
Klimata pārmaiņu ietekme uz autoceļu infrastruktūras ilgtspēju

PĒTĪJUMA NOSLĒGUMA ATSKAITE



RĪGA,
2024–2025

Klimata pārmaiņu ietekme uz autoceļu infrastruktūras ilgtspēju. Projekta noslēguma atskaite. Aut. kol. V. Haritonova vadībā. – Rīga: RTU Izdevniecība, 2026. 259 lpp.

Pētījuma, kura autori ir asociētais profesors *Dr. sc. ing.* Viktors Haritonovs, profesors *Dr. sc. ing.* Remo Merijs-Meri, vadošais pētnieks *Dr. sc. ing.* Jānis Zicāns, docents *Dr. sc. ing.* Verners Straupe, docente *Dr. sc. ing.* Ilze Paeglīte, profesors *Dr. oec.* Valērijs Skribans (visi RTU), *Mg. sc. ing.* Aigars Strežs (SIA "Ceļu eksperts"), *Ph. D.* Ivars Pavasars, *Ph. D.* Viktorija Terjanika (abi SIA "Vides Eksperti"), mērķis ir izvērtēt valsts autoceļu tīkla infrastruktūras noturību (izturētspēju, angļu val. – *resilience*) mainīgos klimata apstākļos, kā arī risinājumus, lai pielāgotos klimata pārmaiņām, un iespējas kā samazināt valsts autoceļu apsaimniekošanas laikā radīto ietekmi uz klimatu un vidi. Tajā ir 12 nodaļas, kurās dots transporta sistēmu nozīmīguma pamatojums ES ekosistēmā, uzskaitīti nozīmīgākie klimata pārmaiņu rādītāji un to potenciālā ietekme uz Latvijas autoceļiem, aprakstīta pētījuma metodoloģija par vēsturisko Latvijas klimatisko datu iegūšanu un analīzi, apkopota ārvalstu pieredze un Latvijas klimata pārmaiņu novērtējums par pēdējiem 60 gadiem, aprakstītas klimata pārmaiņu prognozes un apzināti klimatiskie parametri, kas var ietekmēt autoceļus un tiltus Latvijā, kā arī apkopoti tiltu ekspertu aptaujas rezultāti par klimata parametru potenciālo ietekmi uz tiltiem un sniegti ieteikumi normatīvo aktu, standartu, specifikāciju un citu nozares dokumentu pilnveidošanai.

Atbildīgais par izdevumu Viktors Haritonovs
Redaktore Rūta Lapsa
Maketētājs Eduards Lapsa

Klimata pārmaiņu ietekme uz autoceļu infrastruktūras ilgtspēju

Izpildītājs



Rīgas Tehniskā universitāte

Juridiskā adrese
Reģistrācijas numurs
Tālrunis
E-pasts
Darba vadītājs

Piegādātāju apvienība

Ķīpsalas iela 6A, Rīga, LV-1048
90000068977
+37167089333
rtu@rtu.lv
assoc. prof., vadošais pētnieks
Dr. sc. ing. Viktors Haritonovs



SIA "Ceļu eksperts"

Juridiskā adrese
Reģistrācijas numurs
Tālrunis
E-pasts

Aveņu iela 1, Ogres nov., Ikšķile,
LV-5052
40003876635
+37127885324
celueksperts@celueksperts.lv



SIA "Vides eksperti"

Juridiskā adrese
Reģistrācijas numurs
Tālrunis
E-pasts

Ganību dambis 24D, Rīga, LV-1005
40003820612
+37129429109
birojs@videseksperti.lv



Pasūtītājs

Reģistrācijas numurs
Juridiskā adrese
Līguma Nr.
Stadija

VSIA "Latvijas Valsts ceļi"

40003344207
Emīlijas Benjamiņas iela 3, Rīga,
LV-1051
LVC2023/1.8/AC/542
Pētījuma noslēguma atskaite

Saturs

Termini un saīsinājumi	8
Termini.....	9
Saīsinājumi	11
Kopsavilkums	12
Summary	14
Ievads	16
1. Metodoloģija	19
1.1. Latvijas klimata datu analīze	20
1.2. Ārvalstu un Latvijas pieredzes analīze adaptācijai klimata pārmaiņām.....	23
1.3. Latvijas klimatisko datu un klimata pārmaiņu scenāriji	23
1.4. Ievainojamības/noturības analīzes metodoloģija un ekspertu aptauja	25
2. Pašreizējā klimata novērtējums	27
2.1. Temperatūra	28
2.1.1. Vidējā gaisa temperatūra.....	28
2.1.2. Gaisa temperatūras ekstrēmi.....	30
2.1.3. Temperatūras izmaiņu ātrums	36
2.1.4. Grunts sasaluma temperatūra	41
2.2. Nokrišņi.....	46
2.2.1. Vidējais nokrišņu daudzums.....	46
2.2.2. Nokrišņu ekstrēmi.....	48
2.2.3. Plūdi.....	50
2.3. Vējš.....	55
2.3.1. Vidējais vēja ātrums	55
2.3.2. Ekstremāls vējš.....	57

