sausā laikā šie ceļi put, satiksmes dalībniekiem traucējot redzamību, kā arī šo ceļu tuvumā dzīvojošajiem radot neērtības un pat riskus viņu veselībai.

Putekļi veidojas grants ceļu seguma nodiluma rezultātā, un to daudzums ir atkarīgs no satiksmes intensitātes un laikapstākļiem. Grants ceļu atputeķļošanai tradicionāli izmanto kalcija hlorīdu  $\text{CaCl}_2$ , kas nakts stundās piesaista (absorbē) gaisa mitrumu, savukārt dienas laikā šo mitrumu izdala – mitrums sasaista putekļu daļiņas un to daudzums gaisā samazinās. Kalcija hlorīds ir labs un efektīvs līdzeklis, bet tas ir kairinošs, korozīvs un augstā koncentrācijā var būt toksisks. Tāpat karstās vasaras dienās pastāv risks, ka atputeķļošanas efekts tiks sasniegts tikai dienas pirmajā pusē, bet pēcpusdienā putekļu daudzums var palielināties, jo viss kalcija hlorīda absorbētais mitrums būs izdalījies jau dienas pirmajā pusē. Tā kā meža ekosistēma ir jutīga, ne vienmēr uz meža ceļiem var izmantot tradicionālos atputeķļošanas risinājumus. Alternatīva ir lignosulfonāti – papīra ražošanas procesa blakusprodukts. Lignosulfonāti vidē noārdās, neradot tai kaitējumu. Lignosulfonāts ir bioloģiskā saistviela, kas putekļus sasaista kopā, veidojot aglomerātus un neļaujot tiem pacelties gaisā. Atšķirībā no tradicionālā neorganiskā atputeķļošanas

līdzekļa  $\text{CaCl}_2$  lignosulfonāts saglabā atputeķļošanas efektu arī zemā relatīvā gaisa mitrumā (piemēram, karstas dienas pēcpusdienā). Tomēr lignosulfonāts viegli šķīst ūdenī, kas var veicināt tā paātrinātu izskalošanos, it īpaši lielu lietavu laikā.

2023. gadā, lai pārbaudītu lignosulfonāta atputeķļošanas efektivitāti, ietekmi uz vidi un izskalošanos lietūs ietekmē, piegādātāju apvienība, kurā ietilpst Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts (LVKĶI), SIA “Ceļu eksperts” un VAS “Latvijas autoceļu uzturētājs”, pēc AS “Latvijas valsts meži” pasūtījuma veica atputeķļošanas ar lignosulfonātu tehnoloģijas aprobāciju meža ceļu Dzintari-Ābeles un Abermaņa meža ceļa atsevišķos posmos.

Atputeķļošanai izvēlēts lignosulfonāts, kuram 2021. gadā veiktajos laboratoriskajos pētījumos bija vislabākie rezultāti. Pētījumiem izvēlētajos meža ceļos ir dažāda satiksmes intensitāte, kā arī gan atklātas, gan kokiem noēnotas vietas. Eksperimentālo ceļa posmu atputeķļošana veikta gan ar lignosulfonātu, gan ar tradicionālo  $\text{CaCl}_2$ , kā arī kombinējot lignosulfonātu ar  $\text{CaCl}_2$ .

Pētījumu mērķis – izvēlēties LVM meža autoceļiem vispiemērotāko atputeķļošanas līdzekli un noteikt kritērijus un specifiskās tā izmantošanai ikdienas uzturēšanas darbos. Šī mērķa sasniegšanai veikti vairāki darba uzdevumi – izvēlēto meža ceļu seguma materiālu raksturošana, atputeķļošanas līdzekļu testēšana, to iestrāde un atputeķļoto ceļu posmu monitoringi: 13.07.2023. – 1. monitorings, 17.08.2023. – 2. monitorings, 13.09.2023. – 3. monitorings.

# 1. nodaļa

---

## MEŽA CEĻU SEGUMU UN ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU ĪPAŠĪBAS

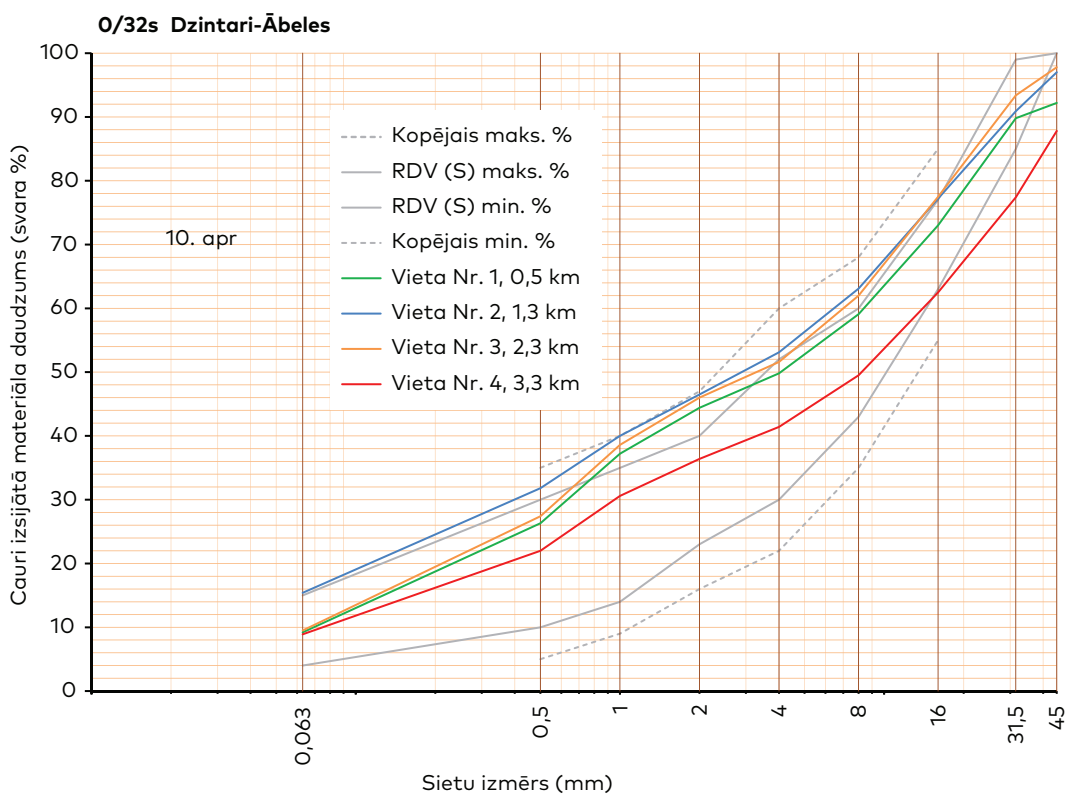
|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 1.1. Granulometriskais sastāvs                | 168 |
| 1.2. Grants segumu fizikālmehāniskās īpašības | 170 |
| 1.3. Lignosulfonāta pH                        | 170 |
| 1.4. Lignosulfonāta viskozitāte               | 171 |

## 1.1. Granulometriskais sastāvs

Pirms atputeļošanas līdzekļu iestrādes veikta meža ceļu apsekošana un to seguma materiālu paraugu ņemšana dažādās vietās. Atbilstoši standarta LVS EN 933-1 prasībām ar sijāšanas un mazgāšanas metodi noteikts šo paraugu granulometriskais sastāvs (skat. 1.1. attēlu). Konstatētais putekļu daļiņu saturs, kuru izmēri ir <0,063 mm, no meža ceļa Dzintari-Ābeles grants seguma ņemtajos paraugos ir no 8,9 līdz 15,4 masas % (skat. 1.1. tabulu), savukārt MABS prasības – 5 līdz 15 masas % [2].

### 1.1. attēls.

Meža ceļa Dzintari-Ābeles seguma grants paraugu granulometriskais sastāvs.

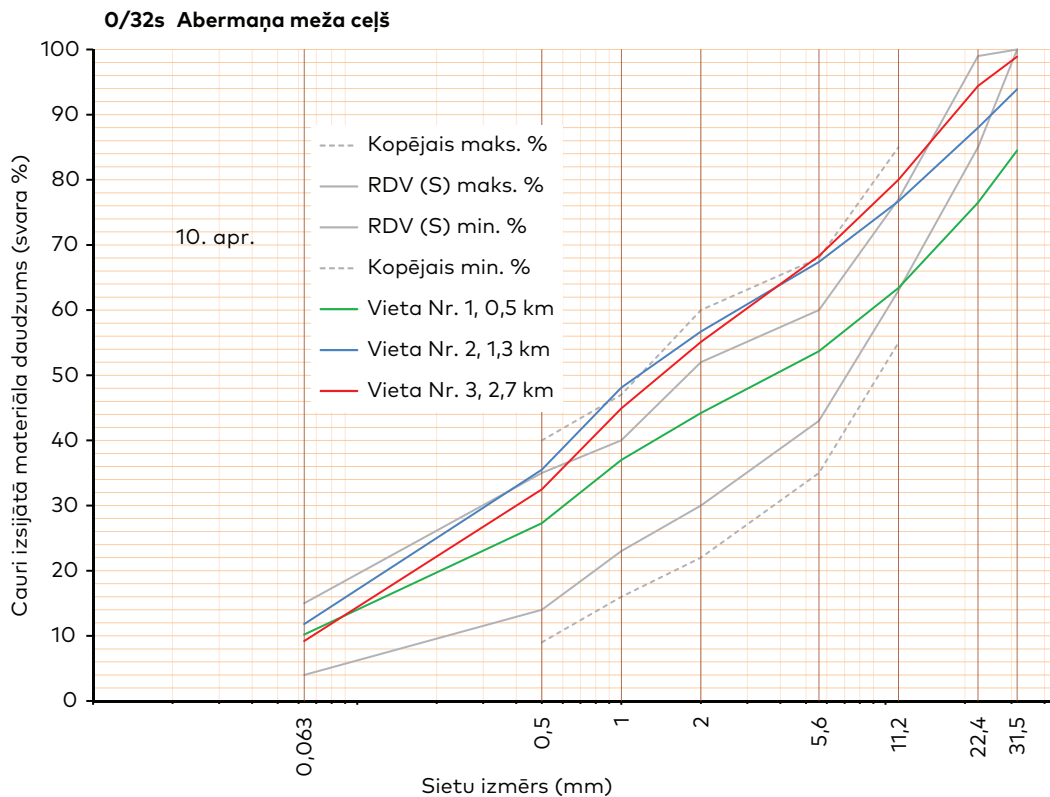


**1.1. tabula.** Meža ceļa Dzintari-Ābeles seguma grants paraugu granulometriskais sastāvs

| Sieti, mm           | 0,063 | 0,5  | 1    | 2    | 4    | 8    | 16   | 31,5 | 45   |
|---------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Maksim., %          |       | 35   | 40   | 47   | 60   | 68   | 85   |      |      |
| Minim., %           | 15    | 30   | 35   | 40   | 52   | 60   | 77   | 99   | 100  |
| Maksim., %          | 4     | 10   | 14   | 23   | 30   | 43   | 63   | 85   | 100  |
| Minim., %           |       | 5    | 9    | 16   | 22   | 35   | 55   |      |      |
| Vieta Nr. 1, 0,5 km | 9,2   | 26,3 | 37,2 | 44,4 | 49,8 | 59,1 | 73,0 | 89,8 | 92,2 |
| Vieta Nr. 2, 1,3 km | 15,4  | 31,8 | 40,0 | 46,5 | 53,1 | 63,1 | 77,2 | 90,9 | 97,0 |
| Vieta Nr. 3, 2,3 km | 9,5   | 27,4 | 38,6 | 46,0 | 51,6 | 62,0 | 77,5 | 93,4 | 97,8 |
| Vieta Nr. 4, 3,3 km | 8,9   | 22,0 | 30,6 | 36,4 | 41,4 | 49,5 | 62,5 | 77,4 | 87,8 |

Putekļu daļiņu saturs, kuru izmēri  $<0,063$  mm, no Abermaņa meža ceļa grants seguma ņemtajos paraugos ir no 9,2 līdz 11,8 masas % (skat. 1.2. attēlu un 1.2. tabulu), kas atbilst MABS prasībām [2].

**1.2. attēls.** Abermaņa meža ceļa seguma grants paraugu granulometriskais sastāvs



**1.2. tabula.** Abermaņa meža ceļa seguma grants paraugu granulometriskais sastāvs

| Sieti, mm          | 0,063 | 0,5  | 1    | 2    | 4    | 8    | 16   | 31,5 |
|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Maksim., %</b>  |       | 40   | 47   | 60   | 68   | 85   |      |      |
| <b>Minim., %</b>   | 15    | 35   | 40   | 52   | 60   | 77   | 99   | 100  |
| <b>Maksim., %</b>  | 4     | 14   | 23   | 30   | 43   | 63   | 85   | 100  |
| <b>Minim., %</b>   |       | 9    | 16   | 22   | 35   | 55   |      |      |
| <b>Vieta Nr. 1</b> | 10,2  | 27,3 | 37,0 | 44,2 | 53,7 | 63,4 | 76,5 | 84,5 |
| <b>Vieta Nr. 2</b> | 11,8  | 35,5 | 48,1 | 56,7 | 67,4 | 76,7 | 88,0 | 93,9 |
| <b>Vieta Nr. 3</b> | 9,2   | 32,5 | 44,9 | 55,1 | 68,3 | 80,0 | 94,4 | 98,9 |

## 1.2. Grants segumu fizikālmehāniskās īpašības

1.3. tabulā apkopotas abu ceļu grants segumu galvenās fizikālās un mehāniskās īpašības. Fizikālās īpašības tiem ir līdzīgas, bet Abermaņa ceļa segumam salīdzinājumā ar Dzintari-Ābeles ceļa segumu ir mazāks tūlītējās nestspējas indekss – attiecīgi 100 % un 144 %. Šis rādītājs raksturo nesaistītā smilts un šķembu seguma stiprību uzreiz pēc ieklāšanas/profilēšanas.

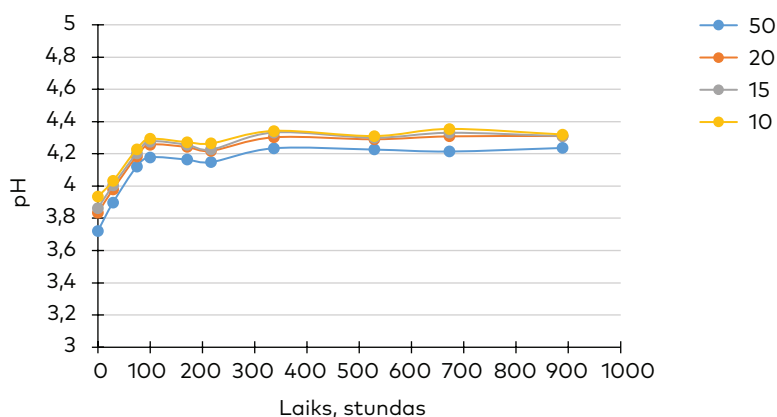
**1.3. tabula.** Grants ceļa segumu fizikālmehāniskās īpašības

| Īpašība                                       | Standarts      | Mērvienība        | Meža ceļš               |                  |
|-----------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|------------------|
|                                               |                |                   | Ceļš<br>Dzintari-Ābeles | Abermaņa<br>ceļš |
| <b>Drupinātas vai lauztas daļiņas</b>         | LVS EN 933-5   | %                 | 57                      | 68               |
| <b>Pilnīgi drupinātas vai lauztas daļiņas</b> |                | %                 | 30                      | 20               |
| <b>Pilnīgi noapaļotas daļiņas</b>             |                | %                 | 11                      | 9                |
| <b>Formas indekss</b>                         | LVS EN 933-5   | %                 | 8                       | 5                |
| <b>Losandželosas koeficients, LA</b>          | LVS EN 1097-2  |                   | 27                      | 25               |
| <b>Šķietamais daļiņu blīvums</b>              | LVS EN 1097-2  | mg/m <sup>3</sup> | 2,753                   | 2,763            |
| <b>Krāsni žāvēta materiāla daļiņu blīvums</b> |                | mg/m <sup>3</sup> | 2,612                   | 2,628            |
| <b>Daļiņu blīvums</b>                         |                | mg/m <sup>3</sup> | 2,663                   | 2,676            |
| <b>Ūdens absorbcija WA24</b>                  |                | %                 | 2,0                     | 1,9              |
| <b>Proktorblīvums</b>                         | LVS EN 13286-2 | mg/m <sup>3</sup> | 2,227                   | 2,239            |
| <b>Optimālais mitrums</b>                     |                | %                 | 5,8                     | 5,6              |
| <b>Tūlītējās nestspējas indekss</b>           | LVS EN 13286-2 | %                 | 144                     | 100              |

## 1.3. Lignosulfonāta pH

Lignosulfonāta pH vērtība tika noteikta, lai varētu spriest par atputeļošanas līdzekļa ietekmi uz tehnisko aprīkojumu šķīduma sagatavošanas/atšķaidīšanas un transportēšanas laikā, kā arī tā potenciālo ietekmi uz apkārtējo vidi ekspluatācijas laikā. Pēc tehnisko datu lapas informācijas piegādātā 50 % lignosulfonāta pH vērtība bija robežās no 4 līdz 7. Kopumā pH vidējā vērtība pirms tā atšķaidīšanas ar ūdeni bija 3,7, kas atbilst tehniskās specifikācijas noapaļoto vērtību diapazona apakšējai robežai. Atšķaidot 50 % lignosulfonātu ar ūdeni līdz 10 %, 15 % un 20 % koncentrācijai, tā pH būtiski nemainījās, t. i., pieauga par 0,2 vienībām līdz pH = 3,9. Uzglabājot lignosulfonātu un ik pa laikam veicot testēšanu, tā pH vērtība laika gaitā nemainījās. Lielākās pH izmaiņas 0,5 vienību robežās tika novērotas pirmo 100 stundu laikā, kas acīmredzot saistīts ar lignosulfonāta šķīduma līdzsvarošanos laboratorijas vides apstākļos. Pēc tam lignosulfonāta pH vērtība saglabājās faktiski nemainīga – atkarībā no koncentrācijas 4,2–4,3 robežās. LAU bāzē "Neceri", Ķekavas pagastā, samaisīto lignosulfonātu pH vērtība bija 4,4. Paraugs ņemts no

autocisternām izsmidzināšanas laikā uz meža ceļa Dzintari-Ābeles (19.06.2023.). Līdzīga pH vērtība ir lignosulfonāta paraugam, kurš paņemts no autocisternas, veicot Abermaņa meža ceļa posmu atputeķļošanu (29.06.2023.). Uz Abermaņa meža ceļa lignosulfonātu sajaukšana/atšķaidīšana ar ūdeni tika veikta uz vietas objektā. Līdz ar to var secināt, ka lignosulfonātu pH vērtības eksperimenta laikā bija stabilas (skat. 1.3. attēlu).



### 1.3. attēls.

Laboratorijā sagatavoto lignosulfonāta šķīdumu pH izmaiņas laikā, ja to koncentrācija ir 50 %, 20 %, 15 % un 10 %.

## 1.4. Lignosulfonāta viskozitāte

Lignosulfonāta viskozitāte tika noteikta, lai varētu spriest par tā plūstamību, kas ir būtiska, gan pārsūkņējot to ceļu uzturētāju transporta izsmidzināšanas cisternās (50 % koncentrācijā), gan sagatavojot darba šķīdumus (testi veikti potenciālajai darba koncentrācijai – 10 %, 15 % un 20 %) un izsmidzinot tos uz ceļa seguma (skat. 1.4. tabulu).

Konstatēts, ka sākotnējā 50 % lignosulfonāta šķīduma viskozitāte pie rotācijas ātruma 500 apgr./min ir 240 mPa·s. Pēc lignosulfonāta atšķaidīšanas laboratorijā līdz darba koncentrācijai 20 %, 15 % un 10 %, tā viskozitāte būtiski samazinājās – attiecīgi līdz 5,2 mPa·s, 4,4 mPa·s un 3,5 mPa·s. Meža ceļa Dzintari-Ābeles un Abermaņa ceļa posmos to atputeķļošanai izmantotā ≈17 % lignosulfonāta šķīduma viskozitāte bija 4,2 mPa·s, kas mērījumu kļūdas robežās korelē ar laboratorijā sagatavoto šķīdumu viskozitāti.

1.4. tabula. Dažādas koncentrācijas lignosulfonāta šķīdumu viskozitāte

| Lignosulfonāta koncentrācija, % | Viskozitāte, mPa·s        |
|---------------------------------|---------------------------|
| 50                              | 240±2                     |
| 20                              | 5,2±0,4                   |
| <b>17</b>                       | <b>4,2±0,3*/4,2±0,3**</b> |
| 15                              | 4,4±0,4                   |
| 10                              | 3,5±0,5                   |

\* Lignosulfonāta paraugi paņemti no autocisternas, veicot meža ceļa Dzintari-Ābeles atputeķļošanu.

\*\* Lignosulfonāta paraugi paņemti no autocisternas, veicot Abermaņa meža ceļa atputeķļošanu.

## 2. nodaļa

---

# ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU IESTRĀDE

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| 2.1. Lignosulfonāta piegāde                               | 173 |
| 2.2. Autocisternas ar izsmidzinātājiem uzpildīšana        | 173 |
| 2.3. Atputekļošanas darbi                                 | 175 |
| 2.3.1. Atputekļošana ar kalcija hlorīdu                   | 175 |
| 2.3.2. Atputekļošana ar lignosulfonātu                    | 176 |
| 2.3.3. Atputekļošana ar lignosulfonātu un $\text{CaCl}_2$ | 176 |
| 2.3.4. Atputekļošanas darbi meža ceļā Dzintari–Ābeles     | 177 |
| 2.3.5. Atputekļošanas darbi Abermaņa meža ceļā            | 178 |



## 2.1. Lignosulfonāta piegāde

Pētījuma 2. etapam izvēlēts Norvēģijas ražotāja lignosulfonāts, kuram 1. etapa laboratoriskajos pētījumos bija vislabākās atputeļošanas īpašības [1]. Lignosulfonāts tika piegādāts  $1 \text{ m}^3$  (1250 kg) tilpuma tvertnēs (skat. 2.1. (a) un (b) attēlu). Kopā darba uzdevuma izpildei tika pasūtītas 25 tonnas (divdesmit  $1 \text{ m}^3$  tvertnes) lignosulfonāta. Pēc pasūtījuma veikšanas piegāde aizņēma divas nedēļas. Līdz iestrādei lignosulfonāts tika uzglabāts angārā (skat. 2.1. (c) attēlu).



**2.1. attēls.** Ligno-sulfonāta piegāde:  
(a) – izkraušana;  
(b) – 1000 l tvertne;  
(c) – uzglabāšana.

(a)



(b)



(c)

## 2.2. Autocisternas ar izsmidzinātājiem uzpildīšana

Pētījumam tika piegādāts 50 % koncentrācijas lignosulfonāts. Lai iegūtu nepieciešamo 17 % koncentrāciju, vienai  $1 \text{ m}^3$  (1000 l) tvertnei ar 50 % lignosulfonātu pievienoja divas šādas tvertnes ar ūdeni. Vispirms autocisternā (tilpums  $10 \text{ m}^3$ ) no tvertnes iepildīja 50 % lignosulfonātu un tad, tukšo tvertni izmantojot par mērtrauku, autocisternu piepildīja ar ūdeni. Kopā autocisternā iepildīja trīs pilnas lignosulfonāta tvertnes –  $3 \text{ m}^3/3750 \text{ kg}$  un papildus vēl  $0,3 \text{ m}^3/350 \text{ kg}$  50 % lignosulfonāta, kā arī  $6,6 \text{ m}^3$ , t. i., sešas pilnas tvertnes un papildus vēl  $0,6 \text{ m}^3$  ūdens. Viss process aizņēma aptuveni divas stundas.