2.4. Pašreizējā klimata novērtējums būvniecības normatīvu kontekstā.....	60
2.4.1. Meteoroloģiskie parametri būvniecības regulējumā	60
2.4.2. Gaisa temperatūras ekstremālās vērtības	61
2.4.3. Vēja ātrums	63
2.5. Kopsavilkums par Latvijas klimata pārmaiņām un esošo būvniecības normatīvu regulējumu	63
3. Ārvalstu un Latvijas pieredzes apkopojums	65
3.1. Apvienoto Nāciju Organizācijas pasūtītie pētījumi.....	66
3.2. Eiropas Komisijas iniciatīvas	67
3.3. Eiropas ceļu administrāciju konferences iniciatīvas.....	69
3.4. Pasauls ceļu asociācijas materiāli.....	74
3.5. Citi nozīmīgākie ārvalstu pētījumi.....	89
3.6. Galvenās jaunākās aktivitātes par pielāgošanos klimata pārmaiņām Latvijā	91
3.7. “Rail Baltic” pieredze	95
4. Klimata pārmaiņu prognozes un galvenie ceļu un tiltu infrastruktūru ietekmējošie klimatiskie faktori.....	96
4.1. Latvijas klimata pārmaiņu prognoze līdz 2100. gadam.....	97
4.1.1. Temperatūra.....	97
4.1.2. Nokrišņi.....	101
4.2. LVĢMC prognozes par būves ietekmējošo meteoroloģisko parametru izmaiņām	101
4.2.1. Izmantotās prognozes.....	101
4.2.2. Konstrukciju aprēķinos lietojamās temperatūras izmaiņu prognozes	101
4.2.3. Ziemas perioda garuma izmaiņu prognoze	102
4.2.4. Veģetācijas perioda izmaiņu prognoze	104
4.2.5. Intensīvu nokrišņu izmaiņu prognoze.....	105
4.2.6. Vēja ātruma izmaiņu prognoze.....	106
4.3. Klimata pārmaiņu kopsavilkums.....	107
5. Tiltu konstrukcijas ietekmējošie klimatiskie faktori	108
5.1. Gaisa temperatūras ekstremālo vērtību amplitūdas ietekme.....	109
5.1.1. Gaisa temperatūras ietekmētie tiltu elementi.....	109
5.1.2. Termiskās ietekmes aprēķina metodika.....	109
5.1.3. Temperatūras nākotnes izmaiņu ietekme uz tiltiem	112

5.2. Ziemas perioda garuma ietekme	114
5.3. Veģetācijas perioda izmaiņu ietekme.....	115
5.4. Nokrišņu daudzuma izmaiņu ietekme.....	116
5.5. Vēja brāzmu ātruma izmaiņu ietekme	116
5.6. Tiltu jutīguma uz klimata pārmaiņām analīze.....	117
5.7. Kopsavilkums par klimata pārmaiņu ietekmes uz tiltiem kvantitatīvo novērtējumu.....	122
5.8. Tiltu elementu ievainojamības analīze	124
6. Autoceļus ietekmējošie klimatiskie faktori	131
6.1. Autoceļu jutīguma analīze	132
6.2. Autoceļu ievainojamības analīze	142
6.2.1. Augsta gaisa temperatūra (vasara).....	143
6.2.2. Temperatūras svārstības ap 0 °C (ziema), t. sk. intensīvs apledojums.....	145
6.2.3. Intensīvi nokrišņi (intensīvs lietus, intensīva snigšana, krusa)	149
6.2.4. Jūras līmeņa paaugstināšanās, krastu erozija	153
6.2.5. Vētras, negaisi	155
7. Ieteikumi.....	157
7.1. Ieteikumi klimata datu iekļaušanai aktīvu pārvaldības sistēmā.....	158
7.2. Normatīvo aktu analīze un ieteikumi nozares dokumentu uzlabošanai un pilnveidošanai	160
7.2.1. Starptautiskie normatīvie dokumenti	160
7.2.2. Nacionālie tiesību akti (likumi, MK noteikumi).....	160
7.2.3. Stratēģijas, informatīvi ziņojumi, metodiskie ieteikumi	163
7.2.4. Standarti, specifikācijas un citi nozares dokumenti	166
7.3. Ieteikumi normatīvo aktu, standartu, specifikāciju un citu nozares dokumentu pilnveidošanai	168
7.4. Ieteikumi infrastruktūras adaptācijai	170
7.4.1. Ieteikumi par Latvijas valsts autoceļu tīklā veicamajiem pasākumiem līdz 2030. gadam.....	174
7.4.2. Ieteikumi būvju noturības nodrošināšanai	175
7.4.3. Ieteikumi SEG emisiju samazināšanai būvniecības procesā.....	176