Sākotnēji Dzintari-Ābeles meža ceļa posmu atputeļošanai tika izmantotas divas autocisternas ar izsmidzinātājiem

(skat. 2.5. (a) un 2.7. attēlu). Vienu autocisternu pildīja, izmantojot šļūteni, otru – no augšas, izmantojot pacēlāju (skat. 2.2. attēlu). Otram automobilim bija arī maisīšanas opcija. Meža ceļa Dzintari-Ābeles atputeļķošanai autocisternu piepildīšana tika veikta 19.06.2023. LAU bāzē "Neceri", Ķekavas pagastā, Transportēšana no bāzes līdz objektam aizņēma 30–40 minūtes. Savukārt Abermaņa meža ceļa atputeļķošanai autocisternu pildīja uz vietas objektā, ūdeni ņemot no Daugavas pie Ķeguma HES (skat. 2.3. attēlu).



(a)



(b)



(c)



(d)

**2.2. attēls.** Auto-cisternas uzpildīšana ar lignosulfonātu meža ceļa posma Dzintari-Ābeles atputeļķošanai 19.06.2023.: (a) 50 % lignosulfonāta izsūkņēšana no 1 m<sup>3</sup> tvertnes; (b) iesūkņēšana autocisternā; (c) autocisternas piepildīšana no augšas, izmantojot pacēlāju; (d) lignosulfonāta 50 % koncentrāta plūsma autocisternā.

**2.3. attēls.** Autocisternas uzpildīšana ar lignosulfonātu Abermaņa meža ceļa atputeļķošanai 29.06.2023.: (a) autocisternas pildīšana no augšas, izmantojot pacēlāju; (b) piegādātie atputeļķošanas līdzekļi – CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāts; (c) ūdens iepildīšana.



(a)



(b)



(c)

## 2.3. Atputeķļošanas darbi

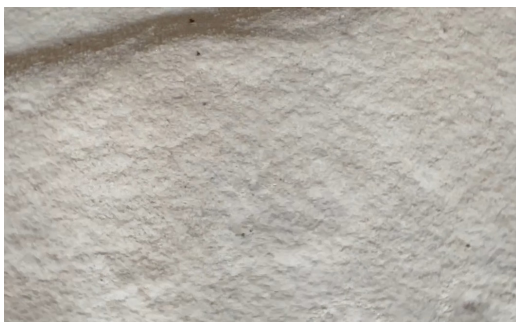
### 2.3.1. Atputeķļošana ar kalcija hlorīdu

Atbilstoši darba uzdevumam atputeķļošana tika veikta ne tikai ar lignosulfonātu, bet arī ar Latvijas apstākļiem tradicionālo paņēmieni – neorganisko sāli kalcija hlorīdu ( $\text{CaCl}_2$ ). Atputeķļošanai to lietoja parastā jeb standarta devā –  $\text{CaCl}_2$  pārslas  $390 \text{ g/m}^2$  (tīrais  $\text{CaCl}_2 = 300 \text{ g/m}^2$ ), kā arī dubultā devā –  $780 \text{ g/m}^2$  (tīrais  $\text{CaCl}_2 = 600 \text{ g/m}^2$ ).  $\text{CaCl}_2$  izmantošanas mērķis bija salīdzināt lignosulfonāta un  $\text{CaCl}_2$  atputeķļošanas efektivitāti. Liela apjoma darbiem  $\text{CaCl}_2$  ir pieejams hermētiski aizsargātā 1000 kg iepakojumā (skat. 2.4. attēlu).

Darba izpilde ar  $\text{CaCl}_2$  veikta šādos etapos:

- 1) grants seguma profilēšana, ja nepieciešams – laistot (skat. 2.5. attēlu);
- 2)  $\text{CaCl}_2$  standarta devas  $390 \text{ g/m}^2$  iestrāde/izkaisīšana (skat. 2.6. attēlu);
- 3) planēšanas papildgājiens posmā ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu;
- 4)  $\text{CaCl}_2$  standarta devas  $390 \text{ g/m}^2$  atkārtota iestrāde/izkaisīšana posmā ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu;
- 5) grants seguma pieblīvēšana ar tehniku, ja nepieciešams (ja satiksmes intensitāte ir neliela vai tās nav vispār).

**2.4. attēls.**  $\text{CaCl}_2$  atputeķļošanas darbu veikšanai: (a) izbērtā veidā; (b) 1000 kg iepakojumos.



(a)



(b)



(a)



(b)

**2.5. attēls.** Grants seguma laistīšana/mitrināšana (a) un profilēšana (b).





**2.6. attēls.** Kalcija hlorīda iestrāde (izkaisīšana).



**2.7. attēls.** Lignosulfonāta iestrāde.

### 2.3.2. Atputeķļošana ar lignosulfonātu

Meža autoceļu Dzintari-Ābeles un Abermaņa ceļa posmos kopā tika izlietoti 20 m<sup>3</sup> lignosulfonāta *Dustex 50 % IBC* koncentrāta (23,75 t). Pirms izmantošanas tas atšķaidīts ar ūdeni attiecībā 1:2, kopā iegūstot 30 m<sup>3</sup> aptuveni 17 % šķīduma (skat. 2.1. un 2.2. nodaļu). Atputeķļošanai atšķaidīto, uz ceļa izsmidzināmo lignosulfonāta darba šķīdumu lietoja parastā jeb standarta un dubultā devā – 1,5 l/m<sup>2</sup> un 3,0 l/m<sup>2</sup>. Pirms atputeķļošanas ar lignosulfonātu veikta grants seguma mitrināšana un profilēšana.

Atputeķļošanai ar lignosulfonāta parasto/standarta devu tika veikti šādi darbi:

- 1) sagatavotā lignosulfonāta darba šķīduma iestrāde vairākos gājienos (vidēji 3–4 gājienos, lai lignosulfonāts nenotecētu no grants seguma, bet pakāpeniski iesūktos dziļumā), līdz tiek sasniegta standarta koncentrācija 1,5 l/m<sup>2</sup> (skat. 2.7. attēlu);
- 2) grants seguma pieblīvēšana ar tehniku, ja nepieciešams (ja satiksmes intensitāte ir neliela ( $AADT < 100$ ) vai tās nav vispār).

Atputeķļošanai ar lignosulfonāta dubulto devu tika veikti šādi darbi:

- 1) sagatavotā lignosulfonāta darba šķīduma iestrāde 3–4 gājienos līdz koncentrācijas 1,5 l/m<sup>2</sup> sasniegšanai;
- 2) iemaisīšana, veicot planēšanas gājienus;
- 3) sagatavotā lignosulfonāta darba šķīduma iestrāde 3–4 gājienos līdz koncentrācijas 3,0 l/m<sup>2</sup> sasniegšanai;
- 4) grants seguma pieblīvēšana, ja nepieciešams (ja satiksmes intensitāte ir neliela vai tās nav vispār).

### 2.3.3. Atputeķļošana ar lignosulfonātu un CaCl<sub>2</sub>

Atputeķļošanas līdzekļu sagatavošana aplūkota jau iepriekš (skat. 2.1. un 2.2. apakšnodaļu). Darba izpilde iekļāva šādus etapus:

- 1) grants seguma profilēšanu, ja nepieciešams – laistot (lais-tīšanu parasti veica sausam segumam bezlietus periodā);
- 2) sagatavotā lignosulfonāta darba šķīduma iestrādi 3–4 gājie-nos līdz koncentrācijas 1,5 l/m<sup>2</sup> sasniegšanai;
- 3) CaCl<sub>2</sub> standarta devas 390 g/m<sup>2</sup> iestrādi/izkaisīšanu;
- 4) grants seguma pieblīvēšanu ar tehniku, ja nepieciešams (ja satiksmes intensitāte ir neliela vai tās nav vispār).

### 2.3.4. Atputeķļošanas darbi meža ceļā Dzintari–Ābeles

Atputeķļošana veikta 19.06.2023. Autoceļa platums – 5,0 m, atputeķļotā posma garums – 3800 m. Tas sastāvēja no pieciem dažādi atputeķļotiem, īsākiem posmiem (skat. 2.1. tabulu un

**2.1. tabula.** Meža ceļš Dzintari–Ābeles. Darbu izpilde 19.06.2023.

| Posma Nr.                                                                        | Atputeķļošanas veids/līdzeklis                                       | AL izlietotais daudzums (tīrā veidā)<br>CaCl <sub>2</sub> , g/m <sup>2</sup><br>Dustex, l/m <sup>2</sup> | Atputeķļojamā platība, m <sup>2</sup> | Sagatavotā AL izlietotais daudzums<br>CaCl <sub>2</sub> , g/m <sup>2</sup><br>Dustex, l/m <sup>2</sup> | AL daudzums kopā, t vai m <sup>3</sup> | Posma garums, m | Darbību secība* | Tīrā AL daudzums<br>CaCl <sub>2</sub> , t<br>Dustex, m <sup>3</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                                               | Lignosulfonāts<br>Dustex 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 1,0                                                                                                      | 5750                                  | 3,0                                                                                                    | 17,25                                  | 1150            | Ū, L,<br>P, L   | 5,32                                                                |
| 2.                                                                               | Kalcija hlorīds<br>(CaCl <sub>2</sub> ) CC<br>Road 77 %              | 600                                                                                                      | 2500                                  | 780                                                                                                    | 1,95                                   | 500             | Ū, K, Ū         | 1,18                                                                |
| 3.                                                                               | Kalcija hlorīds<br>(CaCl <sub>2</sub> ) CC<br>Road 77 %              | 300                                                                                                      | 2500                                  | 390                                                                                                    | 0,97                                   | 500             | Ū, K, Ū         | 0,59                                                                |
| 4.                                                                               | Kalcija hlorīds<br>(CaCl <sub>2</sub> ) CC<br>Road 77 %              | 300                                                                                                      | 2500                                  | 390                                                                                                    | 0,97                                   | 500             | Ū, L,<br>K, Ū   | 0,59                                                                |
|                                                                                  | Lignosulfonāts<br>Dustex 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 0,5                                                                                                      | 2500                                  | 1,5                                                                                                    | 3,75                                   |                 |                 | 0,98                                                                |
| 5.                                                                               | Lignosulfonāts<br>Dustex 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 0,5                                                                                                      | 5750                                  | 1,5                                                                                                    | 8,63                                   | 1150            | Ū, L            | 2,66                                                                |
| Kopējais sagatavotā lignosulfonāta Dustex darba šķīduma daudzums, m <sup>3</sup> |                                                                      |                                                                                                          |                                       |                                                                                                        | 29,60                                  | <b>3800</b>     |                 | 9,90                                                                |
| Kopējais kalcija hlorīda (CaCl <sub>2</sub> ) daudzums, t                        |                                                                      |                                                                                                          |                                       |                                                                                                        | 3,90                                   |                 |                 | 3,00                                                                |

\* Ū – laistīšana, L – lignosulfonāta šķīduma izsmidzināšana – 1,5 l/m<sup>2</sup>, K – kalcija hlorīda izkaisīšana – 390 g/m<sup>2</sup>, P – iemaisīšana ar planēšanas gājienu.



**2.8. attēls.** Meža ceļa Dzintari-Ābeles apsekošanas vietas/punkti pirms atputeķļošanas darbu veikšanas.

2.8. attēlu). Kopējā posma sākuma koordinātas: E 506627 un N 288632. Pirmais 1150 m garais posms atputeķļots ar lignosulfonāta dubulto devu. Tam seko 500 m garš posms, kas atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu. Nākamais ir 500 m garš posms, kur izmantota  $\text{CaCl}_2$  standarta deva. Aiz tā 500 m garš posms apstrādāts, kombinējot  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devas, bet pēdējais, 1150 m garais posms atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu. Kopējā posma beigu koordinātas: E 504041 un N 286596. Pēc atputeķļotajiem ceļa posmiem seko neatputeķļotais referenču posms.

### 2.3.5. Atputeķļošanas darbi Abermaņa meža ceļā

Atputeķļošana veikta 29.06.2023. Autoceļa platums – 7,0 m, atputeķļotā posma garums – 2360 m, kas sastāvēja no pieciem dažādi atputeķļotiem, īsākiem posmiem (atputeķļošanas tehnoloģija identiska kā ceļā Dzintari-Ābeles; skat. 2.2. tabulu un 2.9. attēlu). Kopējā posma sākuma koordinātas: E 543043 un N 286760. Pirmais, 760 m garais posms atputeķļots ar lignosulfonāta dubulto devu. Tam seko 280 m garš posms, kas atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu. Nākamais ir 280 m garš posms, kur izmantota  $\text{CaCl}_2$  standarta deva. Aiz tā 280 m garš posms apstrādāts, kombinējot  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devas, bet pēdējais, 760 m garais posms atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu. Kopējā posma beigu koordinātas: E 542421 un N 284871. Pēc atputeķļotajiem ceļa posmiem seko neatputeķļotais referenču posms.

2.2. tabula. Abermaņa meža ceļš. Darbu izpilde 29.06.2023.

| Posma Nr.                                                                               | Atputeļošanas veids/līdzeklis                                            | AL izlietotais daudzums (tīrā veidā) $\text{CaCl}_2$ , g/m <sup>2</sup><br><i>Dustex</i> , l/m <sup>2</sup> | Atputeļojamā platība, m <sup>2</sup> | Sagatavotā AL izlietotais daudzums $\text{CaCl}_2$ , g/m <sup>2</sup><br><i>Dustex</i> , l/m <sup>2</sup> | AL daudzums kopā, t vai m <sup>3</sup> | Posma garums, m | Darbību secība* | Tīrā AL daudzums $\text{CaCl}_2$ , t<br><i>Dustex</i> , m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                                                      | Lignosulfonāts <i>Dustex</i> 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 1,0                                                                                                         | 5320                                 | 3,0                                                                                                       | 15,96                                  | 760             | Ū, L,<br>P, L   | 5,32                                                                   |
| 2.                                                                                      | Kalcija hlorīds ( $\text{CaCl}_2$ ) CC<br><i>Road</i> 77 %               | 600                                                                                                         | 1960                                 | 780                                                                                                       | 1,53                                   | 280             | Ū, K, Ū         | 1,18                                                                   |
| 3.                                                                                      | Kalcija hlorīds ( $\text{CaCl}_2$ ) CC<br><i>Road</i> 77 %               | 300                                                                                                         | 1960                                 | 390                                                                                                       | 0,76                                   | 280             | Ū, K, Ū         | 0,59                                                                   |
| 4.                                                                                      | Kalcija hlorīds ( $\text{CaCl}_2$ ) CC<br><i>Road</i> 77 %               | 300                                                                                                         | 1960                                 | 390                                                                                                       | 0,76                                   | 280             | Ū, L,<br>K, Ū   | 0,59                                                                   |
|                                                                                         | Lignosulfonāts <i>Dustex</i> 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 0,5                                                                                                         |                                      | 1,5                                                                                                       | 2,94                                   |                 |                 | 0,98                                                                   |
| 5.                                                                                      | Lignosulfonāts <i>Dustex</i> 50 %<br>(atšķaidīts attiecībā 1:2 ar ūdeni) | 0,5                                                                                                         | 5320                                 | 1,5                                                                                                       | 7,98                                   | 760             | Ū, L            | 2,66                                                                   |
| Kopējais sagatavotā lignosulfonāta <i>Dustex</i> darba šķīduma daudzums, m <sup>3</sup> |                                                                          |                                                                                                             |                                      |                                                                                                           | 27,00                                  | <b>2360</b>     |                 | 9,00                                                                   |
| Kopējais kalcija hlorīda ( $\text{CaCl}_2$ ) daudzums, t                                |                                                                          |                                                                                                             |                                      |                                                                                                           | 3,00                                   |                 |                 | 2,40                                                                   |

\* Ū – laistīšana, L – lignosulfonāta šķīduma izsmidzināšana – 1,5 l/m<sup>2</sup>, K – kalcija hlorīda izkaisīšana – 390 g/m<sup>2</sup>, P – iemaisīšana ar planēšanas gājienu.



2.9. attēls. Abermaņa meža ceļa apsekošanas vietas/punkti pirms atputeļošanas darbu veikšanas.



# 3. nodaļa

---

## MEŽA AUTOCEĻU MONITORINGS PĒC ATPUTEKĻOŠANAS LĪDZEKĻU IESTRĀDES

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Lignosulfonāta izskalošanās un grants seguma mitruma testēšana | 181 |
| 3.2. Putekļu daudzuma novērtējums. 1. monitorings                   | 186 |
| 3.2.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                    | 186 |
| 3.2.2. Abermaņa meža ceļš                                           | 190 |
| 3.3. Putekļu daudzuma novērtējums. 2. monitorings 17.08.2023.       | 194 |
| 3.3.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                    | 194 |
| 3.3.2. Abermaņa meža ceļš                                           | 200 |
| 3.4. Putekļu daudzuma novērtējums. 3. monitorings                   | 204 |
| 3.4.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                    | 204 |
| 3.4.2. Abermaņa meža ceļš                                           | 208 |
| 3.5. Putekļu daudzums – monitoringu kopsavilkums                    | 211 |
| 3.5.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles                                    | 211 |
| 3.5.2. Abermaņa meža ceļš                                           | 213 |
| 3.6. Meža ceļu seguma mehānisko īpašību izmaiņu novērtējums         | 214 |
| 3.7. Ietekmes uz vidi novērtējums                                   | 221 |

### 3.1. Lignosulfonāta izskalošanās un grants seguma mitruma testēšana

Atputeķļoto grants ceļu seguma paraugu ņemšana veikta 19.06.2023. (no Dzintari-Ābeles meža ceļa) un 29.06.2023. (no Abermaņa meža ceļa) uzreiz pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes. 13.07.2023. tika veikts 1. monitorings, 17.08.2023. – 2. monitorings, 13.09.2023. – 3. monitorings. Paraugi tajos ņemti no ceļa seguma virsmas un 5 cm dziļumā, tos ievietojot speciālos hermētiskos konteineros (skat. 3.2. attēlu).

Laboratoriskie testi atbilstoši pētījuma uzdevumiem iekļāva:

- 1) grants paraugu mitruma noteikšanu;
- 2) lignosulfonāta koncentrācijas noteikšanu grants seguma virsmā un 5 cm dziļumā (sākotnējo un paliekošo, lai novērtētu izskalošanās dinamiku);
- 3) grants paraugu pH vērtības noteikšanu (ietekmes uz vidi un korozivitātes indikators).



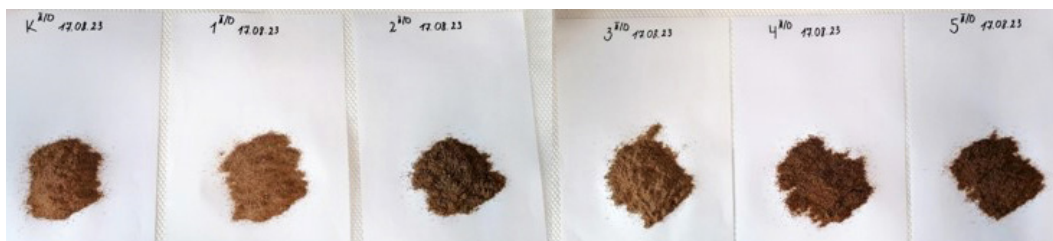
**3.1. attēls.** Sagatavošanās paraugu ņemšanai 5 cm dziļumā.



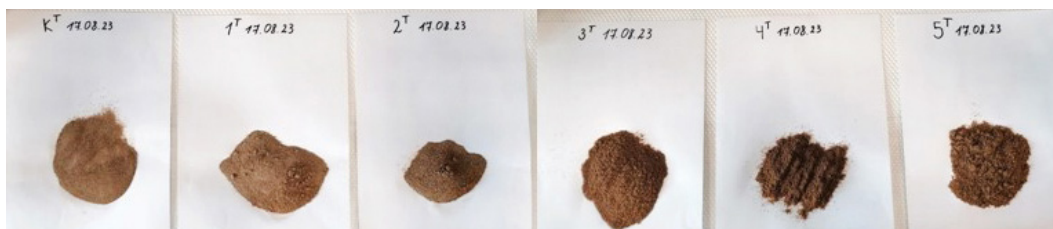
**3.2. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 1. monitoringā 5 cm dziļumā meža ceļā Dzintari-Ābeles, pēc frakcionēšanas.



**3.3. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 1. monitoringā 5 cm dziļumā Abermaņa meža ceļā, pēc frakcionēšanas.



**3.4. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 2. monitoringā 5 cm dziļumā meža ceļā Dzintari-Ābeles, pēc frakcionēšanas.



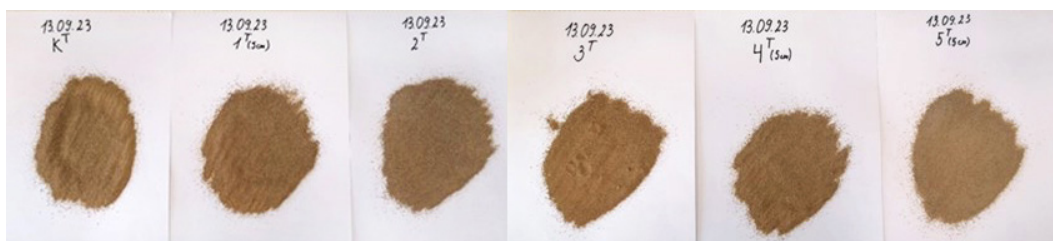
**3.5. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 2. monitoringā 5 cm dziļumā Abermaņa meža ceļā, pēc frakcionēšanas.

Laboratoriskajiem testiem grants paraugi ņemti trīs atkārtumos; veikta paņemto paraugu frakcionēšana, lai analīzei iegūtu smalko frakciju, <2 mm (skat. 3.2.–3.7. attēlu).

Atputeķļoto ceļu frakcionētie grants paraugi tika nodoti akreditētai testēšanas laboratorijai SIA “Vides audits” toksisko vielu un hlorīdjonu koncentrācijas noteikšanai, kā arī paraugu pH vērtības mērīšanai (skat. šī pētījuma 3.7. apakšnodaļu).



**3.6. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 3. monitoringā 5 cm dziļumā meža ceļā Dzintari-Ābeles, pēc frakcionēšanas.



**3.7. attēls.** Grants paraugi, kas ņemti 3. monitoringā 5 cm dziļumā Abermaņa meža ceļā, pēc frakcionēšanas.

Pirms atputeķļošanas darbu veikšanas tika noteikts meža ceļu seguma virsmas mitrums. Tas gan Dzintari-Ābeles, gan Abermaņa meža ceļa kontroles – references posmos bija nepietiekams, lai varētu sākt atputeķļošanu – attiecīgi 2,27 % un 2,40 %. Tādēļ pirms atputeķļošanas ceļu virsma tika mitrināta ar laistīšanas mašīnu (skat. 2.5. (a) attēlu), kas mitrumu Dzintari-Ābeles ceļa virsmā paaugstināja līdz 4,47 % (19.06.2023.), Abermaņa meža ceļa virsmā – līdz 4,83 % (29.06.2023.); pēc atputeķļošanas mitruma saturs seguma virsmā būtiski palielinājās.

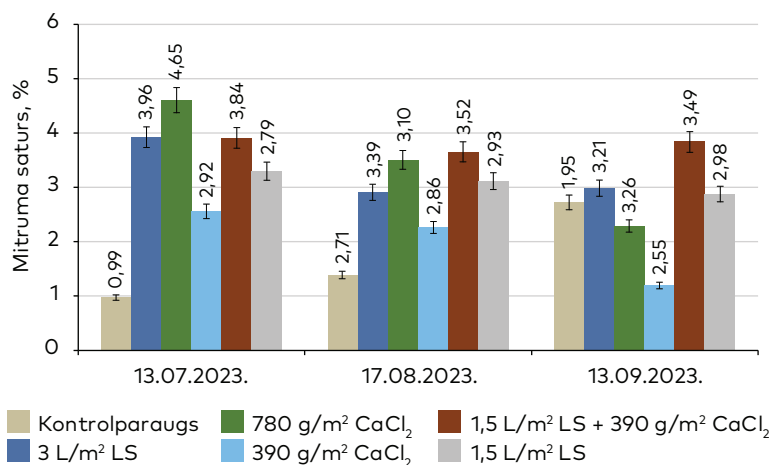
Ceļa Dzintari-Ābeles dažādos posmos seguma virsmā uzreiz pēc atputeķļošanas darbu veikšanas bija šāds mitruma saturs:

- 1. posmā, kurš atputeķļots ar lignosulfonāta dubulto devu, – 7,16 %;
- 2. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu, – 8,10 %;
- 3. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu, – 9,47 %;
- 4. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju, – 9,76 %;
- 5. posmā, kurš atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu, – 6,92 %.

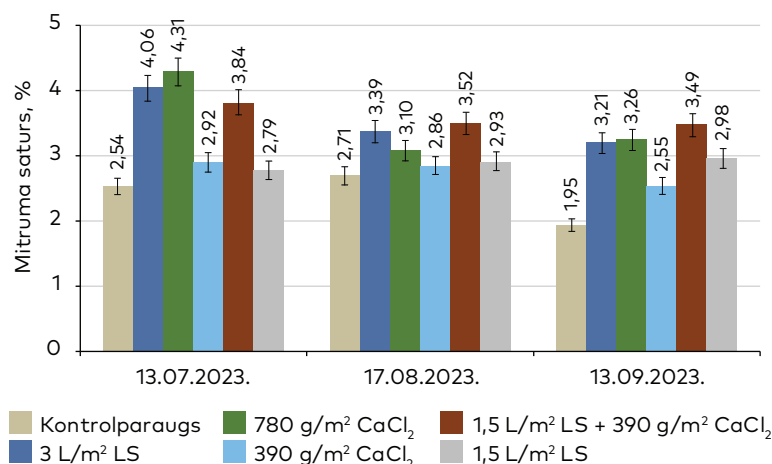
Abermaņa meža ceļa dažādos posmos seguma virsmā uzreiz pēc atputeķļošanas darbu veikšanas bija šāds mitruma saturs:

- 1. posmā, kurš atputeķļots ar lignosulfonāta dubulto devu, – 8,90 %;
- 2. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu, – 9,24 %;
- 3. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu, – 9,85 %;
- 4. posmā, kurš atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju, – 9,98 %;
- 5. posmā, kurš atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu, – 6,84 %.

Mitruma satura noteikšana 1. monitoringā 5 cm dziļumā ņemtajiem paraugiem parādīja, ka atputeķļošana izraisa mitruma palielināšanos seguma virsmā, salīdzinot ar kontroles paraugiem no neatputeķļotajām ceļu vietām (references posmos), par 32,1–53,2 % Dzintari-Ābeles meža ceļā un par 35,5–59,8 % Abermaņa



**3.8. attēls.** Mitruma saturs 5 cm dziļumā atputeķļotajā meža ceļā Dzintari-Ābeles.

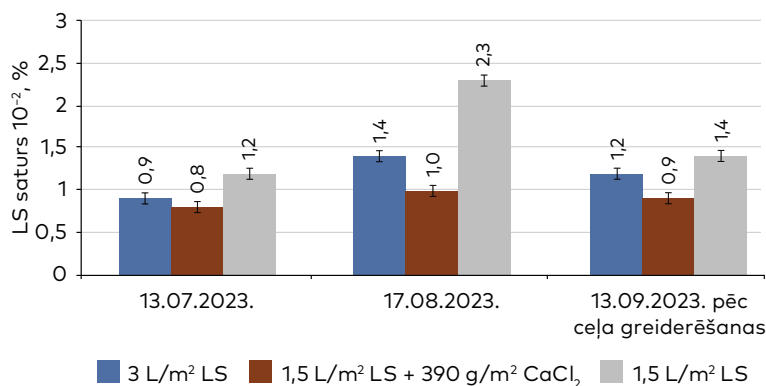


**3.9. attēls.** Mitruma saturs 5 cm dziļumā atputeļotajā Abermaņa meža ceļā.

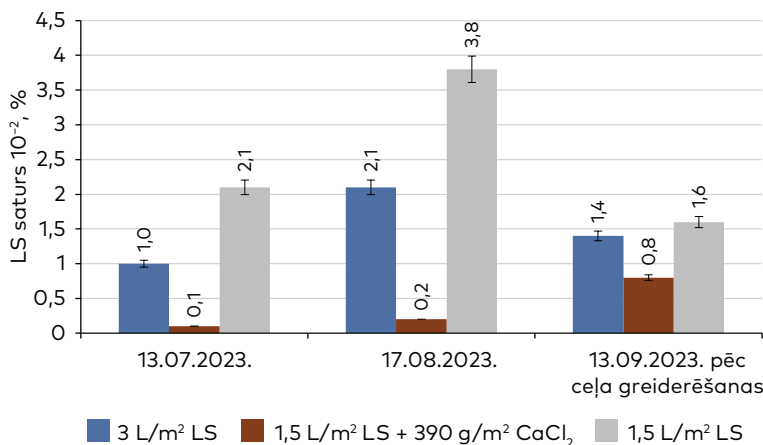
meža ceļā. Vislielākais mitruma satura pieaugums bija paraugos, kas ņemti no abu ceļu 1. posma (ar lignosulfonāta dubulto devu), 2. posma (ar CaCl<sub>2</sub> dubulto devu) un no 4. posma (ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju).

Lignosulfonātu satura noteikšana paraugos, kas ņemti 1. monitoringā 5 cm dziļumā 24 dienas pēc meža ceļa Dzintari-Ābeles un 14 dienas pēc Abermaņa meža ceļa atputeļošanas, parādīja, ka lignosulfonāta koncentrācija ūdens ekstraktos, kas izvilkti no 1., 4. un 5. posma 5 cm dziļumā ņemtajiem paraugiem, svārstās diapazonā  $0,8-1,2 \cdot 10^{-2}$  % meža ceļā Dzintari-Ābeles un diapazonā  $0,1-2,1 \cdot 10^{-2}$  % Abermaņa meža ceļā (skat. 3.10. un 3.11. attēlu).

Salīdzinot lignosulfonātu koncentrāciju abu meža ceļu 5 cm dziļumā ņemto grants paraugu ūdens ekstraktos, konstatēts, ka periodā līdz 1. monitoringam lignosulfonātu izskalošanās no ceļu grants seguma virsējā slāņa praktiski nav notikusi (skat. 3.10. un 3.11. attēlu). Mērījumos iegūtās pH vērtības 5 cm dziļumā ņemto paraugu ūdens ekstraktos rādīja, ka salīdzinājumā ar referenču posmu paraugiem, kam pH bija 8,09, pH vērtību izmaiņas nebija būtiskas ne meža ceļā Dzintari-Ābeles, ne Abermaņa meža ceļā, kopumā veidojot 0,1–0,2 pH vienības 1. un 5. posma grants



**3.10. attēls.** Lignosulfonāta Dustex koncentrācija atputeļotajā meža ceļā Dzintari-Ābeles 5 cm dziļumā.



**3.11. attēls.** Lignosulfonāta *Dustex* koncentrācija atputeķļotajā Abermaņa meža ceļā 5 cm dziļumā.

paraugiem, 0,2–0,3 vienības 2. un 3. posma paraugiem, kā arī mazāk par 0,1 pH vienību 4. posma paraugiem.

2. monitoringa laikā iegūtie rezultāti parādīja, ka lignosulfonātu koncentrācija 5 cm dziļumā no 1., 4. un 5. ceļa posma ņemto paraugu ūdens ekstraktos samazinājās no  $0,99 \cdot 10^{-2}$  % līdz  $2,3 \cdot 10^{-2}$  % Dzintari-Ābeles meža ceļā un no  $0,19 \cdot 10^{-2}$  % līdz  $3,9 \cdot 10^{-2}$  % Abermaņa meža ceļā. Salīdzinot šos rezultātus ar 1. monitoringa rezultātiem, konstatēts, ka šajā laika periodā lignosulfonātu izskalošanās no atputeķļotajiem grants ceļu posmiem ir palielinājusies. Mitruma saturs 5 cm dziļumā ņemtajos paraugos svārstījās no 2,29 % līdz 3,69 % (references posmā tas bija 1,41 %) Dzintari-Ābeles meža ceļa atputeķļotajos posmos un no 2,86 % līdz 3,52 % (references posmā – 2,71 %) Abermaņa meža ceļa atputeķļotajos posmos. Vislielākais mitruma saturs gan Dzintari-Ābeles, gan Abermaņa meža ceļā tika konstatēts šo ceļu 1., 2. un 4. posmā (skat. 3.12. un 3.13. attēlu).



**3.12. attēls.** Ar lignosulfonātu atputeķļotā ceļa 1. posma grants seguma virsmas "garoza".





(a)



(b)

**3.13. attēls.** Ar lignosulfonātu atputeķļotā grants seguma virsmas "garoza" ceļa 4. posmā (a) un 5. posmā (b).

3. monitorings tika veikts pēc ceļu virsmas greiderēšanas, kuras mērķis bija uzlabot braukšanas apstākļus pa atputeķļoto Dzintari-Ābeles un Abermaņa meža ceļu. Iegūtie rezultāti parādīja, ka autoceļu greiderēšana negatīvi ietekmē atputeķļotā ceļa virsmas pretestību vēja erozijai un veicina puteķļu daļiņu veidošanos. Par to liecināja no šiem ceļiem 5 cm dziļumā ņemto paraugu ūdens ekstraktu analīzes salīdzinājums ar references posma paraugu analīzi. Paraugu mitruma saturs 5 cm dziļumā Dzintari-Ābeles un Abermaņa meža ceļā bija attiecīgi par 10,2–32,3 % un 9,1–22,3 % lielāks, salīdzinot ar šo ceļu references posmu paraugiem. Vislielākais mitruma saturs 5 cm dziļumā gan Dzintari-Ābeles, gan Abermaņa meža ceļā bija 1., 2. un 4. posmā ņemtajos paraugos. Lignosulfonātu satura noteikšana greiderēto ceļu grants seguma virsmas paraugos parādīja, ka tā koncentrācija 1., 4. un 5. posma paraugu ūdens ekstraktos mainījās 0,023–0,052 % intervālā Dzintari-Ābeles meža ceļā un 0,037–0,013 % intervālā Abermaņa meža ceļā. Salīdzinot lignosulfonātu saturu ūdens ekstraktos no paraugiem, kas paņemti no ceļa virsmas un 5 cm dziļumā, tika konstatēts, ka pēc ceļu virsmas mehāniskās pārmaisīšanas, veicot greiderēšanu, paaugstinājusies lignosulfonātu koncentrācija 5 cm dziļumā – no 0,009 % līdz 0,014 % un no 0,016 % līdz 0,012 % attiecīgi Dzintari-Ābeles un Abermaņa meža ceļā. Greiderētajos ceļos vislielākais lignosulfonātu saturs virsmā bija ceļa 1. un 4. posmā, bet vismazākais – 5 cm dziļumā 4. posmā.

## 3.2. Puteķļu daudzuma novērtējums.

### 1. monitorings

#### 3.2.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles

1. monitoringā (13.07.2023., saulaina diena, temperatūra 25–27 °C) sākotnēji veikts puteķļu daļiņu daudzuma gaisā novērtējums atkarībā no braukšanas ātruma ar vieglo automobili (masa ap 2 t) neatputeķļotajā (references) ceļa posmā un atputeķļotajos posmos (skat. 3.1. tabulu). Puteķļu mērīšana veikta pretvēja pozīcijā, izmantojot puteķļu daudzuma noteikšanas lāzeriekārtu *CEL-712 MICRODUST PRO*, ražotājs – *Casella (Ideal*



*Industries Ltd*). Iekārta puteķļu mērijumu rezultātus izsaka  $\text{mg}/\text{m}^3$  (miligramos kubikmetrā,  $1 \text{ mg}/\text{m}^3 = 1000 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Iekārta mērijšanas diapazons ir no  $0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$  līdz  $250,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Neatputeķļotajā ceļa posmā puteķļu vidējais daudzums gaisā, ja braukšanas ātrums ir  $30 \text{ km}/\text{h}$ , bija  $1,85 \text{ mg}/\text{m}^3$ , ja  $50 \text{ km}/\text{h}$ , –  $6,19 \text{ mg}/\text{m}^3$ , ja  $70 \text{ km}/\text{h}$ , –  $10,06 \text{ mg}/\text{m}^3$  (skat. 3.14. attēlu). Puteķļu daudzuma gaisā fona vērtības, kuri rodas, piemēram, no vēja, bija ļoti nelielas – vidēji  $0,016 \text{ mg}/\text{m}^3$  un maksimāli  $0,04 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Tās nav zem lāzeriekārtas apakšējās mērijšanas robežas. Attēlā var redzēt gan vidējās, gan ekstrēmās puteķļu daudzuma vērtības, starp kurām vislielākā starpība bija vismazākā –  $30 \text{ km}/\text{h}$  – braukšanas ātruma gadījumā (attieciģi  $1,86 \text{ mg}/\text{m}^3$  un  $6,98 \text{ mg}/\text{m}^3$ , t. i., 3,7 reizes). Ja ātrums bija  $50 \text{ km}/\text{h}$  un  $70 \text{ km}/\text{h}$ , ekstrēmās vērtības bija attieciģi par 45 % un 75 % lielākas par vidējām vērtībām. Ceļa atputeķļotajos posmos vērojams būtisks puteķļu daļiņu daudzuma samazinājums: 1., 2., 3. un 4. posmā, ja ātrums bija  $30 \text{ km}/\text{h}$ , puteķļu daļiņas netika fiksētas vispār (nepārsniedza fona līmeni), bet 5. posmā, kas atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu, puteķļu daļiņu vidējais daudzums bija  $0,262 \text{ mg}/\text{m}^3$ , maksimālais –  $0,998 \text{ mg}/\text{m}^3$ , t. i., divas reizes mazāks nekā neatputeķļotajā ceļa posmā (skat. 3.15. un 3.16. attēlu). Braukšanas ātrumam palielinoties līdz  $50 \text{ km}/\text{h}$ , vismazākais puteķļu daudzums bija ceļa posmos ar dubulto un parasto  $\text{CaCl}_2$  devu – attieciģi  $0,004 \text{ mg}/\text{m}^3$  un  $0,009 \text{ mg}/\text{m}^3$ , kā arī posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta parasto devu kombināciju –  $0,016 \text{ mg}/\text{m}^3$  (skat. 3.17. attēlu). Salīdzinoģi lielākas vidējā puteķļu daudzuma vērtības bija ceļa posmos ar lignosulfonātu gan parastā, gan dubultā koncentrācijā – attieciģi  $3,133 \text{ mg}/\text{m}^3$  un  $3,175 \text{ mg}/\text{m}^3$  (skat. 3.14. attēlu). Braukšanas ātrumam pieaugot līdz  $70 \text{ km}/\text{h}$ , vismazākais puteķļu daudzums

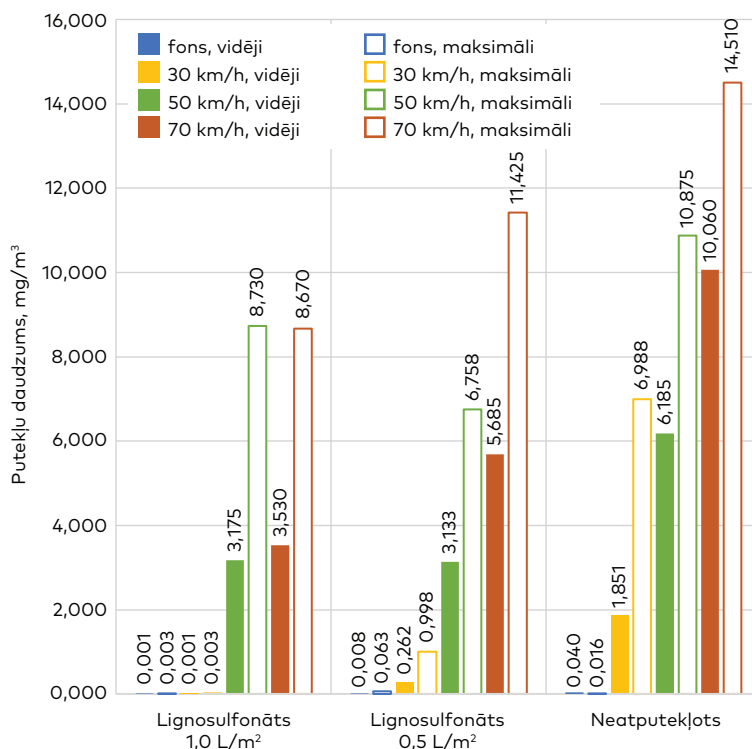
**3.1. tabula.** Puteķļu daudzums meģa ceģā Dzintari–Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023.

| Automobilģa<br>braukšanas<br>ātrums / puteķļu<br>daudzums gaisā,<br>$\text{mg}/\text{m}^3$ | Puteķļu daudzums atkarģbā no atputeķļoģanas veida, $\text{mg}/\text{m}^3$ |                                              |                                              |                                                                                               |                                               |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|
|                                                                                            | Lignosulfonāts,<br>$3,0 \text{ l}/\text{m}^2$                             | $\text{CaCl}_2$ , $780 \text{ g}/\text{m}^2$ | $\text{CaCl}_2$ , $390 \text{ g}/\text{m}^2$ | Lignosulfonāts,<br>$1,5 \text{ l}/\text{m}^2 + \text{CaCl}_2$ ,<br>$390 \text{ g}/\text{m}^2$ | Lignosulfonāts,<br>$1,5 \text{ l}/\text{m}^2$ | Neatputeķļots |
| Fons, vidēģi                                                                               | 0,000                                                                     | 0,001                                        | 0,003                                        | 0,004                                                                                         | 0,008                                         | 0,040         |
| Fons, maksimāli                                                                            | 0,003                                                                     | 0,009                                        | 0,011                                        | 0,011                                                                                         | 0,063                                         | 0,016         |
| 30 $\text{km}/\text{h}$ , vidēģi                                                           | -                                                                         | -                                            | -                                            | -                                                                                             | 0,262                                         | 1,851         |
| 30 $\text{km}/\text{h}$ , maksimāli                                                        | -                                                                         | -                                            | -                                            | -                                                                                             | 0,998                                         | 6,988         |
| 50 $\text{km}/\text{h}$ , vidēģi                                                           | 3,175                                                                     | 0,004                                        | 0,009                                        | 0,016                                                                                         | 3,133                                         | 6,185         |
| 50 $\text{km}/\text{h}$ , maksimāli                                                        | 8,730                                                                     | 0,020                                        | 0,029                                        | 0,065                                                                                         | 6,758                                         | 10,875        |
| 70 $\text{km}/\text{h}$ , vidēģi                                                           | 3,530                                                                     | 0,026                                        | 0,236                                        | 0,221                                                                                         | 5,685                                         | 10,060        |
| 70 $\text{km}/\text{h}$ , maksimāli                                                        | 8,670                                                                     | 0,092                                        | 0,667                                        | 0,435                                                                                         | 11,425                                        | 14,510        |

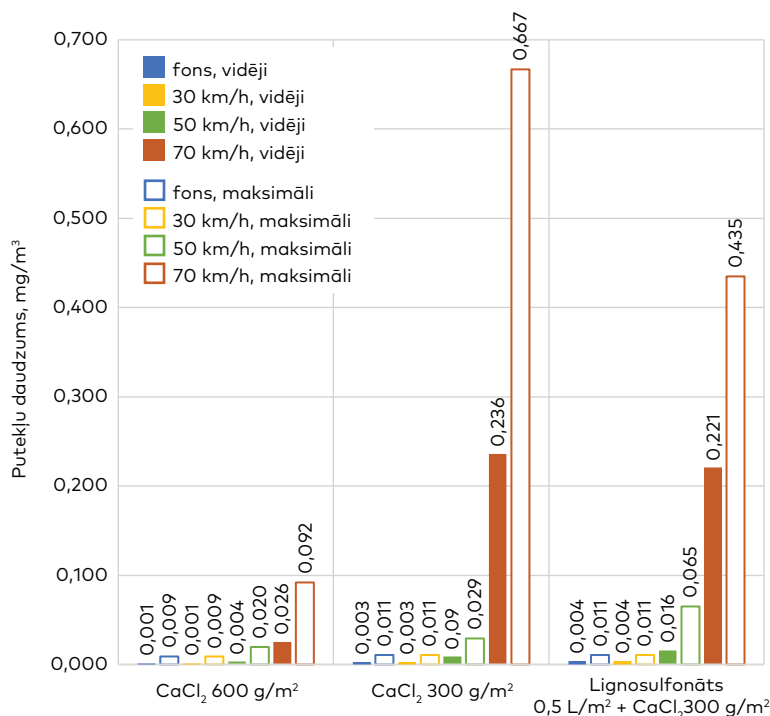
6.2. tabula. Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļā ceļš 1. monitoringā 13.07.2023.

| Automobiļa<br>braukšanas ātrums /<br>puteķļu daudzums<br>gaīsā, mg/m <sup>3</sup> | Puteķļu daudzums atkarībā no atputeķļošanas veida, mg/m <sup>3</sup> |                                          |                                          |                                                                                       |                                         |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
|                                                                                   | Lignosulfonāts,<br>3,0 l/m <sup>2</sup>                              | CaCl <sub>2</sub> , 780 g/m <sup>2</sup> | CaCl <sub>2</sub> , 390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> + CaCl <sub>2</sub> ,<br>390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> | Neatputeķļots |
| Fons, vidēji                                                                      | 0,006                                                                | 0,008                                    | 0,012                                    | 0,016                                                                                 | 0,084                                   | 0,007         |
| Fons, maksimāli                                                                   | 0,011                                                                | 0,021                                    | 0,022                                    | 0,030                                                                                 | 0,153                                   | 0,010         |
| 30 km/h, vidēji                                                                   | 0,006                                                                | 0,008                                    | 0,012                                    | 0,016                                                                                 | 0,050                                   | 1,615         |
| 30 km/h, maksimāli                                                                | 0,011                                                                | 0,021                                    | 0,022                                    | 0,030                                                                                 | 0,129                                   | 4,270         |
| 50 km/h, vidēji                                                                   | 0,057                                                                | 0,008                                    | 0,012                                    | 0,045                                                                                 | 0,021                                   | 1,772         |
| 50 km/h, maksimāli                                                                | 0,229                                                                | 0,021                                    | 0,022                                    | 0,288                                                                                 | 0,067                                   | 7,780         |
| 70 km/h, vidēji                                                                   | 0,441                                                                | 0,019                                    | 0,036                                    | 0,033                                                                                 | 0,821                                   | 10,060        |
| 70 km/h, maksimāli                                                                | 0,991                                                                | 0,054                                    | 0,149                                    | 0,117                                                                                 | 3,780                                   | 18,910        |

joprojām bija posmos ar dubulto un parasto CaCl<sub>2</sub> devu – 0,026 mg/m<sup>3</sup> un 0,236 mg/m<sup>3</sup>, kā arī ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta parasto devu kombināciju – 0,221 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.15. attēlu). Lielāks puteķļu daļiņu daudzums, ja braukšanas ātrums bija 70 km/h, bija posmos ar parastās un dubultās koncentrācijas lignosulfonātu – attiecīgi 5,685 mg/m<sup>3</sup> un 3,530 mg/m<sup>3</sup>. 3.31. attēlā parādītas kopsakarības starp automobiļa braukšanas ātrumu un puteķļu veidošanās intensitāti.



3.14. attēls. Puteķļu daudzums meža ceļa Dzintari-Ābeles neatputeķļotajā posmā un ar lignosulfonātu atputeķļotajos posmos 1. monitoringā 13.07.2023.



**3.15. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari–Ābeles ar CaCl<sub>2</sub>, kā arī ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputekļotajos posmos 1. monitoringā 13.07.2023.

**3.16. attēls.** Meža ceļš Dzintari–Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023. Braukšanas ātrums – 30 km/h: (a) neatputekļots ceļš; (b) ar lignosulfonāta standarta devu atputekļots ceļš.



(a)



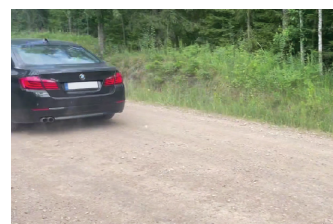
(b)



(a)



(b)



(c)

**3.17. attēls.** Meža ceļš Dzintari–Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023. Braukšanas ātrums – 50 km/h. Atputekļošanai izmantota: (a) CaCl<sub>2</sub> dubultā deva; (b) CaCl<sub>2</sub> standarta deva; (c) CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombinācija.