7.4.3.1. Vispārīgi par SEG emisiju ierobežojumiem Latvijā	176
7.4.3.2. Ieteikumi SEG emisiju samazināšanai ceļu būvniecībā.....	177
7.4.4. Klimata pārmaiņu izvērtēšana Latvijas autoceļu attīstības plānošanas un īstenošanas procesā.....	179
7.4.5. Ieteikumi LVC procesu uzlabošanai.....	179
7.4.5.1. Zaļo publisko iepirkumu (ZPI) ieviešana.....	180
7.4.5.2. Emisiju monitorings	180
7.4.5.3. Ilgtspējīgu procesu integrēšana būvniecības plānošanā.....	181
7.4.5.4. Iekšējās un ārējās komunikācijas uzlabošana.....	181
7.4.5.5. Efektīvas atjaunošanas un uzturēšanas stratēģijas.....	181
7.4.5.6. Ilgtspējīgu tehnoloģiju ieviešana un inovācijas atbalsts.....	182
7.4.5.7. Ilgtspējīgu transporta politiku izstrāde un ieviešana.....	182
7.4.5.8. Budžeta pārskatīšana un finansēšanas prioritātes.....	182
7.4.5.9. Atbalsts un apmācība nozares darbiniekiem	183
7.4.5.10. Mērķu un rezultātu novērtēšana un uzraudzība.....	183
8. Secinājumi	184
9. Literatūras saraksts	188
10. Pielikumi	194
10.1. Pasūtītāja darba uzdevums	195
10.2. Pielikums. Tiltus ietekmējošo klimatisko parametru izmaiņu prognozes aprēķins atbilstoši SSP scenārijiem	199
10.3. Vidējās gada ΔT salīdzinājums	209
10.4. Grunts sasaluma aprēķinu dati.....	209
10.5. Vētrainso dienu skaits	211
10.6. Eiropas ceļu administrāciju konferences aptaujas jautājumi un dažādu valstu pārstāvju atbilžu apkopojums	212
10.7. Pētījuma “CEDR – <i>Adaptation to climate change, January 2012</i> ” klimata pārmaiņu datu apkopojums par Zviedriju un Somiju [21]	218
10.8. Aptauja par klimata pārmaiņu ietekmi uz tiltu konstrukciju drošību un ilgmūžību	220
Intensīvu nokrišņu izmaiņas.....	223
Gaisa temperatūras izmaiņas.....	227

Ziemas perioda izmaiņas.....	230
Veģetācijas perioda izmaiņas.....	231
Vēja ātruma izmaiņas.....	232
Relatīvā mitruma izmaiņas	234
Riska novērtējums pēc aptaujas rezultātiem	237
10.9. Aptauja par klimata pārmaiņu ietekmi uz autoceļu konstrukciju drošību un ilgmūžību	238
Augstas gaisa temperatūras izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):.....	239
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildu skaidrojumi par sadaļu "A" 3 atbildes	240
Temperatūras svārstības ap 0 °C (ziemā) izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):.....	241
Intensīva apledošana izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):	242
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "C" 3 atbildes.....	243
Intensīvu nokrišņu izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):	244
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "D" 2 atbildes.....	245
Plūdu upēs izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):	246
Jūras līmeņa paaugstināšanās iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):	247
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "F" 4 atbildes.....	247
Vētru izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):	248
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "G" 3 atbildes	249
Bedrīšu remonta darbu korelācija ar klimata parametriem.....	250
Bedrīšu veidošanos veicinošie galvenie iemesli:.....	250