(a)



(b)



(c)

**3.18. attēls.** Meža ceļš Dzintari-Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023. Braukšanas ātrums – 50 km/h: (a) neatputeļots ceļš; (b) ar lignosulfonāta dubulto devu atputeļots ceļš; (c) ar lignosulfonāta standarta devu atputeļots ceļš.



(a)



(b)



(c)

**3.19. attēls.** Meža ceļš Dzintari-Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023. Braukšanas ātrums – 70 km/h. Atputeļošanai izmantota: (a)  $\text{CaCl}_2$  dubultā deva; (b)  $\text{CaCl}_2$  standarta deva; (c)  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombinācija.



(a)



(b)



(c)

**3.20. attēls.** Meža ceļš Dzintari-Ābeles 1. monitoringā 13.07.2023. Braukšanas ātrums – 70 km/h: (a) neatputeļots ceļš; (b) ar lignosulfonāta dubulto devu atputeļots ceļš; (c) ar lignosulfonāta standarta devu atputeļots ceļš.

### 3.2.2. Abermaņa meža ceļš

Abermaņa meža ceļa neatputeļotajā posmā putekļu vidējais daudzums, braucot ar vieglo automobili ar ātrumu 30 km/h, ir  $1,615 \text{ mg/m}^3$ , ar 50 km/h, –  $1,772 \text{ mg/m}^3$ , ar 70 km/h, –  $10,06 \text{ mg/m}^3$  (skat. 3.2. tabulu un 3.22. attēlu). Fona putekļu daudzums ir ļoti mazs –  $0,007\text{--}0,010 \text{ mg/m}^3$ . Braukšanas laikā putekļu maksimālais daudzums, ja ātrums ir 30 km/h, ir  $4,27 \text{ mg/m}^3$ , ja 50 vai 70 km/h, – attiecīgi  $7,78 \text{ mg/m}^3$  un  $18,910 \text{ mg/m}^3$ . Savukārt smagais automobilis, braucot pa šo posmu ar ātrumu 60 km/h, rada maksimālo putekļu daudzumu  $42,8 \text{ mg/m}^3$  (skat. 3.21. un 3.22. attēlu), bet pa ceļa 1. posmu,

kas atputeķļots ar lignosulfonāta dubulto devu, – maksimālo puteķļu daudzumu  $1,863 \text{ mg/m}^3$  (skat. 3.23. un 3.26. attēlu). Visos atputeķļotajos posmos ir būtisks puteķļu daļiņu daudzuma samazinājums salīdzinājumā ar neatputeķļoto posmu. No 1. līdz 5. posmam, ja ātrums ir  $30 \text{ km/h}$ , puteķļu daļiņu vidējais daudzums gaisā bija attiecīgi  $0,006$ ,  $0,008$ ,  $0,012$ ,  $0,016$  un  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (skat. 3.23. un 3.24. attēlu). Ātrumam pieaugot līdz  $50 \text{ km/h}$ , visos atputeķļotajos ceļa posmos joprojām veidojās tikai ļoti neliels puteķļu daudzums – attiecīgi  $0,057$ ,  $0,008$ ,

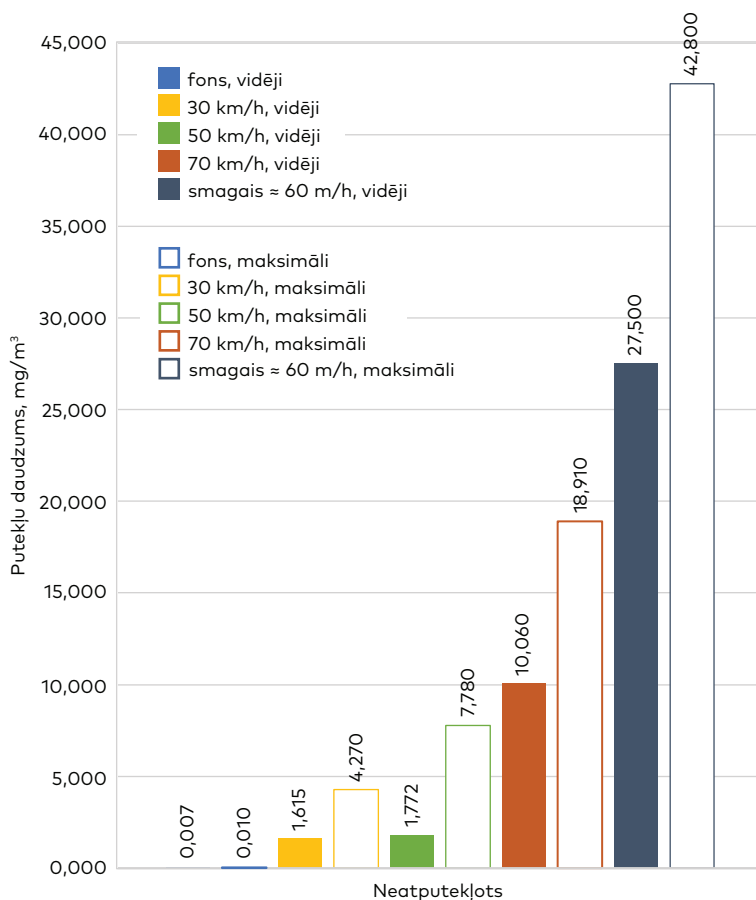
**3.21. attēls.** Puteķļu daudzums neatputeķļotajā Abermaņa meža ceļa posmā, ko rada piekraukts baļķu vedējs, braucot ar ātrumu  $60 \text{ km/h}$ : (a) skats no sāniem; (b) skats no aizmugures.



(a)

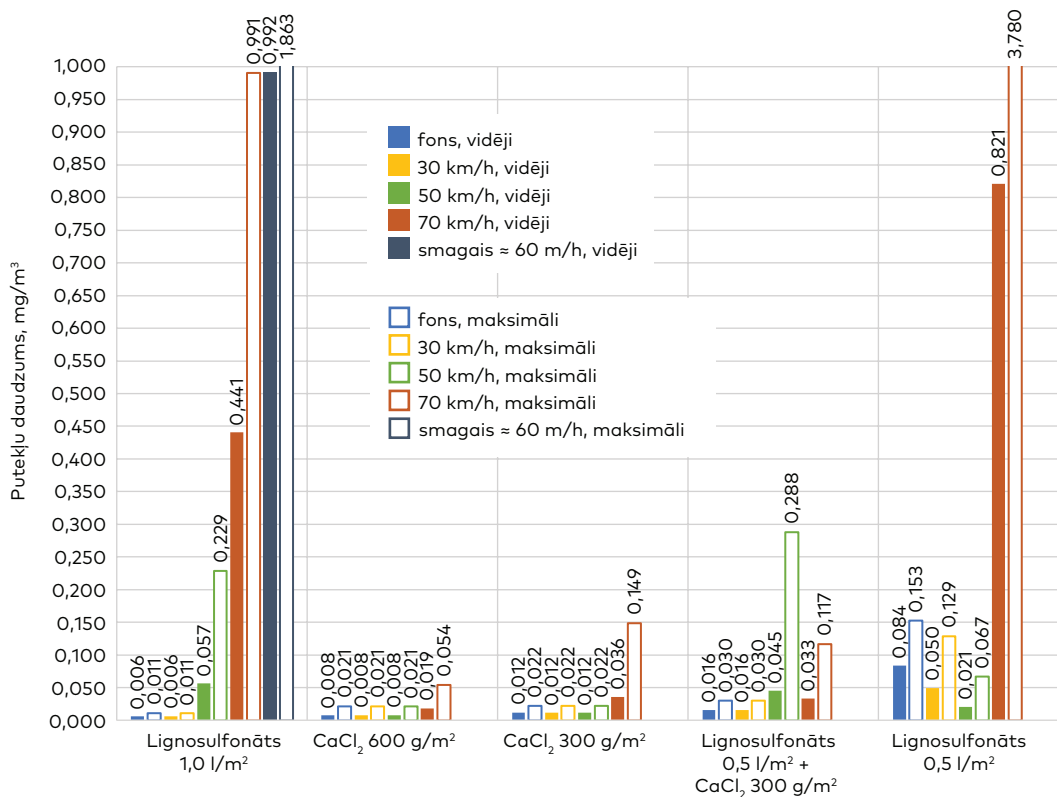


(b)



**3.22. attēls.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļa neatputeķļotajā posmā 1. monitoringā 13.07.2023.





0,012, 0,045 un 0,021 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.23. un 3.25. attēlu), un arī tad, ja ātrums ir 70 km/h, joprojām radās tikai neliels putekļu daudzums. Vislabākie rezultāti, tāpat kā iepriekš, bija posmos ar dubulto CaCl<sub>2</sub> devu – 0,019 mg/m<sup>3</sup>, ar standarta CaCl<sub>2</sub> devu – 0,036 mg/m<sup>3</sup>, kā arī ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju – 0,033 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.23. un 3.27. attēlu). Lielāks putekļu daļiņu daudzums konstatēts ceļa posmā ar standarta koncentrācijas lignosulfonātu – 0,821 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.23. un 3.28. (a) attēlu), bet posmā ar dubultās koncentrācijas lignosulfonātu putekļu ir mazāk – 0,441 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.28. (b) attēlu).

**3.23. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļa atputekļotajos posmos 1. monitoringā 13.07.2023.



(a)



(b)

**3.24. attēls.** Abermaņa meža ceļš 1. monitoringā 13.07.2023., ja braukšanas ātrums ir 30 km/h: (a) neatputekļots; (b) atputekļots ar lignosulfonāta standarta devu.



(a)



(b)



(c)

**3.25. attēls.** Abermaņa meža ceļš 1. monitoringā 13.07.2023., ja braukšanas ātrums ir 50 km/h: (a) neatputeķļots; (b) atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju.



**3.26. attēls.**  
Abermaņa meža  
ceļš 1. monito-  
ringā 13.07.2023.  
Braukšanas  
ātrums – 30 km/h.



(a)



(b)



(a)



(b)

**3.27. attēls.** Abermaņa meža ceļš 1. monitoringā 13.07.2023., ja ātrums ir 70 km/h: (a) neatputeķļots; (b) atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (c) atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (d) atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju.





(a)



(b)

**3.28. attēls.** Abermaņa meža ceļš 1. monitoringā 13.07.2023., ja ātrums ir 70 km/h: (a) atputeļots ar lignosulfonāta standarta devu; (b) atputeļots ar lignosulfonāta dubulto devu.

### 3.3. Putekļu daudzuma novērtējums. 2. monitoringa 17.08.2023.

#### 3.3.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles

2. monitoringā (17.08.2023.; gaisa temperatūra 24–27 °C, mainīgs mākoņu daudzums), līdzīgi kā 1. monitoringā, veikts putekļu daļiņu daudzuma gaisā novērtējums atkarībā no vieglā automobiļa braukšanas ātruma (skat. 3.3. tabulu).

Neatputeļotajā Dzintari-Ābeles meža ceļa posmā putekļu vidējais daudzums, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, bija 2,95 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 6,17 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 8,37 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.29. attēlu). Putekļu daudzuma gaisā fona vērtības ļoti nelielas – vidēji 0,035 mg/m<sup>3</sup>, maksimāli – 0,082 mg/m<sup>3</sup>; tās nav zem mēriekārtas apakšējās mērīšanas robežas. Ja braukšanas ātrums ir 50 km/h, ekstrēmajām putekļu daudzuma vērtībām ir vislielākā atšķirība no vidējās vērtības (attieciņi 6,17 mg/m<sup>3</sup> un 18,56 mg/m<sup>3</sup> jeb trīs reizes). Ja ātrums ir 30 km/h un 70 km/h, ekstrēmās putekļu daudzuma vērtības ir attiecīgi par 59 % un 61 % lielākas par putekļu daudzuma vidējām vērtībām. Ar lignosulfonāta standarta un dubulto devu atputeļotajos ceļa posmos nav novērojams putekļu daļiņu daudzuma samazinājums, jo putekļu daudzums posmā ar lignosulfonāta standarta devu, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, ir 6,17 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 13,17 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 18,67 mg/m<sup>3</sup>, kā arī posmā ar dubulto devu, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, tas ir 3,22 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 6,57 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 9,76 mg/m<sup>3</sup>, respektīvi, tas nav mazāks par putekļu daudzumu Dzintari-Ābeles meža ceļa neatputeļotajā referenču posmā (skat. 3.29. un 3.34. (a), (b) un (f) attēlu). Savukārt visos posmos, kur lietota CaCl<sub>2</sub> standarta vai dubultā deva, kā arī CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombinācija, bija būtisks putekļu daudzuma samazinājums salīdzinājumā ar neatputeļoto referenču posmu (skat. 3.30.–3.36. (c), (d) un (e) attēlu). Ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, ar CaCl<sub>2</sub> standarta un dubulto devu atputeļotajiem ceļa posmiem putekļu daļiņu daudzums ir līdzīgs – attiecīgi 0,023 mg/m<sup>3</sup> un 0,026 mg/m<sup>3</sup>, bet ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeļotajam ceļa posmam – 0,057 mg/m<sup>3</sup>. Ātrumam pieaugot līdz 50 km/h, vismazākā putekļu koncentrācija bija ceļa posmā ar standarta CaCl<sub>2</sub>

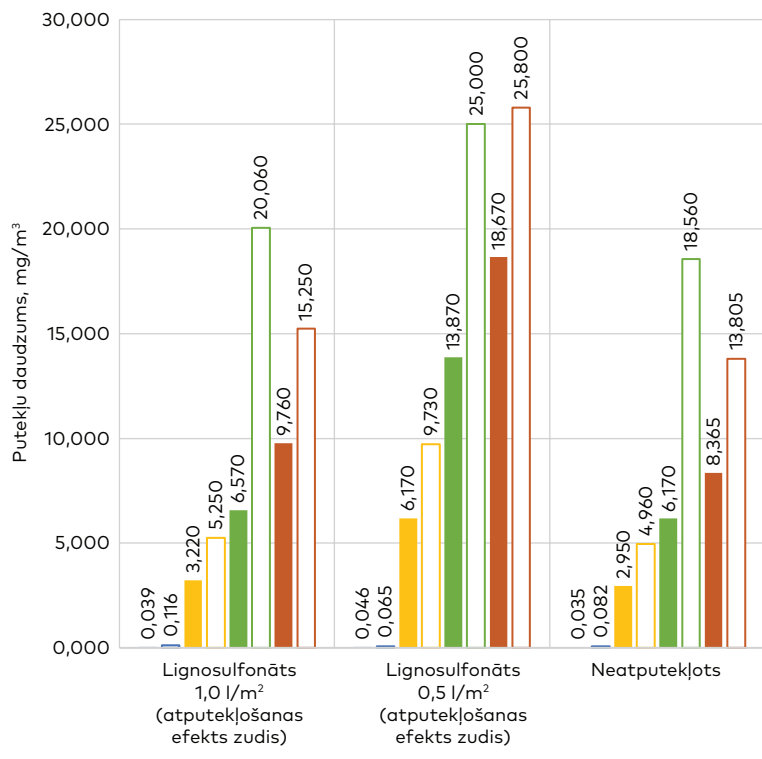
devu – 0,029 mg/m<sup>3</sup>, posmā ar dubulto CaCl<sub>2</sub> devu – 0,066 mg/m<sup>3</sup> un, visbeidzot, ceļa posmā ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju – 0,259 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.30. un 3.35. attēlu). Ja ātrums pieaug līdz 70 km/h, vismazākā puteķļu koncentrācija ir posmā ar CaCl<sub>2</sub> dubulto devu – 0,078 mg/m<sup>3</sup>, kam seko ceļa posmi ar CaCl<sub>2</sub> standarta devu – 0,287 mg/m<sup>3</sup>, un ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju – 0,356 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.30. attēlu). Savukārt 3.32. attēlā parādītas kopsakarības starp automobiļa braukšanas ātrumu un puteķļu veidošanās intensitāti, bet 3.33. attēlā – puteķļu daudzuma izmaiņas salīdzinājumā ar puteķļu daudzumu 1. monitoringā (13.07.2023.).

**3.3. tabula.** Puteķļu daudzums meža ceļā Dzintari–Ābeles  
2. monitoringā 17.08.2023.

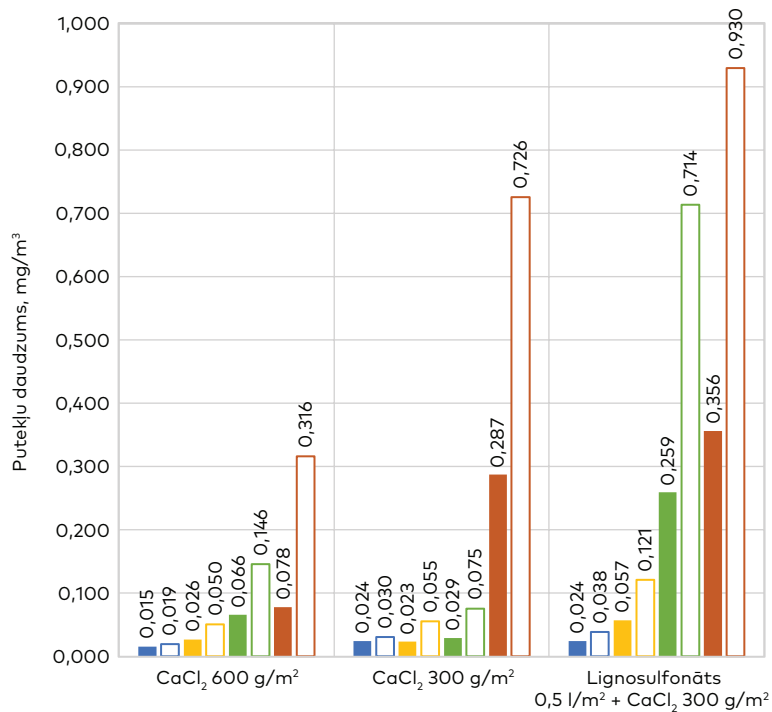
| Automobiļa<br>braukšanas ātrums /<br>puteķļu daudzums<br>gaisā, mg/m <sup>3</sup> | Puteķļu daudzums atkarībā no atputeķļošanas veida, mg/m <sup>3</sup> |                                          |                                          |                                                                                     |                                         |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                   | Lignosulfonāts,<br>3,0 l/m <sup>2</sup>                              | CaCl <sub>2</sub> , 780 g/m <sup>2</sup> | CaCl <sub>2</sub> , 390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> + CaCl <sub>2</sub><br>390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> | Neatputeķļots<br>ceļš |
| Fons, vidēji                                                                      | 0,039                                                                | 0,015                                    | 0,024                                    | 0,024                                                                               | 0,046                                   | 0,035                 |
| Fons, maksimāli                                                                   | 0,116                                                                | 0,019                                    | 0,030                                    | 0,038                                                                               | 0,065                                   | 0,082                 |
| 30 km/h, vidēji                                                                   | 3,220                                                                | 0,026                                    | 0,023                                    | 0,057                                                                               | 6,170                                   | 2,950                 |
| 30 km/h, maksimāli                                                                | 5,250                                                                | 0,050                                    | 0,055                                    | 0,121                                                                               | 9,730                                   | 4,960                 |
| 50 km/h, vidēji                                                                   | 6,570                                                                | 0,066                                    | 0,029                                    | 0,259                                                                               | 13,870                                  | 6,170                 |
| 50 km/h, maksimāli                                                                | 20,060                                                               | 0,146                                    | 0,075                                    | 0,714                                                                               | 25,000                                  | 18,560                |
| 70 km/h, vidēji                                                                   | 9,760                                                                | 0,078                                    | 0,287                                    | 0,356                                                                               | 18,670                                  | 8,365                 |
| 70 km/h, maksimāli                                                                | 15,250                                                               | 0,316                                    | 0,726                                    | 0,930                                                                               | 25,800                                  | 13,805                |

**3.4. tabula.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļā  
2. monitoringā 17.08.2023.

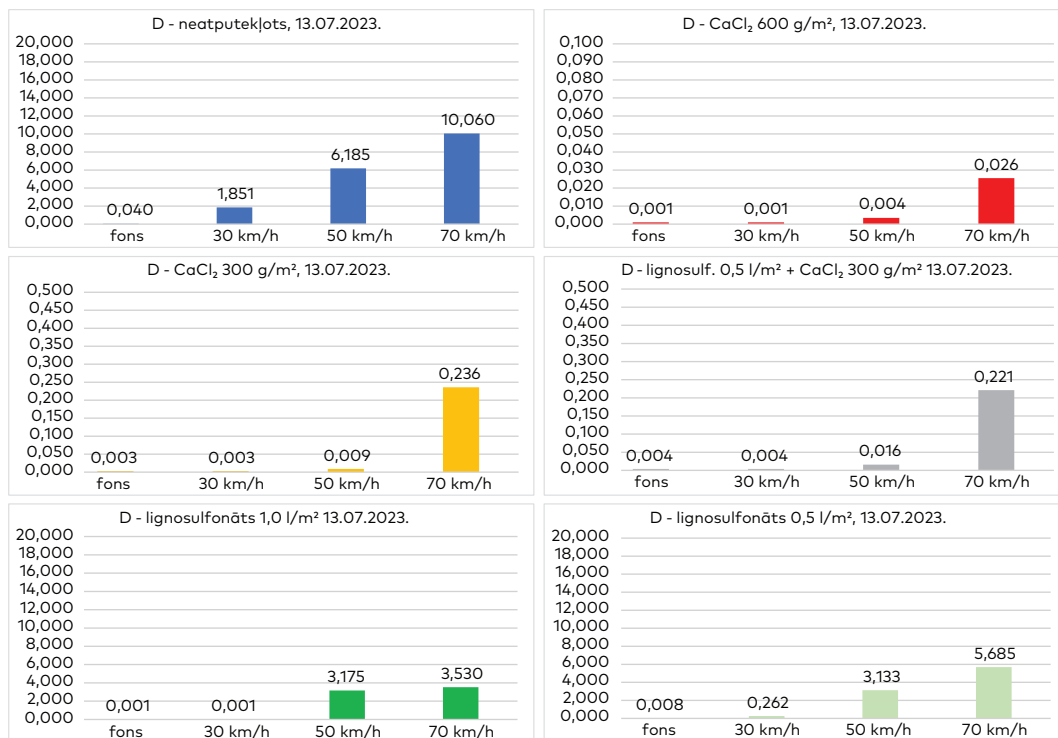
| Automobiļa<br>braukšanas ātrums /<br>puteķļu daudzums<br>gaisā, mg/m <sup>3</sup> | Puteķļu daudzums atkarībā no atputeķļošanas veida, mg/m <sup>3</sup> |                                          |                                          |                                                                                     |                                         |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                   | Lignosulfonāts,<br>3,0 l/m <sup>2</sup>                              | CaCl <sub>2</sub> , 780 g/m <sup>2</sup> | CaCl <sub>2</sub> , 390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> + CaCl <sub>2</sub><br>390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts,<br>1,5 l/m <sup>2</sup> | Neatputeķļots<br>ceļš |
| Fons, vidēji                                                                      | 0,035                                                                | 0,024                                    | 0,031                                    | 0,031                                                                               | 0,039                                   | 0,105                 |
| Fons, maksimāli                                                                   | 0,070                                                                | 0,044                                    | 0,063                                    | 0,055                                                                               | 0,057                                   | 0,338                 |
| 30 km/h, vidēji                                                                   | 0,072                                                                | 0,045                                    | 0,031                                    | 0,111                                                                               | 1,716                                   | 2,920                 |
| 30 km/h, maksimāli                                                                | 0,152                                                                | 0,083                                    | 0,169                                    | 0,384                                                                               | 2,500                                   | 5,920                 |
| 50 km/h, vidēji                                                                   | 0,983                                                                | 0,021                                    | 0,105                                    | 0,171                                                                               | 2,258                                   | 3,090                 |
| 50 km/h, maksimāli                                                                | 1,541                                                                | 0,052                                    | 0,335                                    | 0,459                                                                               | 3,800                                   | 6,120                 |
| 70 km/h, vidēji                                                                   | 1,888                                                                | 0,039                                    | 0,178                                    | 0,241                                                                               | 2,460                                   | 6,050                 |
| 70 km/h, maksimāli                                                                | 3,820                                                                | 0,095                                    | 0,505                                    | 0,886                                                                               | 4,440                                   | 9,300                 |



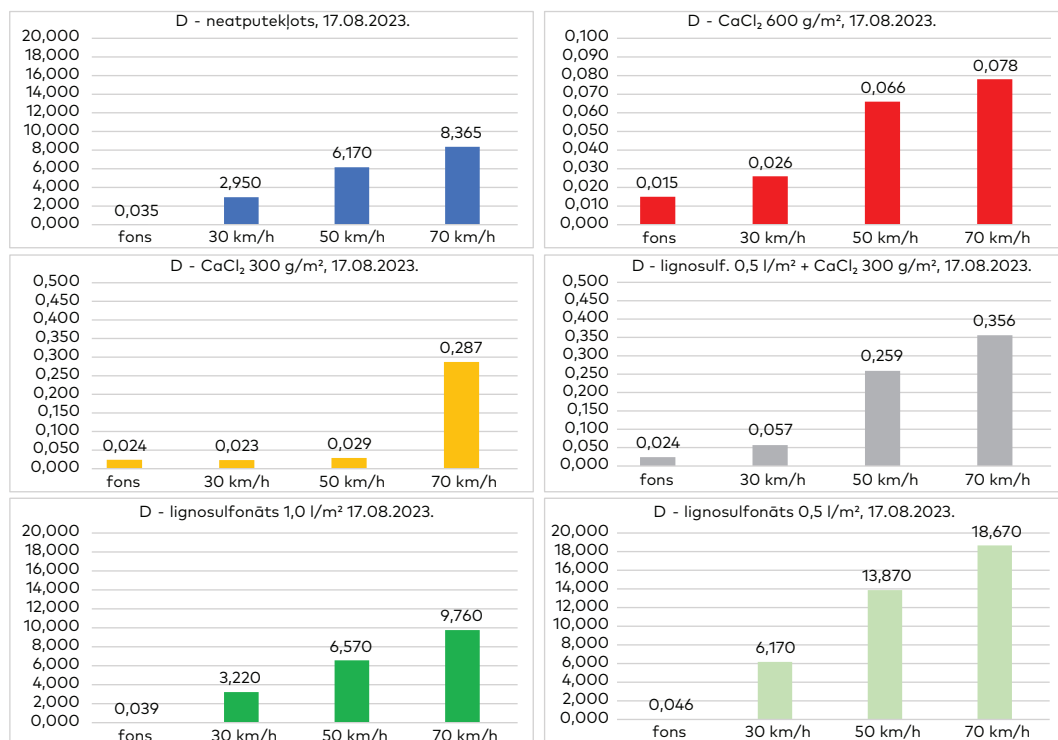
3.29. attēls. Puteķļu daudzums atkarībā no automobiļa braukšanas ātruma meža ceļa Dzintari-Ābeles neatputeķļotajā un ar lignosulfonātu atputeķļotajos posmos 2. monitoringā 17.08.2023.



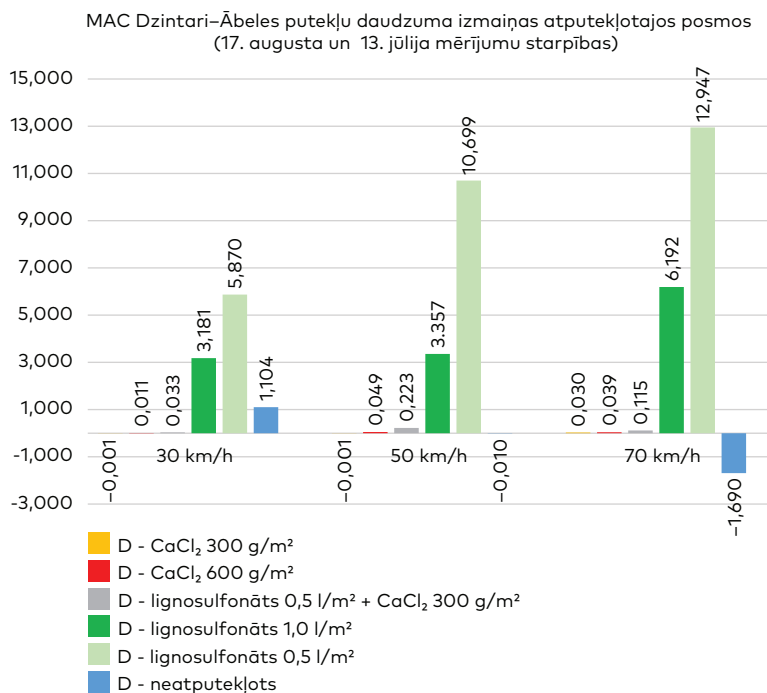
3.30. attēls. Puteķļu daudzums meža ceļa Dzintari-Ābeles ar CaCl<sub>2</sub> atputeķļotajos posmos atkarībā no automobiļa braukšanas ātruma 2. monitoringā 17.08.2023.



**3.31. attēls.** Kopsakarības (automobiļa braukšanas ātrums – putekļu veidošanās intensitāte) meža ceļā Dzintari–Ābeles 2. monitoringā 13.07.2023.



**3.32. attēls.** Kopsakarības (automobiļa braukšanas ātrums – putekļu veidošanās intensitāte) meža ceļā Dzintari–Ābeles 2. monitoringā 17.07.2023.



**3.33. attēls.** Puteķļu daudzuma izmaiņu dinamika starp 1. un 2. monitoringu meža ceļā Dzintari-Ābeles



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**3.34. attēls.** Puteķļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h: (a) neatputeķļots ceļš; (b) ceļš atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar CaCl<sub>2</sub> standarta devu; (e) ar CaCl<sub>2</sub> dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.





(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**3.35. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 50 km/h: (a) neatputeķļots ceļš; (b) ceļš atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (e) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



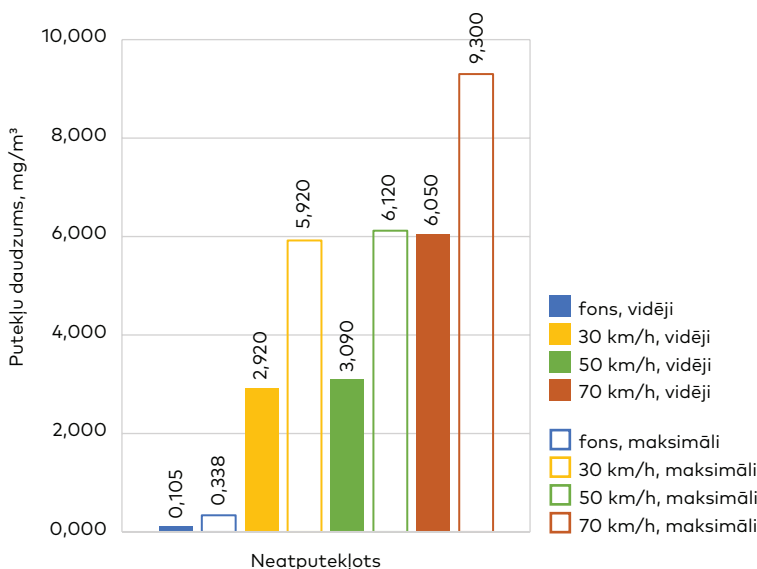
(f)

**3.36. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 70 km/h: (a) neatputeķļots ceļš; (b) ceļš atputeķļots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (e) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.



### 3.3.2. Abermaņa meža ceļš

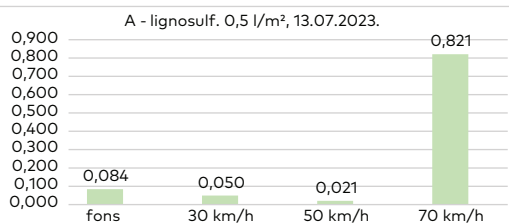
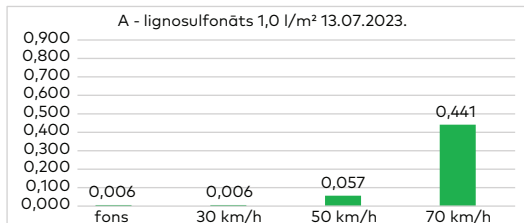
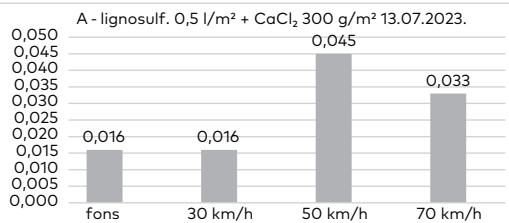
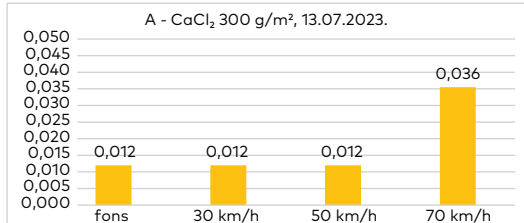
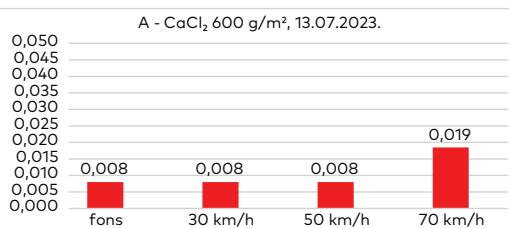
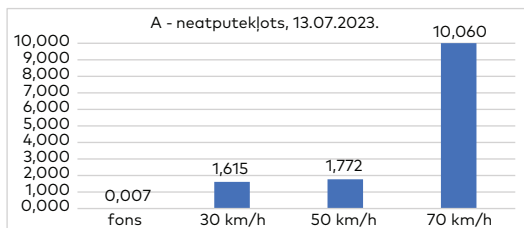
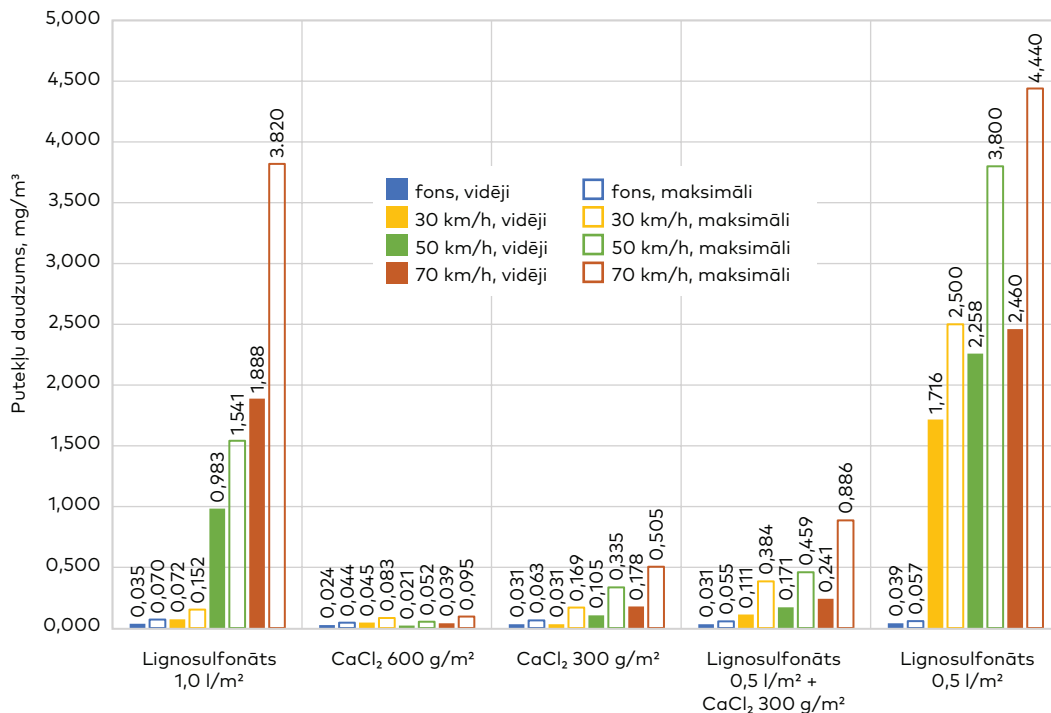
Neatputeķļotajā Abermaņa meža ceļa posmā puteķļu vidējais daudzums, ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h, bija 2,92 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 3,09 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 6,05 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.4. tabulu un 3.37. attēlu). Fona vidējā vērtība – 0,105 mg/m<sup>3</sup>, maksimālā vērtība – 0,338 mg/m<sup>3</sup>. Puteķļu maksimālais daudzums, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, bija 5,92 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 6,12 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 9,30 mg/m<sup>3</sup>. Visos atputeķļotajos posmos puteķļu daudzums, salīdzinot salīdzinājumā ar ceļa neatputeķļoto posmu. Ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, ceļa posmos, kuros izmantots CaCl<sub>2</sub> standarta vai dubultā devā, CaCl<sub>2</sub> kombinācija ar lignosulfonātu standarta devās, kā arī dubultās koncentrācijas lignosulfonāts, puteķļu daudzuma samazinājums bija ievērojami lielāks nekā ceļa posmā, kas apstrādāts ar lignosulfonāta standarta devu. Puteķļu vidējais daudzums šajos posmos bija attiecīgi 0,031, 0,045, 0,111, 0,072 un 1,716 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.38. un 3.42. attēlu). Ātrumam pieaugot līdz 50 km/h, visos atputeķļotajos ceļa posmos, kuros ir izmantots CaCl<sub>2</sub> (standarta un dubultā devā, kā arī kombinācijā ar lignosulfonātu), bija ļoti neliels puteķļu vidējais daudzums, attiecīgi 0,105 mg/m<sup>3</sup>, 0,021 mg/m<sup>3</sup> un 0,171 mg/m<sup>3</sup>. Ja atputeķļošanai lietota lignosulfonāta standarta vai dubultā deva, puteķļu vidējais daudzums šajā ātrumā palielinājās attiecīgi līdz 2,258 mg/m<sup>3</sup> un 0,983 mg/m<sup>3</sup>. Ar lignosulfonāta standarta devu atputeķļotajā posmā bija tikai nedaudz mazāks puteķļu vidējais daudzums nekā neatputeķļotajā ceļa posmā (3,09 mg/m<sup>3</sup>). Ātrumam pieaugot līdz 70 km/h, vismazākā puteķļu vidējā koncentrācija bija ceļa posmos, kas apstrādāti ar CaCl<sub>2</sub>: ar CaCl<sub>2</sub> dubulto devu – 0,039 mg/m<sup>3</sup>, ar standarta devu – 0,178 mg/m<sup>3</sup>, ar CaCl<sub>2</sub> un lignosulfonāta standarta devu kombināciju – 0,241 mg/m<sup>3</sup>. Vislielākais



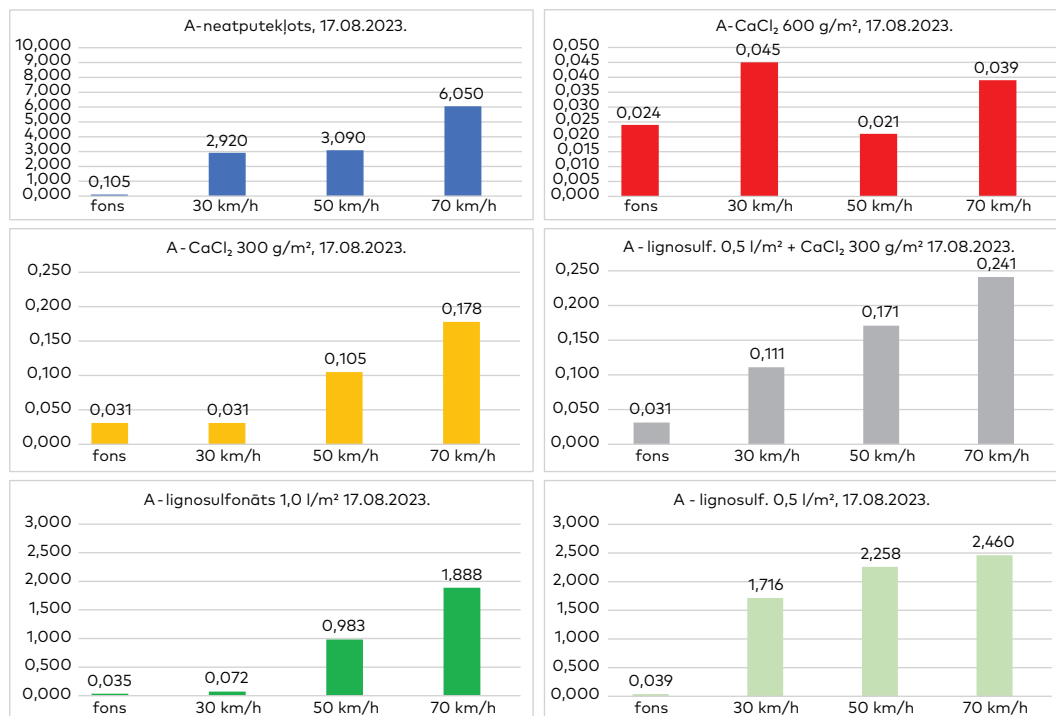
**3.37. attēls.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļa neatputeķļotajā posmā 2. monitoringā 17.08.2023.

puteķļu vidējais daudzums, ja automobiļa braukšanas ātrums bija 70 km/h, veidojās ar lignosulfonāta standarta devu atputeķļotajā ceļa posmā – 2,460 mg/m<sup>3</sup>, bet ar lignosulfonāta dubulto devu atputeķļotajā posmā – 1,888 mg/m<sup>3</sup>.

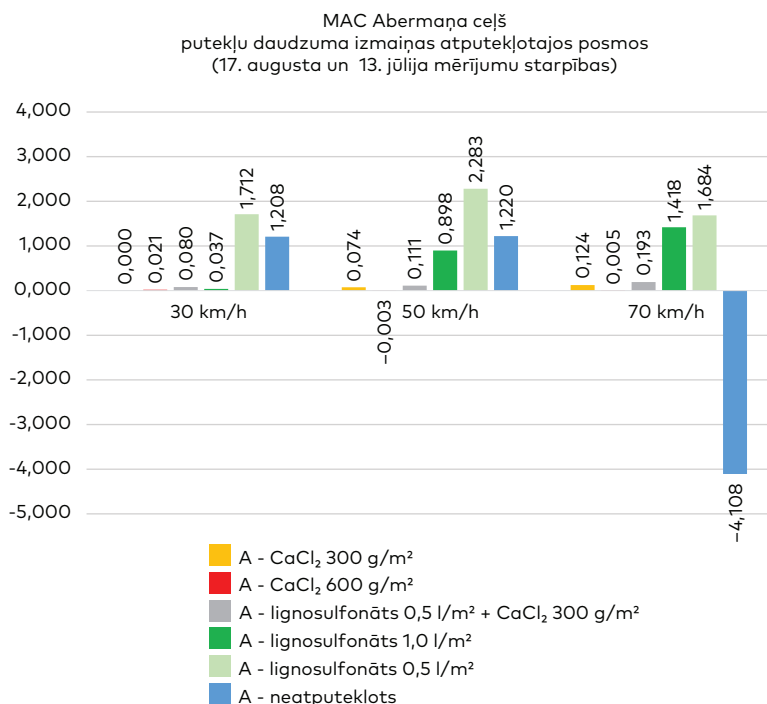
**3.38. attēls.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļa atputeķļotajos posmos 2. monitoringā 17.08.2023.



**3.39. attēls.** Kopsakarības (automobiļa braukšanas ātrums – puteķļu veidošanās intensitāte) Abermaņa meža ceļā 2. monitoringā 13.07.2023.



**3.40. attēls.** Kopsakarības (automobiļa braukšanas ātrums – putekļu veidošanās intensitāte) Abermaņa meža ceļā 2. monitoringā 17.08.2023.



**3.41. attēls.** Putekļu daudzumu izmaiņas starp 1. un 2. monitoringu Abermaņa meža ceļa atputeļotajos posmos.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**3.42. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h: (a) neatpūtekljots ceļš; (b) ceļš atpūtekljots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (e) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**3.43. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 50 km/h: (a) neatpūtekljots ceļš; (b) ceļš atpūtekljots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (e) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**3.44. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā 2. monitoringā 17.08.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 70 km/h: (a) neatputeļķots ceļš; (b) ceļš atputeļķots ar lignosulfonāta standarta devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (e) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu; (f) ar lignosulfonāta dubulto devu.

### 3.4. Putekļu daudzuma novērtējums. 3. monitorings

#### 3.4.1. Meža ceļš Dzintari-Ābeles

3. monitoringa laikā (13.09.2023.; gaisa temperatūra 15–18 °C, apmācies laiks, bez nokrišņiem), līdzīgi kā iepriekšējos monitoringos, veikts putekļu daļiņu daudzuma gaisā novērtējums atkarībā no braukšanas ātruma ar vieglo automobili (skat. 3.3. tabulu).