Termini un saīsinājumi

Termini

Atgriešanās periods	laika intervāls starp noteikta lieluma dabas apdraudējumiem
Atgriešanās līmenis	atgriešanās iespējamība ārkārtējam notikumam, piemēram, kāda maksimālā gaisa temperatūra noteiktā vietā atkārtosies reizi 10 gados
Auksta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir robežās no -5 līdz -18 °C
Auksto dienu īpatsvars	auksto dienu skaits noteiktā laika periodā
Aukstuma vilnis	laika periods, kad vismaz piecas dienas pēc kārtas temperatūra saglabājas vismaz -10 °C (šis periods ir autoru pieņemts, balstoties pēdējā laika tendencē, kad, temperatūrai paaugstinoties, ilgstoša aukstuma periodi saīsinās)
Brāzmaina diena	diennakts, kurā vēja ātrums ir robežās no 15 līdz 20 m/s
Diena bez atkušņa	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir zemāka par 0 °C
Ekstremāli auksta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir zemāka par -25 °C
Ekstremāli karsta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir ≥ 31 °C
Ekstremāli lietaina diena	diennakts, kurā nokrišņu daudzums ≥ 20 mm
Ekstremāli stiprs vējš	vējš, kura ātrums ≥ 20 m/s
Īpaši auksta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir no -18 līdz -25 °C
Ēnas gaisa temperatūra	temperatūra, kas mērita balti krāsotā kastē ar žalūzijām (t.s. "Stīvensona ekrāns"). Latvijas praksē un arī šajā pētījumā šī temperatūra tiek uzskatīta identiska būvnormatīvā LBN 003 lietotajam terminam "gaisa temperatūra"
Īpaši karsta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir robežās no 25 līdz 31 °C
Īpaši lietaina diena	diennakts, kurā nokrišņu daudzums ≥ 10 mm
Karsta diena	diennakts, kurā gaisa temperatūra ir robežās no 18 līdz 25 °C
Karsto dienu īpatsvars	karsto dienu skaits noteiktā laika periodā
Karstuma vilnis	karstuma vilnis ir tad, ja vismaz piecas dienas pēc kārtas gaisa vidējā temperatūra turas virs 20 °C (šis periods ir autoru pieņemts, balstoties uz pēdējā laika novērojumiem, kas liecina par gaisa temperatūras paaugstināšanos)
Klimatiskais references periods	laika periods no 1961. gada 1. janvāra līdz 1990. gada 31. decembrim

Lietaina diena	diennakts, kurā nokrišņu daudzums ≥ 1 mm
Maksimālais vienas dienas nokrišņu daudzums	gada laikā novērotais maksimālais vienas diennakts nokrišņu daudzums.
Maksimālās vēja brāzmas	gada laikā novērotā maksimālā vēja brāzmas vērtība, m/s
Sala dienu skaits	diennakšu skaits gadā, kad maksimālā gaisa temperatūra nepārsniedz $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatūras svārstības ap $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	temperatūras svārstības ap $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ vērtību parāda, cik reizes gadā temperatūra šķērso $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ robežu
Tropiskā nakts	nakts, kurā minimālā gaisa temperatūra $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Vasaras diena	dienu skaits, kad maksimālā diennakts temperatūra ir augstāka par $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Veģetācijas periods	gada dienu skaits starp laika posmiem, kad pirmo un pēdējo reizi diennakts vidējā temperatūra $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vismaz sešas dienas pēc kārtas
Vētraina diena	diena, kad diennakts vidējais vēja ātrums $\geq 10,8$ m/s

Saīsinājumi

AADTj	Pievestā gada vidējā diennaksts satiksmes intensitāte
ABS	Autoceļu būvdarbu specifikācijas
ATD	Autotransporta direkcija
CEDR	<i>Conference of European Directors of Roads</i> (angļu val.) – Eiropas ceļu administrācijas konference
ES	Eiropas Savienība
ETS	Emisijas kvotu tirdzniecības sistēma
GOS	Gaistošie organiskie savienojumi
IAM	Ilgtspējīgas attīstības mērķi
IPCC	<i>The Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (angļu val.) – Klimata pārmaiņu starpvaldību padome
JEB	Jaunais Eiropas “ <i>Bauhaus</i> ”
LVC	Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību “Latvijas Valsts ceļi”
LVĢMC	Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību “Latvijas Vides Ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”
NAP	Nacionālais attīstības plāns
NOx	Slāpekļa oksīdi
NP	Nacionālais pielikums
PIARC	<i>Permanent International Association of Road Congresses (World Road Association)</i> (angļu val.) – Pasauls ceļu asociācija
PM2.5	Mazāku par 2.5 μkm daļiņu koncentrācija gaisā
PM10	Mazāku par 10 μkm daļiņu koncentrācija gaisā
PPP	Privātā un publiskā partnerība
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i> (angļu val.) – raksturīgo koncentrāciju scenārijs
SEG	Siltumnīcefekta gāzes
SM	Satiksmes ministrija
SO₂	Sēra dioksīds
SSP	<i>Shared Socioeconomic Pathways</i> (angļu val.) – kopējais sociālekonomiskais scenārijs
VARAM	Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija / Viedās administrācijas un reģionālās attīstības ministrija
ΔT	Temperatūras starpība
TEN-T	<i>Trans-European Transport Network</i> (angļu val.) – Eiropas transporta tīkls