Neatputeļķotajā ceļa posmā vidējais putekļu daudzums, ja ātrums ir 30 km/h, ir 3,835 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 6,462 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 8,45 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.46. attēlu). Fona vērtības ir ļoti nelielas, vidēji – 0,057 mg/m<sup>3</sup>, maksimāli – 0,185 mg/m<sup>3</sup>. Maksimālā putekļu daudzuma vērtība no vidējās visvairāk atšķiras tad, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, – attiecīgi 7,402 mg/m<sup>3</sup> un 3,835 mg/m<sup>3</sup> jeb 1,9 reizes. Ja ātrums ir 50 km/h un 70 km/h, maksimālais putekļu daudzums ir attiecīgi par 58 % un 43 % lielāks par vidējo putekļu daudzumu. Ar lignosulfonāta standarta un dubulto devu atputeļķotajos ceļa posmos, līdzīgi kā 2. monitoringa laikā, nebija novērojams putekļu daudzuma samazinājums salīdzinājumā ar neatputeļķotā Dzintari-Ābeles meža ceļa



references posma vērtībām (skat. 3.46. un 3.47. (a) un (b) attēlu). Turpretī ceļa posmos, kuros atputeķļošanai izmantots standarta un dubultās devas  $\text{CaCl}_2$ , joprojām bija ievērojams puteķļu daļiņu koncentrācijas samazinājums salīdzinājumā ar neatputeķļoto references posmu (skat. 3.45. un 3.47. (c) un (d) attēlu). Ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, ar standarta un dubulto  $\text{CaCl}_2$  devu atputeķļotajos ceļa posmos puteķļu vidējā koncentrācija bija attiecīgi 0,039 mg/m<sup>3</sup> un 0,127 mg/m<sup>3</sup>; ātrumam pieaugot līdz 50 km/h, vismazākā vidējā puteķļu koncentrācija bija ceļa posmā ar dubulto  $\text{CaCl}_2$  devu – 0,085 mg/m<sup>3</sup>, posmā ar standarta  $\text{CaCl}_2$

**3.5. tabula.** Puteķļu daudzums meža ceļā Dzintari–Ābeles 3. monitoringā 13.09.2023.

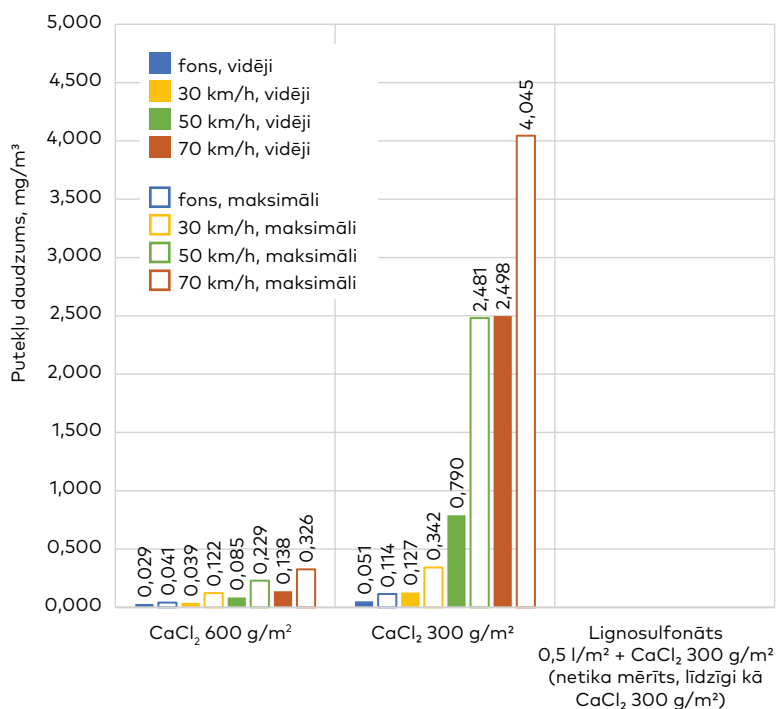
| Automobiļa braukšanas ātrums / puteķļu daudzums gaisā, mg/m <sup>3</sup> | Puteķļu daudzums atkarībā no atputeķļošanas veida, mg/m <sup>3</sup> |                                        |                                        |                                                                               |                                         |               |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
|                                                                          | Lignosulfonāts, 3,0 l/m <sup>2</sup>                                 | $\text{CaCl}_2$ , 780 g/m <sup>2</sup> | $\text{CaCl}_2$ , 390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts, 1,5 l/m <sup>2</sup> + $\text{CaCl}_2$ , 390 g/m <sup>2</sup> | Lignosulfonāts, 1,5 l/m <sup>2</sup>    | Neatputeķļots |
| Fons, vidēji                                                             | 0,027                                                                | 0,029                                  | 0,051                                  | Līdzīgi kā $\text{CaCl}_2$ (390 g/m <sup>2</sup> ) bez lignosulfonāta         | Atputeķļošanas efekta nav, tas ir zudis | 0,057         |
| Fons, maksimāli                                                          | 0,035                                                                | 0,041                                  | 0,114                                  |                                                                               |                                         | 0,185         |
| 30 km/h, vidēji                                                          | 6,270                                                                | 0,039                                  | 0,127                                  |                                                                               |                                         | 3,835         |
| 30 km/h, maksimāli                                                       | 16,90                                                                | 0,122                                  | 0,342                                  |                                                                               |                                         | 7,402         |
| 50 km/h, vidēji                                                          | 9,815                                                                | 0,085                                  | 0,790                                  |                                                                               |                                         | 6,462         |
| 50 km/h, maksimāli                                                       | 17,50                                                                | 0,229                                  | 2,481                                  |                                                                               |                                         | 10,210        |
| 70 km/h, vidēji                                                          | 13,120                                                               | 0,138                                  | 2,498                                  |                                                                               |                                         | 8,450         |
| 70 km/h, maksimāli                                                       | 23,230                                                               | 0,326                                  | 4,045                                  |                                                                               |                                         | 12,060        |

**3.6. tabula.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļā 3. monitoringā 13.09.2023.

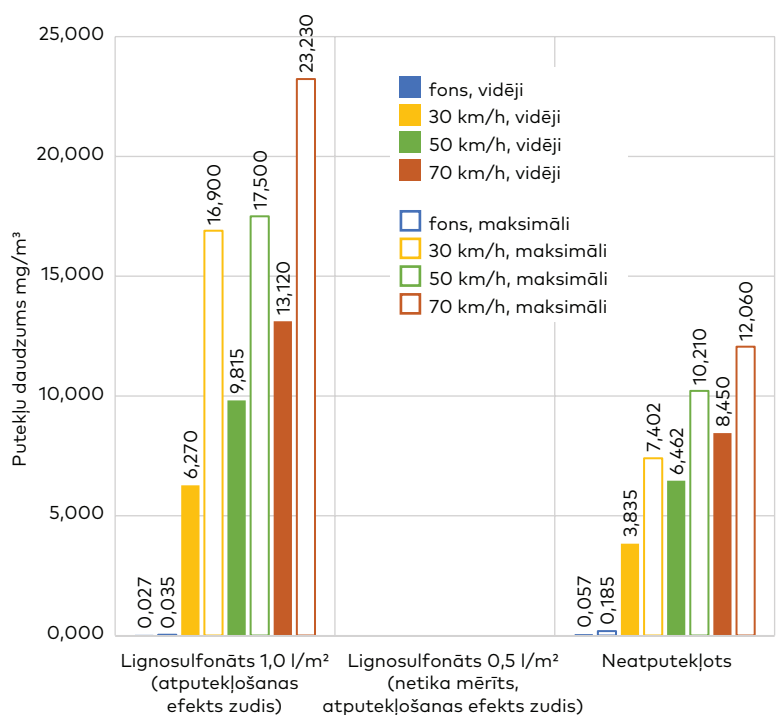
| Automobiļa braukšanas ātrums / puteķļu daudzums gaisā, mg/m <sup>3</sup> | Puteķļu daudzums atkarībā no atputeķļošanas veida, mg/m <sup>3</sup> |                                        |                                                    |                                                                               |       |                                         |               |       |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------|---------------|-------|
|                                                                          | Lignosulfonāts, 3,0 l/m <sup>2</sup>                                 | $\text{CaCl}_2$ , 780 g/m <sup>2</sup> | $\text{CaCl}_2$ , 390 g/m <sup>2</sup>             | Lignosulfonāts, 1,5 l/m <sup>2</sup> + $\text{CaCl}_2$ , 390 g/m <sup>2</sup> |       | Lignosulfonāts, 1,5 l/m <sup>2</sup>    | Neatputeķļots |       |
|                                                                          |                                                                      |                                        |                                                    | Saulē                                                                         | Ēnā   |                                         | Saulē         | Ēnā   |
| Fons, vidēji                                                             | Atputeķļošanas efekta nav, tas ir zudis                              | 0,42                                   | Līdzīgi kā $\text{CaCl}_2$ (780 g/m <sup>2</sup> ) | 0,053                                                                         | 0,090 | Atputeķļošanas efekta nav, tas ir zudis | 0,066         | 0,029 |
| Fons, maksimāli                                                          |                                                                      | 0,072                                  |                                                    | 0,185                                                                         | 0,330 |                                         | 0,12          | 0,062 |
| 30 km/h, vidēji                                                          |                                                                      | 0,045                                  |                                                    | 0,395                                                                         | 0,229 |                                         | 2,495         | 0,038 |
| 30 km/h, maksimāli                                                       |                                                                      | 0,093                                  |                                                    | 0,845                                                                         | 0,331 |                                         | 8,230         | 0,069 |
| 50 km/h, vidēji                                                          |                                                                      | 0,083                                  |                                                    | 1,423                                                                         | 0,732 |                                         | 3,380         | 0,188 |
| 50 km/h, maksimāli                                                       |                                                                      | 0,217                                  |                                                    | 2,036                                                                         | 1,608 |                                         | 5,780         | 0,428 |
| 70 km/h, vidēji                                                          |                                                                      | 0,119                                  |                                                    | 1,820                                                                         | 1,725 |                                         | 9,980         | 0,950 |
| 70 km/h, maksimāli                                                       |                                                                      | 0,243                                  |                                                    | 2,500                                                                         | 2,500 |                                         | 18,14         | 2,500 |



devu – 0,790 mg/m<sup>3</sup>, bet, ja ātrums bija 70 km/h, vismazākā vidējā puteķļu koncentrācija joprojām bija ceļa posmā ar dubulto CaCl<sub>2</sub> devu – 0,138 mg/m<sup>3</sup>, bet ceļa posmā ar standarta CaCl<sub>2</sub> devu – 2,498 mg/m<sup>3</sup>.



**3.45. attēls.** Puteķļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles ar CaCl<sub>2</sub> atputeķļotajos ceļa posmos 3. monitoringā 13.09.2023.



**3.46. attēls.** Puteķļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles neatputeķļotajā un ar lignosulfonātu atputeķļotajos ceļa posmos 3. monitoringā 13.09.2023.



(a)



(b)



(c)



(d)

**3.47. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h: (a) neatputekļots ceļš; (b) ceļš atputekļots ar lignosulfonāta dubulto devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu.



(a)



(b)



(c)



(d)

**3.48. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 50 km/h: (a) neatputekļots ceļš; (b) ceļš atputekļots ar lignosulfonāta dubulto devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu.



(a)



(b)



(c)



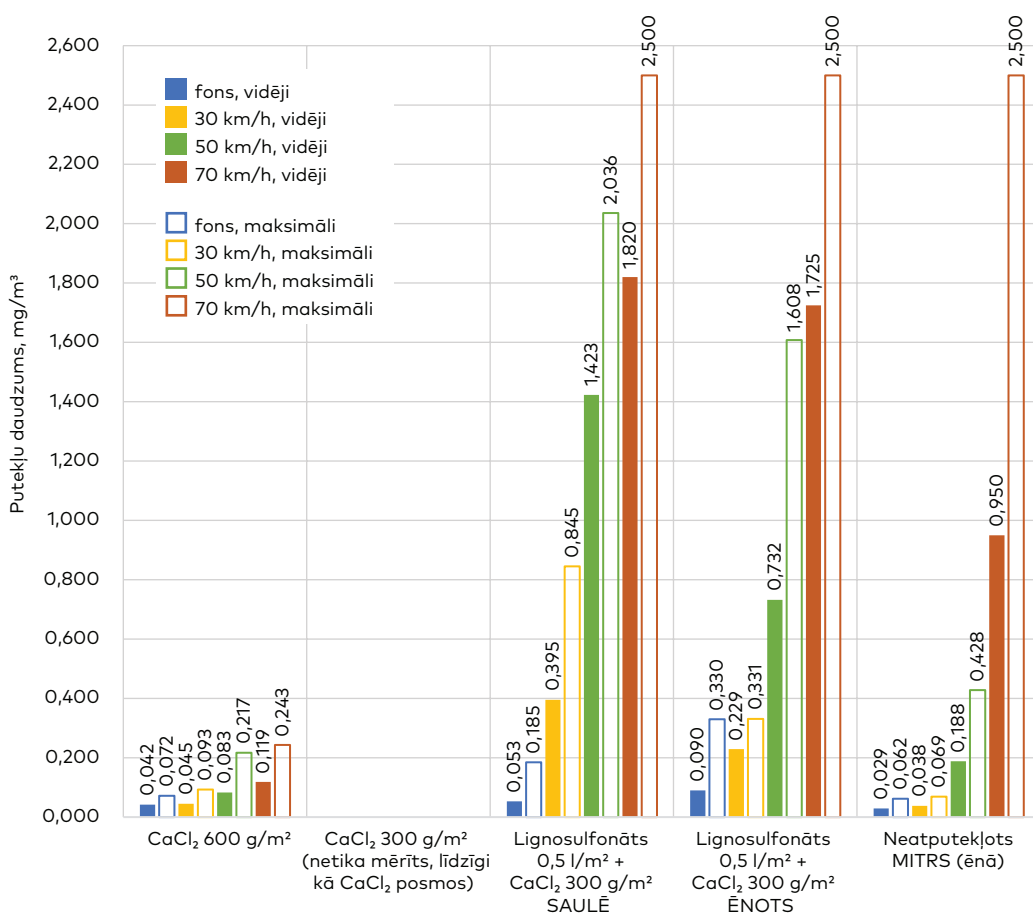
(d)

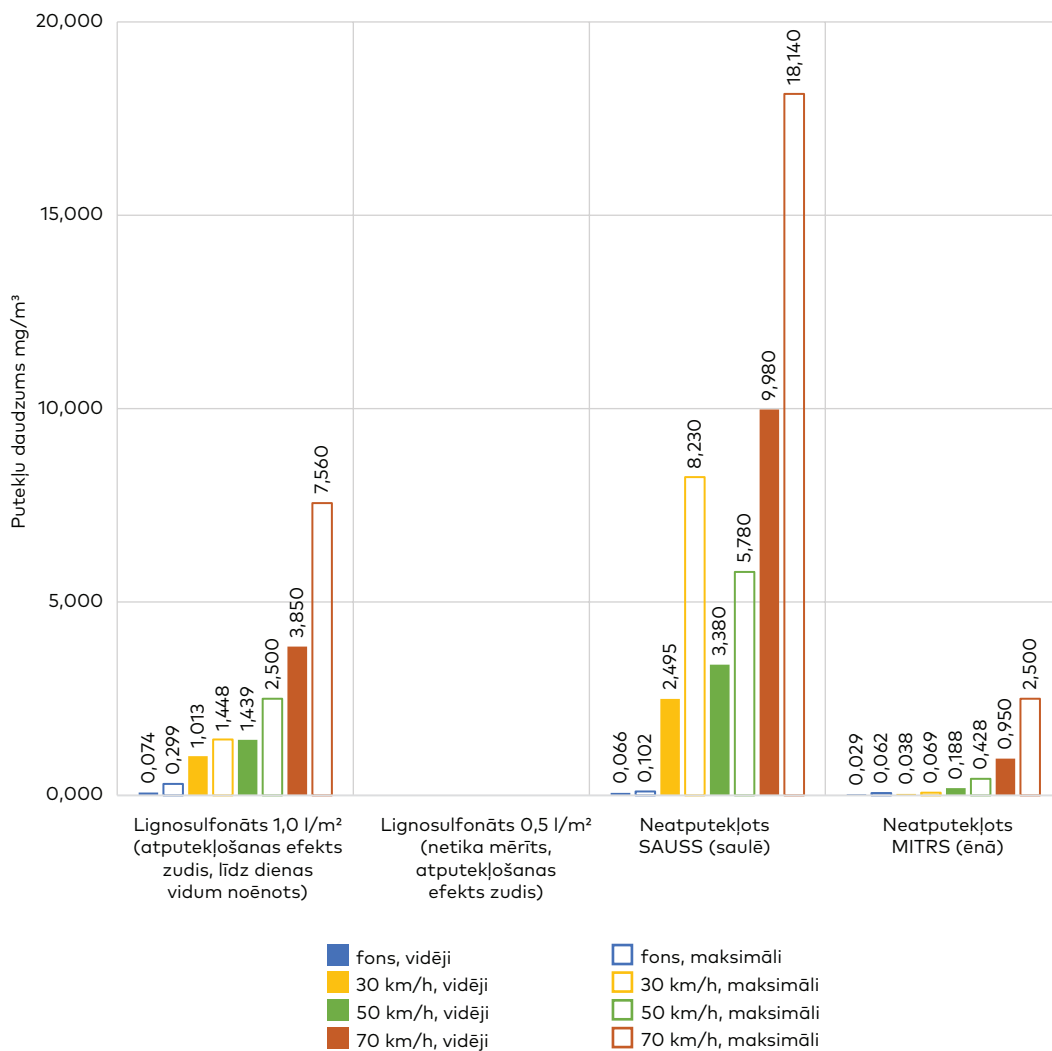
**3.49. attēls.** Putekļu daudzums meža ceļā Dzintari-Ābeles 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 70 km/h: (a) neatputekļots ceļš; (b) ceļš atputekļots ar lignosulfonāta dubulto devu; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu.

### 3.4.2. Abermaņa meža ceļš

Neatputeķļotajā Abermaņa meža ceļa posmā putekļu vidējais daudzums gaisā ir atkarīgs ne tikai no automobiļa braukšanas ātruma, bet arī no ceļa noēnojuma. Ēnā, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, putekļu vidējais daudzums virs ceļa ir 0,038 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 0,188 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 0,950 mg/m<sup>3</sup>. Savukārt atklātā vietā, saulē tas virs ceļa, ja braukšanas ātrums ir 30 km/h, ir 2,495 mg/m<sup>3</sup>, ja 50 km/h, – 3,380 mg/m<sup>3</sup>, ja 70 km/h, – 9,980 mg/m<sup>3</sup> (skat. 3.6. tabulu un 3.51. un 3.52. attēlu). Šāda krasa atšķirība izskaidrojama ar to, ka rudenī naktī ceļa grants segumā uzņemtais mitrums (higroskopiskais mitrums) ilgstoši saglabājas ēnainajās vietās, it īpaši dienas pirmajā pusē, savukārt atklātā, saulainā ceļa vietā tas no grants seguma ātri izžūst. Fona putekļu daudzuma vidējā vērtība ēnā ir 0,029 mg/m<sup>3</sup>, saulē – 0,66 mg/m<sup>3</sup>, maksimālās vērtības – attiecīgi 0,062 mg/m<sup>3</sup> un 0,12 mg/m<sup>3</sup>. Visos atputeķļotajos ceļa posmos, kuros CaCl<sub>2</sub> izmantots gan standarta, gan dubultajā devā, kā arī kombinācijā ar lignosulfonātu, atputeķļošanas efekts saglabājas, ko apstiprina iegūtie rezultāti, veicot mērījumus ceļa atklātajās, saulainajās vietās. Ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h, ceļa

**3.50. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā ar CaCl<sub>2</sub> atputeķļotajos ceļa posmos un neatputeķļotā references posma noēnotajās vietās 3. monitoringā 13.09.2023.





posmā, kas apstrādāts ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu, putekļu vidējā koncentrācija ir  $0,045 \text{ mg/m}^3$ , posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta kombināciju –  $0,395 \text{ mg/m}^3$ , kamēr virs neatputeķļotā ceļa posma saulē –  $2,494 \text{ mg/m}^3$ . Ja ātrums ir  $50 \text{ km/h}$ , ceļa posmā, kas atputeķļots ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu, putekļu vidējā koncentrācija ir  $0,083 \text{ mg/m}^3$ , posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta kombināciju –  $1,423 \text{ mg/m}^3$ , bet neatputeķļotajā ceļa posmā saulē tā ir ievērojami lielāka –  $3,380 \text{ mg/m}^3$ . Savukārt, ja braukšanas ātrums ir  $70 \text{ km/h}$ , ceļa posmā ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu putekļu vidējā koncentrācija gaisā ir  $0,119 \text{ mg/m}^3$ , ceļa posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta kombināciju –  $1,820 \text{ mg/m}^3$ , bet neatputeķļotajā ceļa posmā saulē vislielākā –  $9,980 \text{ mg/m}^3$ . Ceļa posmos, kuru atputeķļošana veikta tikai ar lignosulfonātu, tās efekts vairs nav novērojams, putekļu daudzums tur salīdzināms ar putekļu daudzumu ceļa references posmā.

**3.51. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļa neatputeķļotajā un ar lignosulfonātu atputeķļotajos ceļa posmos 3. monitoringā 13.09.2023.





(a)



(b)



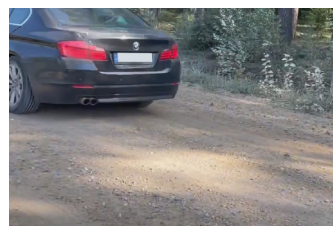
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

**3.52. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 30 km/h: (a) neatputeķļots ceļa posms ēnā; (b) neatputeķļots ceļa posms saulē; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms ēnā; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms saulē; (e) ar lignosulfonāta dubulto devu atputeķļots ceļa posms ēnā; (f) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu atputeķļots ceļa posms; (g) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu atputeķļots ceļa posms.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

**3.53. attēls.** Putekļu daudzums Abermaņa meža ceļā 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 50 km/h: (a) neatputeķļots ceļa posms ēnā; (b) neatputeķļots ceļa posms saulē; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms ēnā; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms saulē; (e) ar lignosulfonāta dubulto devu atputeķļots ceļa posms ēnā; (f) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu atputeķļots ceļa posms; (g) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu atputeķļots ceļa posms.



(a)



(b)



(c)



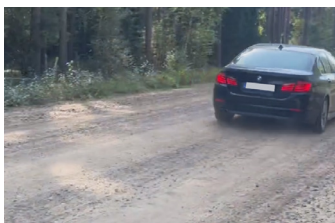
(d)



(e)



(f)



(g)

**3.54. attēls.** Puteķļu daudzums Abermaņa meža ceļā 3. monitoringā 13.09.2023., ja automobiļa braukšanas ātrums ir 70 km/h: (a) neatputeķļots ceļa posms ēnā; (b) neatputeķļots ceļa posms saulē; (c) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms ēnā; (d) ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļots ceļa posms saulē; (e) ar lignosulfonāta dubulto devu atputeķļots ceļa posms ēnā; (f) ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu atputeķļots ceļa posms; (g) ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu atputeķļots ceļa posms.

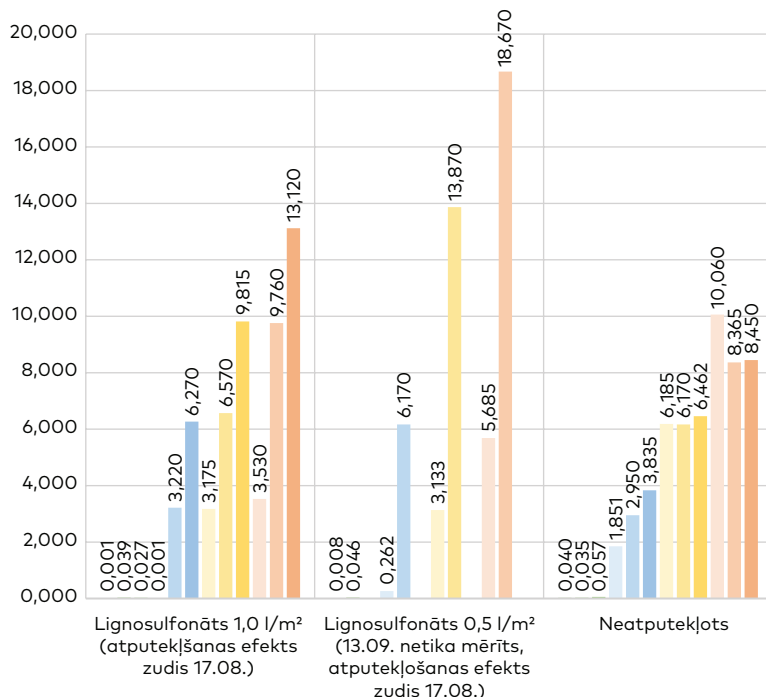
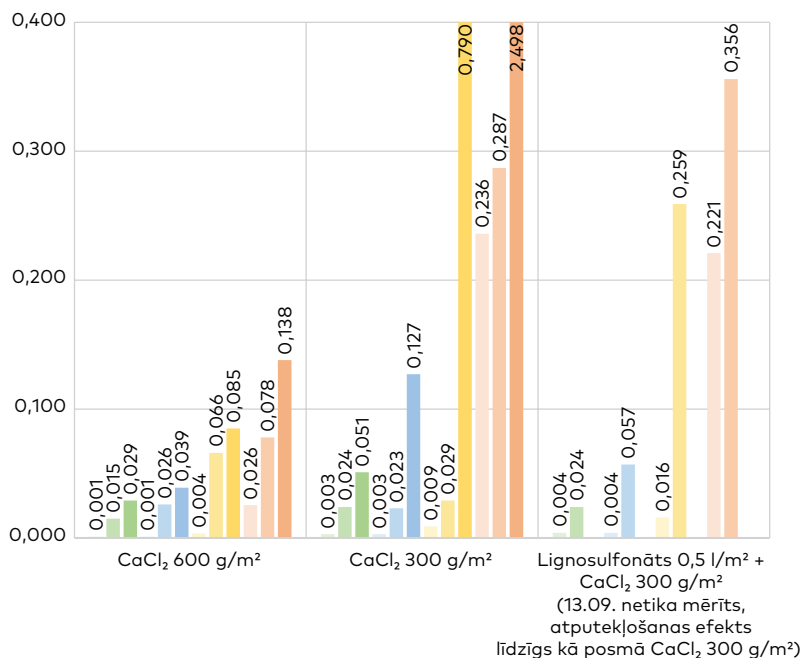
### 3.5. Puteķļu daudzums – monitoringu kopsavilkums

#### 3.5.1. Meža ceļš Dzintari–Ābeles

3.55. un 3.56. attēlā sniegts uz meža ceļa Dzintari–Ābeles iegūto rezultātu apkopojums visam novērošanas periodam no 13.07.2023. līdz 13.09.2023. Pirmajā monitoringā (13.07.2023.) visi izmantotie atputeķļošanas līdzekļi un arī to kombinācija pierādīja augstu efektivitāti puteķļu daļiņu veidošanās samazināšanā vieglā automobiļa dažāda braukšanas ātruma gadījumā. Pirmais monitorings veikts 25 dienas pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes. Otrā monitoringa (17.08.2023. – 60 dienas pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes) rezultāti rāda, ka ceļa posmā, kurā lignosulfonāts izmantots standarta un dubultā koncentrācijā, tā atputeķļošanas efekts ir zudis. Šo negatīvo rezultātu paātrināja stiprās lietusskāzes, kas sākās neilgi pēc lignosulfonāta iestrādes. Svarīgi atzīmēt, ka lignosulfonāts viegli šķīst ūdenī un atputeķļošanas efektivitāti ilgāk saglabā, ja iestājas ilgstoši sauss bezlietus periods. Šajā trīs mēnešu novērošanas periodā meža ceļā Dzintari–Ābeles vismazākais puteķļu daļiņu daudzums gaisā, kā arī vismazākā puteķļu daudzuma palielinājuma dinamika jeb



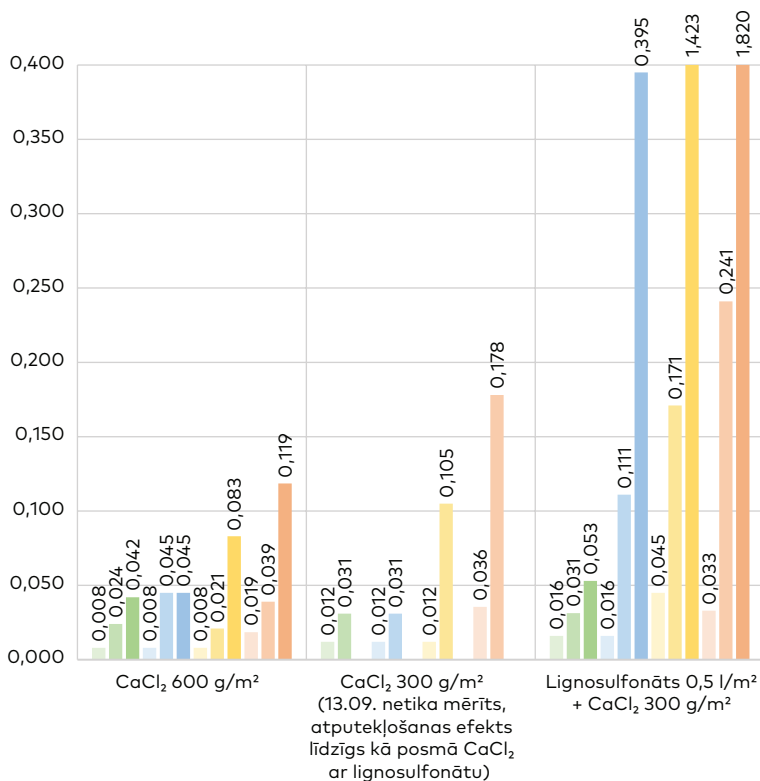
visilgstošākā efektivitāte saglabājās ceļa posmos, kas bija atputeķļoti ar  $\text{CaCl}_2$  – posmā ar dubulto  $\text{CaCl}_2$  devu, ja braukšanas ātrums bija 70 km/h, puteķļveida daļiņu vidējā koncentrācija gaisā bija tikai 0,138 mg/m<sup>3</sup>, bet posmā ar standarta  $\text{CaCl}_2$  devu – 2,498 mg/m<sup>3</sup>. Ceļa posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju atputeķļošanas efektivitāte bija līdzīga  $\text{CaCl}_2$  standarta devas atputeķļošanas efektivitātei posmā bez



lignosulfonāta. Tas apstiprināja, ka lignosulfonāta atputeķļošanas efektivitāte ir zudusi.

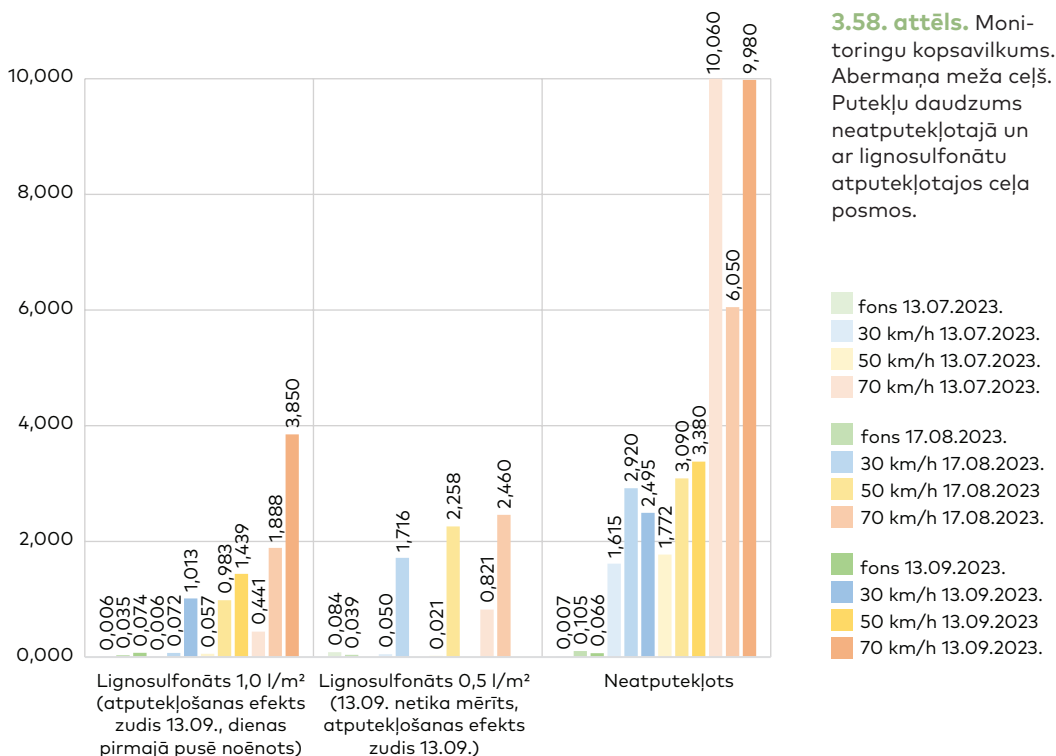
### 3.5.2. Abermaņa meža ceļš

3.57. un 3.58. attēlā sniegts uz Abermaņa meža ceļa iegūto rezultātu apkopojums visam monitoringa periodam no 13.07.2023. līdz 13.09.2023. Pirmajā monitoringā (13.07.2023.), līdzīgi kā meža ceļā Dzintari-Ābeles, visi izmantotie atputeķļošanas līdzekļi, kā arī to kombinācija pierādīja augstu efektivitāti puteķļu daļiņu veidošanās samazināšanā vieglā automobiļa dažāda braukšanas ātruma gadījumā. Pirmais monitorings veikts 15 dienas pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes – 29.06.2023. Otrā monitoringa (17.08.2023. – 50 dienas pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes) rezultāti pierāda, ka atputeķļošanas efekts saglabājies visiem atputeķļošanas līdzekļiem un to kombinācijai. Vislielākais atputeķļošanas efektivitātes samazinājums bija posmos, kuros izmantots tikai lignosulfonāts, piemēram, kad braukšanas ātrums bija 70 km/h, posmā ar lignosulfonāta standarta devu puteķļveida daļiņu koncentrācija gaisā palielinājās no 0,821 mg/m<sup>3</sup> līdz 2,460 mg/m<sup>3</sup>, bet posmā ar lignosulfonāta dubulto devu – no 0,441 mg/m<sup>3</sup> līdz 1,888 mg/m<sup>3</sup>, savukārt neatputeķļotajā ceļa posmā šis rādītājs bija 9,980 mg/m<sup>3</sup>. Trešā monitoringa (13.09.2023. – 76 dienas pēc atputeķļošanas līdzekļu iestrādes) rezultāti rāda, ka ar lignosulfonātu



**3.57. attēls.** Monitoringu kopsavilkums. Abermaņa meža ceļš. Puteķļu daudzums ar CaCl<sub>2</sub> atputeķļotajos ceļa posmos.

- 13.07.2023. fons
- 30 km/h 13.07.2023.
- 50 km/h 13.07.2023.
- 70 km/h 13.07.2023.
- 17.08.2023. fons
- 30 km/h 17.08.2023.
- 50 km/h 17.08.2023.
- 70 km/h 17.08.2023.
- 13.09.2023. fons
- 30 km/h 13.09.2023.
- 50 km/h 13.09.2023.
- 70 km/h 13.09.2023.



(standarta un dubultā devā) apstrādātie ceļa posmi ir zaudējuši atputeķļošanas efektivitāti, jo puteķļu daudzums tajos nav mazāks par puteķļu daudzumu ceļa neatputeķļotajā references posmā. Šajā trīs mēnešu monitoringa periodā uz Abermaņa meža ceļa, līdzīgi kā uz ceļa Dzintari-Ābeles, vismazākais puteķļu daļiņu daudzums, kā arī vismazākā to palielinājuma dinamika jeb ilgstošākā efektivitāte bija ceļa posmos, kuru atputeķļošanai izmantots  $\text{CaCl}_2$ , jo posmā ar dubulto  $\text{CaCl}_2$  devu, ja braukšanas ātrums bija 70 km/h, puteķļveida daļiņu vidējā koncentrācija bija tikai 0,119 mg/m<sup>3</sup>, bet posmā ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devas kombināciju ar lignosulfonāta standarta devu – 1,820 mg/m<sup>3</sup>, kas apstiprināja lignosulfonāta efektivitātes zudumu.

### 3.6. Meža ceļu seguma mehānisko īpašību izmaiņu novērtējums

Meža ceļu seguma mehānisko īpašību izmaiņas, kuras notika atputeķļošanas līdzekļu iedarbībā, novērtētas ar vieglo krītošā svara deflektometru *Light Weight Deflectometer (LWD) Inspector-2* – portatīvu, virsmu nesagraujošu ierīci, kas tika izmantota ceļa seguma deformācijas, deformācijas laika, elastības moduļa un sablīvējuma noteikšanai (skat. 3.59. attēlu).

Testēšanas metodes pamatā ir elastības moduļa Emod1 un Emod2 noteikšana, ar krītošā svara enerģiju iedarbojoties uz



(a)



(b)

**3.59. attēls.** Ceļa seguma nestspējas un sablīvējuma noteikšana ar vieglo krītošā svara deflektometru LWD: (a) vadības panelis ar reālā laika aprēķina opciju; (b) testa veikšana.

sagatavotu ceļa seguma virsmu (skat. 3.59. (b) attēlu). Emod1 ir sākotnējais elastības modulis, kas iegūts pirmajos slogošanas ciklos, savukārt Emod2 iegūts pēdējos slogošanas ciklos. Ceļa segums krītošā svara iedarbībā sablīvējas, un sablīvējumu nosaka kā attiecību Emod2/Emod1. Monitoringā ceļa seguma nestspēja un sablīvējums noteikti ar katru atputeķļošanas līdzekli un to atšķirīgajām devām atputeķļotajos ceļa posmos, kā arī ceļa neatputeķļotajā references posmā. Dzintari-Ābeles ceļa testēšana veikta šādās vietās (skat. 3.7. tabulu un 3.60. attēlu):

- 1) vietā Nr. 1, kas atrodas 0,5 km no asfaltēta vietējā ceļa V7 (Baloži-Plakanciems-Iecava), posmā ar lignosulfonāta dubulto devu;
- 2) vietā Nr. 2, kas atrodas 1,3 km no asfaltēta vietējā ceļa V7, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu;
- 3) vietā Nr. 3, kas atrodas 1,9 km no asfaltēta vietējā ceļa V7, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu;
- 4) vietā Nr. 4, kas atrodas 2,3 km no asfaltēta vietējā ceļa V7, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju;
- 5) vietā Nr. 5, kas atrodas 3,3 km no asfaltēta vietējā ceļa V7, posmā ar lignosulfonāta standarta devu.

Abermaņa meža ceļa testēšana veikta šādās vietās (skat. 3.8. tabulu un 3.61. attēlu):

- 1) vietā Nr. 1, kas atrodas 0,5 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85 (Rīgas HES-Jaunjelgava), posmā ar lignosulfonāta dubulto devu;
- 2) vietā Nr. 2, kas atrodas 0,9 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  dubulto devu;
- 3) vietā Nr. 3, kas atrodas 1,3 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  standarta devu;
- 4) vietā Nr. 4, kas atrodas 1,6 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85, posmā ar  $\text{CaCl}_2$  un lignosulfonāta standarta devu kombināciju;
- 5) vietā Nr. 5, kas atrodas 2,1 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85, posmā ar lignosulfonāta standarta devu;
- 6) vietā Nr. 6, kas atrodas 2,7 km no asfaltēta reģionālā ceļa P85, posmā ar lignosulfonāta standarta devu.

Iegūtajiem nestspējas rezultātiem ir liela izkliede pat vienas vietas ietvaros, piemēram, monitoringa vietā Nr. 1 pirms atputeķļošanas Dzintari-Ābeles meža ceļa labajā joslā Emod2 ir 511 MPa, vidū – 472 MPa, bet kreisajā joslā – 336 MPa. Pēc atputeķļošanas ceļa nestspējas rādītāji ir samazinājušies, kam iemesls var būt  $\text{CaCl}_2$  piesaistītā, absorbētā mitruma ietekme, kā arī ar ligno-sulfonātu saistītā ceļa seguma lielāka elastība (segums ir kļuvis elastīgāks, tam ir lielāka elastīgā deformācija, līdz ar to mazāks stingums; skat. 3.62. attēlu), bet pēc atputeķļošanas sablīvējums Emod2/Emod1 vietai Nr. 1 (dubultā lignosulfonāta deva  $3,0 \text{ l/m}^2$ ),

**3.7. tabula.** Grants ceļa seguma nestspēja un sablīvējums meža ceļā Dzintari-Ābeles

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums       |             |           |             |              |             |            |             |
|-------|------------------------------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
|       | 26.06.2023. (pirms atputeķļošanas) |             |           |             |              |             |            |             |
|       | Labā josla                         |             | Vidus     |             | Kreisā josla |             | Vid.       |             |
|       | Emod2 MPa                          | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa    | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa  | Emod2 Emod1 |
| Nr. 1 | 511                                | 1,21        | 472       | 1,42        | 336          | 1,01        | <b>440</b> | <b>1,21</b> |
| Nr. 2 | 557                                | 1,09        | 482       | 1,13        | 642          | 1,1         | <b>560</b> | <b>1,11</b> |
| Nr. 3 |                                    |             |           |             |              |             |            |             |
| Nr. 4 | 427                                | 1,9         | 494       | 1,18        | 558          | 1,09        | <b>493</b> | <b>1,39</b> |
| Nr. 5 | 292                                | 1,19        | 356       | 1,1         | 386          | 1,18        | <b>345</b> | <b>1,16</b> |

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums |             |           |             |              |             |            |             |
|-------|------------------------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
|       | 13.07.2023. (1. monitorings) |             |           |             |              |             |            |             |
|       | Labā josla                   |             | Vidus     |             | Kreisā josla |             | Vid.       |             |
|       | Emod2 MPa                    | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa    | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa  | Emod2 Emod1 |
| Nr. 1 | 267                          | 1,14        | 306       | 0,98        | 283          | 1,02        | <b>285</b> | <b>1,05</b> |
| Nr. 2 | 268                          | 1,22        | 454       | 1,00        | 446          | 1,13        | <b>389</b> | <b>1,12</b> |
| Nr. 3 | 367                          | 1,09        | 327       | 0,91        | 295          | 1,03        | <b>330</b> | <b>1,01</b> |
| Nr. 4 | 370                          | 1,06        | 334       | 1,12        | 350          | 1,07        | 351        | 1,08        |
| Nr. 5 | 371                          | 1,11        | 367       | 1,13        | 294          | 1,17        | 344        | 1,14        |

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums |             |           |             |              |             |            |             |
|-------|------------------------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
|       | 17.08.2023. (2. monitorings) |             |           |             |              |             |            |             |
|       | Labā josla                   |             | Vidus     |             | Kreisā josla |             | Vid.       |             |
|       | Emod2 MPa                    | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa    | Emod2 Emod1 | Emod2 MPa  | Emod2 Emod1 |
| Nr. 1 | 325                          | 1,03        | 350       | 1,01        | 306          | 1,06        | <b>327</b> | <b>1,03</b> |
| Nr. 2 | 262                          | 1,11        | 402       | 1,44        | 359          | 0,99        | <b>341</b> | <b>1,18</b> |
| Nr. 3 | 336                          | 0,99        | 309       | 1,2         | 279          | 1,01        | <b>308</b> | 1,07        |
| Nr. 4 | 284                          | 1,06        | 364       | 1,09        | 294          | 1,12        | <b>314</b> | <b>1,09</b> |
| Nr. 5 | 230                          | 1,15        | 362       | 1,17        | 240          | 1,12        | <b>277</b> | <b>1,15</b> |

vietai Nr. 4 ( $\text{CaCl}_2$  + lignosulfonāts) un vietai Nr. 5 samazinājies, bet vietai Nr. 2 ( $\text{CaCl}_2$  dubultā deva) nedaudz palielinājies. Gan Dzintari-Ābeles, gan Abermaņa meža ceļa nestspēja pārsvarā gadījumu ar katru mērīšanas reizi (uzmērījumi veikti 16.06.2023. un 26.06.2023. – pirms atputeķļošanas, 13.07.2023. un 17.08.2023. – atputeķļotajiem posmiem) ir samazinājusies (skat. 3.62., 3.64., 3.65. un 3.67. attēlu), kas izskaidrojams ar to, ka pirms atputeķļošanas darbu veikšanas bija ilgstošs bezlietus periods un grants sega

**3.8. tabula.** Grants ceļa seguma nestspēja un sablīvējums Abermaņa meža ceļā

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums       |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|-------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|
|       | 26.06.2023. (pirms atputeķļošanas) |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|       | Labā josla                         |                                     | Vidus     |                                     | Kreisā josla |                                     | Vid.       |                                     |
|       | Emod2 MPa                          | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa    | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa  | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ |
| Nr. 1 | 475                                | 1,35                                | 481       | 1,41                                | 484          | 1,14                                | <b>480</b> | <b>1,30</b>                         |
| Nr. 2 |                                    |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
| Nr. 3 |                                    |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
| Nr. 4 | 447                                | 1,06                                | 418       | 1,27                                | 563          | 1,13                                | <b>476</b> | <b>1,15</b>                         |
| Nr. 5 |                                    |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
| Nr. 6 | 463                                | 1,12                                | 493       | 1,38                                | 428          | 1,24                                | <b>461</b> | <b>1,25</b>                         |

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|-------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|
|       | 13.07.2023. (1. monitorings) |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|       | Labā josla                   |                                     | Vidus     |                                     | Kreisā josla |                                     | Vid.       |                                     |
|       | Emod2 MPa                    | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa    | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa  | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ |
| Nr. 1 | 434                          | 1,12                                | 427       | 1,08                                | 399          | 1,28                                | <b>420</b> | <b>1,16</b>                         |
| Nr. 2 | 355                          | 1,04                                | 449       | 1,04                                | 604          | 1,18                                | <b>469</b> | <b>1,09</b>                         |
| Nr. 3 | 483                          | 1,02                                | 451       | 1,09                                | 547          | 1,13                                | <b>494</b> | <b>1,08</b>                         |
| Nr. 4 | 325                          | 1,13                                | 435       | 1,15                                | 347          | 0,91                                | <b>369</b> | <b>1,06</b>                         |
| Nr. 5 | 327                          | 1,07                                | 362       | 1,03                                | 337          | 1,11                                | <b>342</b> | <b>1,07</b>                         |
| Nr. 6 | 483                          | 1,1                                 | 543       | 1,17                                | 407          | 0,96                                | <b>478</b> | 1,08                                |

| Vieta | Monitoringa veikšanas datums |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|-------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|
|       | 17.08.2023. (2. monitorings) |                                     |           |                                     |              |                                     |            |                                     |
|       | Labā josla                   |                                     | Vidus     |                                     | Kreisā josla |                                     | Vid.       |                                     |
|       | Emod2 MPa                    | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa    | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ | Emod2 MPa  | $\frac{\text{Emod2}}{\text{Emod1}}$ |
| Nr. 1 | 367                          | 1,18                                | 419       | 1,07                                | 391          | 1,02                                | <b>392</b> | <b>1,05</b>                         |
| Nr. 2 | 377                          | 1,36                                | 460       | 0,96                                | 355          | 1,05                                | <b>397</b> | <b>1,12</b>                         |
| Nr. 3 | 484                          | 1,16                                | 508       | 1,12                                | 461          | 1,14                                | <b>484</b> | 1,14                                |
| Nr. 4 | 351                          | 1,38                                | 521       | 0,96                                | 427          | 1,29                                | <b>433</b> | <b>1,21</b>                         |
| Nr. 5 | 230                          | 1,19                                | 347       | 1,01                                | 340          | 1,1                                 | <b>306</b> | <b>1,10</b>                         |
| Nr. 6 | 407                          | 1,17                                | 404       | 1,04                                | 375          | 1,86                                | <b>395</b> | <b>1,36</b>                         |



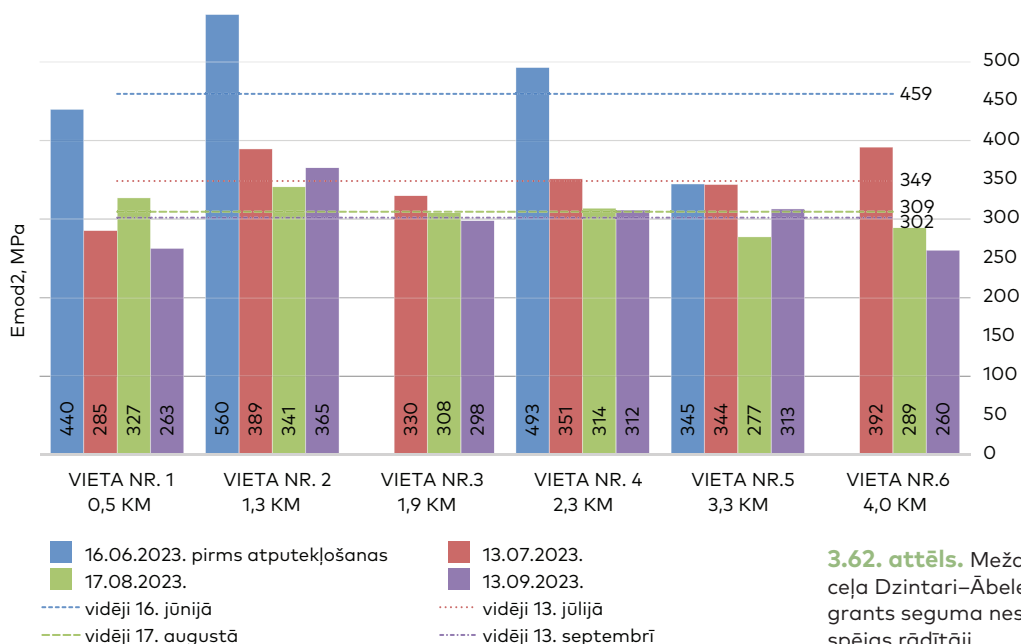
izžuva, savukārt šo darbu izpildes periodā un arī vēlāk iestājās ar lietu samērā bagātīgs periods. Lai arī apsekošana notika sausā laikā, vispārīgais palielinātais mitrums varēja veicināt ceļa segas nestspējas samazināšanos. Kā veicinošs faktors jāmin tas, ka atputeķļošanas līdzekļi piesaista mitrumu ( $\text{CaCl}_2$ ) un ierobežo mitruma iztvaikošanas intensitāti (lignosulfonāts). Ceļa segas nestspējas samazināšanās šajā laikā notika arī neatputeķļotajos ceļa posmos, gan mazākā mērā – tas pamato un apliecina gan klimatisko apstākļu, gan atputeķļošanas līdzekļu ietekmi uz ceļa segas nestspējas samazināšanos.



**3.60. attēls.** Ceļa seguma nestspējas un sablīvējuma noteikšanas vietas meža ceļā Dzintari-Ābeles.

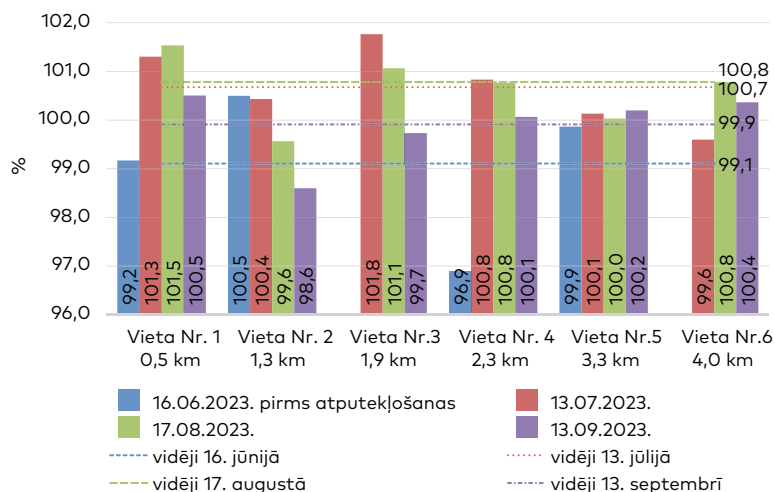


**3.61. attēls.** Ceļa seguma nestspējas un sablīvējuma noteikšanas vietas Abermaņa meža ceļā.



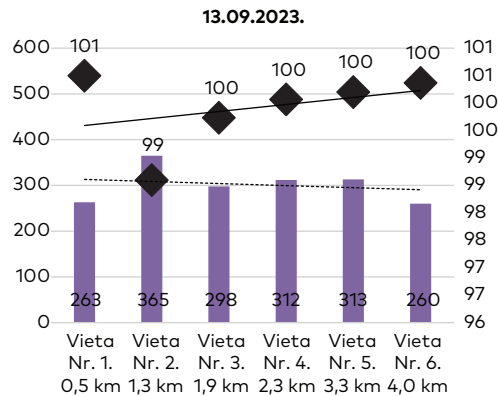
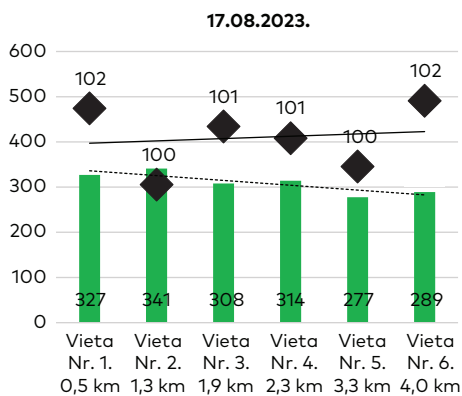
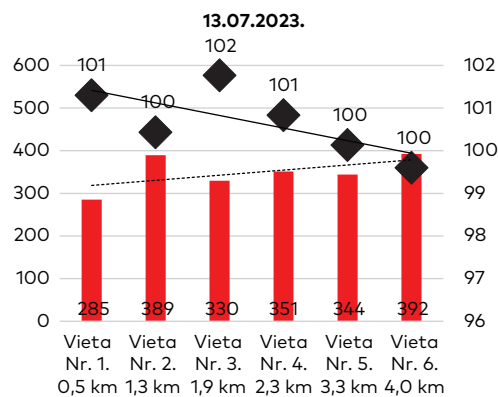
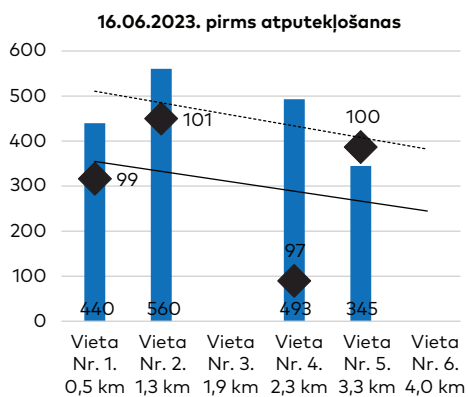
**3.62. attēls.** Meža ceļa Dzintari-Ābeles grants seguma nestspējas rādītāji.

Grants ceļa seguma sablīvējuma mērījumu rezultāti pārsvarā ir vienmērīgāki, ar mazāku izkliedi nekā nestspējas mērījumu rezultāti. Dažkārt vērojams, ka mazākas nestspējas gadījumā mazāks ir arī sablīvējums, bet pārāk izteikti tas nav (skat. 3.63., 3.64., 3.66. un 3.67. attēlu).

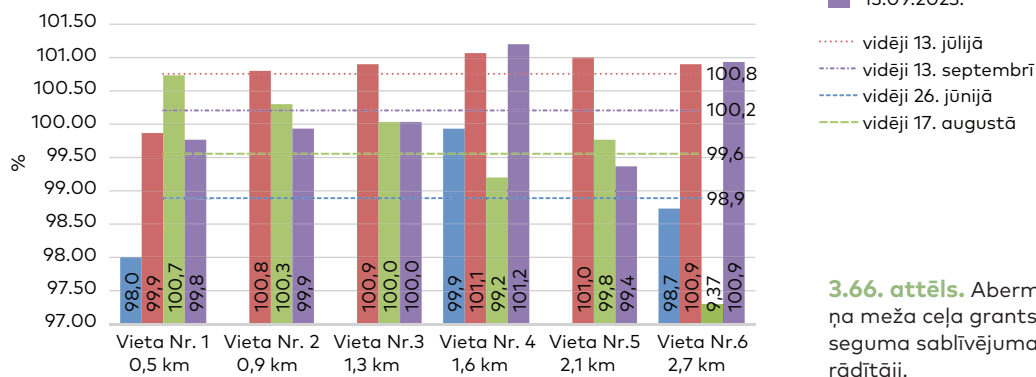
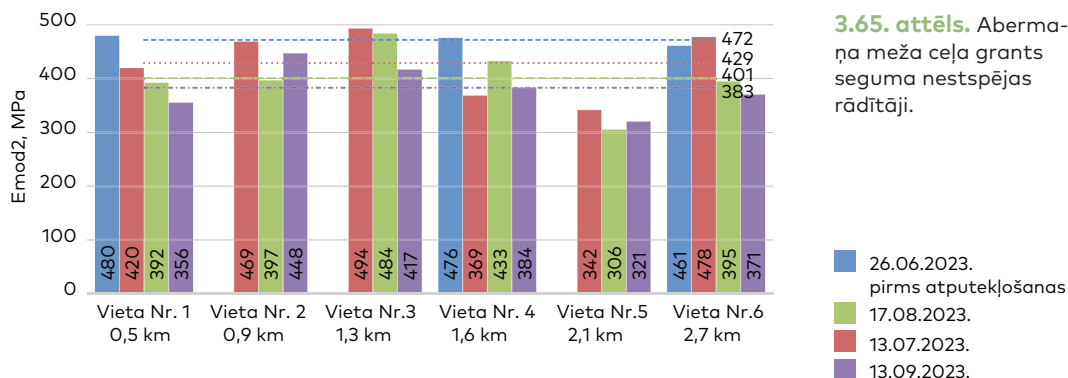


**3.63. attēls.** Meža ceļa Dzintari–Ābeles grants seguma sablīvējuma rādītāji.

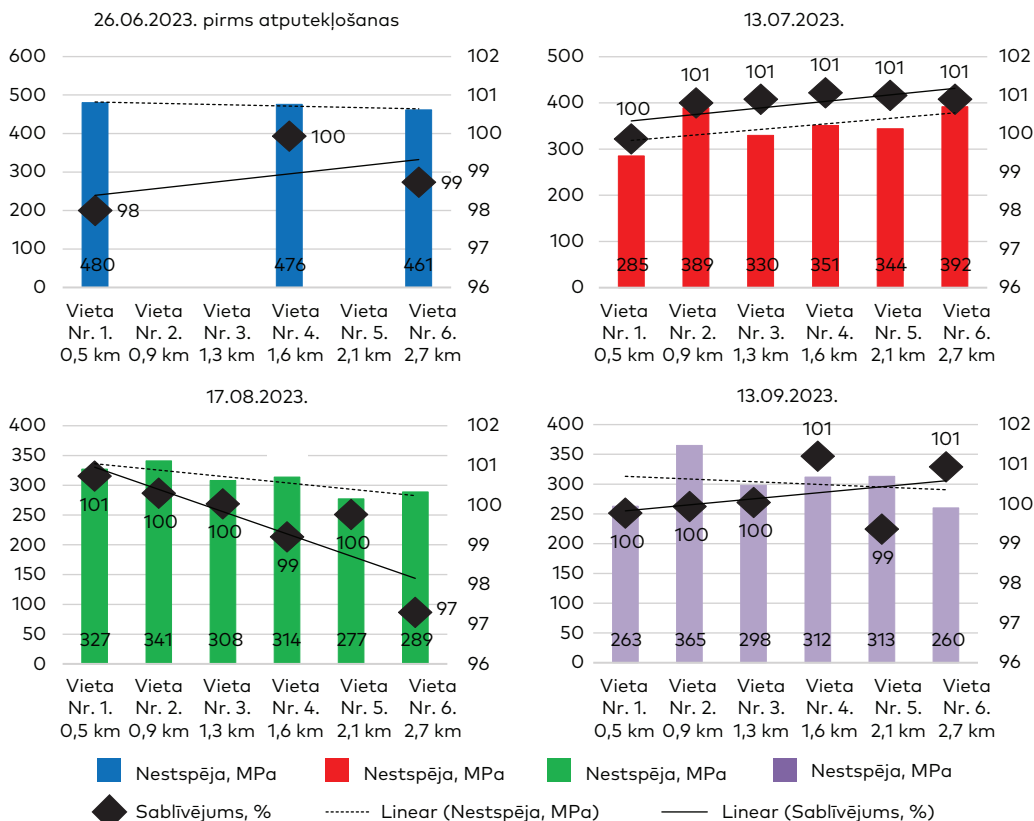
**3.64. attēls.** Meža ceļa Dzintari–Ābeles grants seguma nestspējas un sablīvējuma kopsakarības.



■ Nestspēja, MPa    ■ Nestspēja, MPa    ■ Nestspēja, MPa    ■ Nestspēja, MPa  
 ◆ Sablīvējums, %    ..... Linear (Nestspēja, MPa)    — Linear (Sablīvējums, %)



**3.66. attēls.** Abermaņa meža ceļa grants seguma sablīvējuma rādītāji.



**3.67. attēls.** Abermaņa meža ceļa grants seguma nestspējas un sablīvējuma kopsakarības.

### 3.7. Ietekmes uz vidi novērtējums

Pirmā monitoringa laikā veiktais ietekmes uz vidi novērtējums liecina, ka vides reakcija (pH) visu ceļa posmu paraugu ūdens ekstraktiem ir vāji sārmaina, robežās no 8,3 līdz 9,1, un nenozīmīgi samazinās no 9,1 ceļa neatputeķļotajā references posmā līdz 8,3 atputeķļotajos posmos. Hlorīdjonu daudzums meža ceļa Dzintari-Ābeles dažādu posmu paraugu ūdens ekstraktos mainās atkarībā no izmantotās  $\text{CaCl}_2$  devas un kopumā nepārsniedz 0,24 %. Vienlaikus toksisko un noturīgo, vidi piesārņojošo organisko vielu – poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) – koncentrācija (0,013 mg/kg) un polihlorēto bifenilu (PHB) koncentrācija (<0,002 mg/kg) atputeķļotajos ceļa posmos faktiski neatšķiras no references posma paraugos konstatētajām vērtībām un nepārsniedz Ministru kabineta noteikumu Nr. 804 "Noteikumi par augšnes un grunts kvalitātes normatīviem" prasības, kas attiecīgi ir 1 mg/kg (PAO) un 0,02 mg/kg (PHB).

**3.9. tabula.** Ietekmes uz vidi novērtējums 1. monitoringā 13.07.2023.

| Nosakāmais rādītājs                                         | Mērv.    | Parauga ņemšanas vieta    |                 |                              |                              |                                  |                 |
|-------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                                             |          | Meža ceļš Dzintari-Ābeles |                 |                              |                              |                                  |                 |
|                                                             |          | Ref.                      | LS dubultā deva | $\text{CaCl}_2$ dubultā deva | $\text{CaCl}_2$ parastā deva | $\text{CaCl}_2$ + LS kombinācija | LS parastā deva |
| Vides reakcija (pH) parauga $\text{H}_2\text{O}$ ekstraktam | pH vien. | 9,1                       | 8,8             | 8,4                          | 8,6                          | 8,4                              | 8,9             |
| Polihlorēto bifenilu (PHB) summa                            | mg/kg    | <0,002                    | <0,002          | -                            | -                            | <0,002                           | <0,002          |
| Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) summa                      | mg/kg    | 0,013                     | 0,013           | -                            | -                            | 0,013                            | 0,014           |
| Hlorīdioni, $^-\text{Cl}$                                   | %        | -                         | -               | 0,24                         | 0,10                         | 0,11                             | -               |

| Nosakāmais rādītājs                                         | Mērv.    | Parauga ņemšanas vieta |                 |                              |                              |                                  |                 |
|-------------------------------------------------------------|----------|------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                                             |          | Abermaņa meža ceļš     |                 |                              |                              |                                  |                 |
|                                                             |          | Ref.                   | LS dubultā deva | $\text{CaCl}_2$ dubultā deva | $\text{CaCl}_2$ parastā deva | $\text{CaCl}_2$ + LS kombinācija | LS parastā deva |
| Vides reakcija (pH) parauga $\text{H}_2\text{O}$ ekstraktam | pH vien. | 9,1                    | 8,8             | 8,3                          | 8,3                          | 8,4                              | 9,0             |
| Polihlorēto bifenilu (PHB) summa                            | mg/kg    | <0,002                 | <0,002          | -                            | -                            | <0,002                           | <0,002          |
| Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) summa                      | mg/kg    | 0,013                  | 0,012           | -                            | -                            | 0,013                            | 0,013           |
| Hlorīdioni, $^-\text{Cl}$                                   | %        | -                      | -               | 0,26                         | 0,21                         | 0,11                             | -               |

3.10. tabula. Ietekmes uz vidi novērtējums 2. monitoringā 17.08.2023.

| Nosakāmais rādītājs                                     | Mērv.    | Parauga ņemšanas vieta    |                 |                                |                                |                                    |                 |
|---------------------------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|
|                                                         |          | Meža ceļš Dzintari-Ābeles |                 |                                |                                |                                    |                 |
|                                                         |          | Ref.                      | LS dubultā deva | CaCl <sub>2</sub> dubultā deva | CaCl <sub>2</sub> parastā deva | CaCl <sub>2</sub> + LS kombinācija | LS parastā deva |
| Vides reakcija (pH) parauga H <sub>2</sub> O ekstraktam | pH vien. | 8,7                       | 8,8             | 8,2                            | 8,5                            | 8,2                                | 8,7             |
| Polihlorēto bifenilu (PHB) summa                        | mg/kg    | <0,002                    | <0,002          | -                              | -                              | <0,002                             | <0,002          |
| Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) summa                  | mg/kg    | 0,007                     | 0,004           | -                              | -                              | 0,003                              | 0,003           |
| Hlorīdjoni, -Cl                                         | %        | -                         | -               | 0,075                          | 0,036                          | 0,016                              | -               |

| Nosakāmais rādītājs                                     | Mērv.    | Parauga ņemšanas vieta |                 |                                |                                |                                    |                 |
|---------------------------------------------------------|----------|------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|
|                                                         |          | Abermaņa meža ceļš     |                 |                                |                                |                                    |                 |
|                                                         |          | Ref.                   | LS dubultā deva | CaCl <sub>2</sub> dubultā deva | CaCl <sub>2</sub> parastā deva | CaCl <sub>2</sub> + LS kombinācija | LS parastā deva |
| Vides reakcija (pH) parauga H <sub>2</sub> O ekstraktam | pH vien. | 8,6                    | 8,8             | 8,1                            | 8,4                            | 8,6                                | 8,7             |
| Polihlorēto bifenilu (PHB) summa                        | mg/kg    | <0,002                 | <0,002          | -                              | -                              | <0,002                             | <0,002          |
| Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) summa                  | mg/kg    | 0,012                  | 0,008           | -                              | -                              | 0,004                              | 0,003           |
| Hlorīdjoni, -Cl                                         | %        | -                      | -               | 0,21                           | 0,029                          | 0,018                              | -               |

# 4. nodaļa

---

## SECINĀJUMI



1. Pirmajā monitoringā (13.07.2023.) veiktie mērījumi rāda, ka Abermaņa meža ceļa atputeķļošanas rezultāti ir ievērojami labāki nekā Dzintari-Ābeles meža ceļam. Tas varētu būt saistīts ar atputeķļošanas darbu vēlāku veikšanu uz Abermaņa meža ceļa (piemērotāki laikapstākļi), kā arī atbilstošāku autocisternu un smidzinātāju izvēli, kas balstījās uz iepriekš gūto pieredzi, veicot Dzintari-Ābeles meža ceļa atputeķļošanu.
2. Ar lignosulfonātu apstrādātajos ceļa posmos salīdzinājumā ar neatputeķļoto references posmu vērojams būtisks atputeķļošanas efekts, tomēr tas ir nedaudz mazāks nekā ceļa posmos, kuri apstrādāti ar tradicionālo  $\text{CaCl}_2$ .
3. Lignosulfonāta iestrādes procesam nav vajadzīga speciāla tehnika, tā jau pieejama Latvijas ceļu apsaimniekošanas un uzturēšanas uzņēmumiem.
4. Tā kā lignosulfonāts viegli šķīst ūdenī, tā sūknēšanai un iestrādei lietojamā tehnika ir viegli kopjama ar ūdeni.
5. Pirmā monitoringa laikā no abiem meža ceļiem paņemto paraugu ūdens ekstrakti neuzrādīja būtisku lignosulfonāta izskalošanos no ceļa seguma salīdzinājumā ar paraugiem, kas paņemti uzreiz pēc lignosulfonāta iestrādes.
6. Lignosulfonāta koncentrāta atšķaidīšana un iepildīšana autocisternā ir līdz pat divām reizēm laikietilpīgāks process salīdzinājumā ar  $\text{CaCl}_2$  iebēršanu sāls kaisītājā.
7. Lignosulfonāta iestrāde ceļa segumā salīdzinājumā ar  $\text{CaCl}_2$  iestrādi aizņem līdz pat divām reizēm ilgāku laiku.
8. 2. monitoringā (17.08.2023.) veiktie mērījumi, līdzīgi kā 1. monitoringā, rāda, ka Abermaņa meža ceļa atputeķļošanas rezultāti ir ievērojami labāki nekā Dzintari-Ābeles meža ceļam, kur ceļa posmos, kas atputeķļoti ar lignosulfonāta standarta un dubulto devu, vairs nav vērojams puteķļu veidošanās daudzuma samazinājums salīdzinājumā ar ceļa neatputeķļoto references posmu, šiem posmiem atputeķļošanas efekts jau zudis.
9. 2. monitoringa rezultāti liecina, ka abu eksperimentālo ceļu posmos, kas atputeķļoti ar  $\text{CaCl}_2$  standarta un dubultā koncentrācijā, kā arī ar  $\text{CaCl}_2$  kombinācijā ar lignosulfonātu, atputeķļošanas efektivitāte ir ievērojami labāka nekā posmos, kas atputeķļoti tikai ar lignosulfonātu standarta un dubultā koncentrācijā.
10. Trīs mēnešu novērošanas periodā no atputeķļošanas līdzekļu iestrādes brīža 19.06.2023. līdz 3. monitoringam 13.09.2023. meža ceļā Dzintari-Ābeles vismazākais puteķļu daļiņu daudzums, kā arī vismazākā puteķļu daudzuma palielinājuma dinamika un atputeķļošanas efektivitāte saglabājās ceļa posmos, kas atputeķļoti ar  $\text{CaCl}_2$ .
11. Paātrināts lignosulfonāta atputeķļošanas efektivitātes zudums meža ceļā Dzintari-Ābeles saistīts ar stiprām lietusgāzēm īsā laikā pēc lignosulfonāta iestrādes, jo tas

- viegli šķīst ūdenī un lielāku atputeķļošanas efektivitāti nodrošina, ja laikapstākļi ilgstoši saglabājas sausi.
12. Divarpus mēnešus ilgajā novērošanas periodā no atputeķļošanas līdzekļu iestrādes brīža 29.06.2023. līdz 3. monitoringam 13.09.2023. Abermaņa meža ceļā, līdzīgi kā Dzintari-Ābeles meža ceļā, vismazākais puteķļu daudzums, kā arī vismazākā tā palielinājuma dinamika un atputeķļošanas efektivitāte visilgstošāk saglabājās ceļa posmos, kas atputeķļoti ar  $\text{CaCl}_2$ .
  13. Lignosulfonāts parastā un dubultā koncentrācijā Abermaņa meža ceļā atputeķļošanas efektivitāti saglabāja 50 dienas, t. i., no iestrādes brīža 29.06.2023. līdz 2. monitoringam 17.08.2023., kad, ja braukšanas ātrums bija 70 km/h, puteķļu vidējais daudzums gaisā bija attiecīgi 2,460 mg/m<sup>3</sup> un 1,888 mg/m<sup>3</sup>, kas ir vismaz trīs reizes labāks rezultāts nekā Dzintari-Ābeles meža ceļā.
  14. Saskaņā ar veikto monitoringu datiem laika gaitā notiek pakāpeniska lignosulfonāta izskalošanās, kuras rezultātā atputeķļošanas efekts samazinās. Lignosulfonāta klātbūtni ceļa seguma virsējā slānī ietekmē arī greiderēšana, kuras dēļ var samazināties tā koncentrācija un līdz ar to veiktās atputeķļošanas efektivitāte.
  15. Saskaņā ar monitoringu datiem laika gaitā novērojama pakāpeniska hlorīdjonu migrācija gruntī, kuras rezultātā to koncentrācija ceļa segumā samazinās. Abu ceļu atputeķļotajos posmos toksisko, vidi piesārņojošo organisko vielu PAO un PHB koncentrācija faktiski neatšķiras no to references posmos konstatētās koncentrācijas un nepārsniedz Ministru kabineta noteikumu Nr. 804 "Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem" prasības.

# 5. nodaļa

---

## IETEIKUMI

1. Atputeķļošanas darbi, lietojot jebkuru atputeķļošanas līdzekli, jāplāno dienās, kad nav paredzams (prognozēts) lietus.
2. Autocisternas izsmidzināšanas sprauslas jāneregulē tā, lai nodrošinātu lignosulfonāta šķīduma izsmidzināšanas apjomu vienā piegājienā,  $0,5-0,75 \text{ l/m}^2$ .
3. Ieteicams lietot izsmidzināšanas siju ar vairākām izsmidzināšanas sprauslām, kuras vērstas uz leju; to ieteicamais augstums –  $0,5-1,0 \text{ m}$  virs ceļa seguma virsmas.



4. Lignosulfonāta iestrādes laikā, kamēr tas iesūcas ceļa segumā, ieteicams ierobežot satiksmes kustību.
5. Lai varētu izsekot un pārbaudīt izlietotā materiāla daudzumu konkrētajā vietā/adresē, tehnikas vienībām vajadzētu būt aprīkotām ar globālās pozicionēšanas sistēmas (GPS) izsekošanas ierīcēm un materiāla izlietošanas uzskaites sistēmu, kā arī tehnikas vienībām jābūt kalibrētām.

# 6. nodaļa

---

## LITERATŪRA

1. <https://www.lvm.lv/petijumi-un-publicijas/meza-autocelu-atputeklosana-2021-gads>.
2. AS "Latvijas valsts meži" Meža autoceļu būvdarbu specififikācijas 2023. Apstiprinātas ar AS "Latvijas valsts meži" Mežsaimniecība. Meža infrastruktūras izpilddirektora 24.01.2023. rīkojumu Nr. 3.1-2\_000d\_230\_23\_4.