Kopsavilkums

Pētījuma mērķis bija izvērtēt valsts autoceļu tīkla infrastruktūras noturību jeb izturētspēju (angļu val. – *resilience*) mainīgos klimatiskajos apstākļos, kā arī risinājumus, kā pielāgoties klimata pārmaiņām, un iespējas, kā samazināt valsts autoceļu apsaimniekošanā radīto ietekmi uz klimatu un vidi.

Pētījumā iekļautas **7 nodaļas, 9 pielikumi, secinājumi, izmantotās literatūras saraksts, kā arī saīsinājumu un terminu skaidrojums.**

Pētījuma **ievadā** sniegts transporta sistēmu nozīmīguma pamatojums ES ekosistēmā, uzskaitīti svarīgākie klimata pārmaiņu rādītāji un to potenciālā ietekme uz Latvijas autoceļiem, dots šī pētījuma nepieciešamības pamatojums, kā arī definēts pētījuma mērķis, īsi aprakstīta pētījuma izpildītāju komandas kompetence un konspektīvi aprakstīts pētījuma saturs.

1. nodaļā apskatīta pētījumā izmantotā metodoloģija gan vēsturisko Latvijas klimatisko datu iegūšanā un analizē, gan ārvalstu pieredzes apkopošanā, pielāgojot ceļu un tiltu infrastruktūru klimata pārmaiņām, klimata pārmaiņu prognozēšanā izmantotajām pieejām (*RCP* un *SSP*), ietverot arī autoceļu un tiltu jutīguma un ievainojamības analīzi, kā arī aptaujas izstrādi ceļu un tiltu ekspertiem.

2. nodaļā izklāstīts Latvijas klimata pārmaiņu novērtējums par pēdējiem 60 gadiem, īpašu uzmanību pievēršot autoceļu infrastruktūru ietekmējošiem klimatiskajiem parametriem.

3. nodaļā apskatīta aktuālo literatūras avotu analīze, īpašu uzmanību pievēršot specializētajiem Pasaules ceļu asociācijas Pasaules ceļu asociācijas (*PIARC*) un Eiropas ceļu administrācijas konferences (*CEDR*) ziņojumiem.

4. nodaļā izklāstītas klimata pārmaiņu prognozes un galvenie ceļu un tiltu infrastruktūru ietekmējošie klimatiskie faktori.

5. nodaļā raksturoti tie klimatiskie parametri, kuri var ietekmēt Latvijas tiltus un veikta tiltu un tiltu elementu jutīguma un ievainojamības analīze. Vienlaikus šajā nodaļā apkopoti arī tiltu ekspertu aptaujas rezultāti par klimata parametru potenciālo ietekmi uz tiltiem.

6. nodaļā apzināti klimatiskie parametri, kuri var ietekmēt Latvijas autoceļus un veikta autoceļu jutīguma un ievainojamības analīze. Vienlaikus šeit apkopoti arī autoceļu ekspertu aptaujas rezultāti par klimata parametru potenciālo ietekmi uz ceļiem.

7. nodaļā sniegti ieteikumi normatīvo aktu, standartu, specifikāciju un citu nozares dokumentu pilnveidošanai.

Gala atskaites noslēgumā seko pētījumā iegūtie galvenie **secinājumi**, izmantoto informācijas avotu saraksts, kā arī **pielikumi**, kuros iekļauti papilddati par pilnu pasūtītāja darba uzdevumu, autoceļu un tiltu infrastruktūru Latvijā, vēsturisko gada vidējās temperatūras izmaiņu ΔT salīdzinājums analizētajā laika periodā, grunts sasaluma temperatūras aprēķina dati, vētraiņu dienu skaita vēsturiskie dati, korelatīvā analīze par bedrīšu remontdarbiem ar klimata parametriem, tiltus ietekmējošo klimatisko parametru izmaiņu prognozes aprēķina dati atbilstoši *SSP* scenārijiem no visām Latvijas meteoroloģiskajām stacijām un pilni aptaujas dati par klimata pārmaiņu ietekmi uz autoceļu un tiltu konstrukciju drošību un ilgmūžību.

Summary

The aim of the study was to assess the resilience of the national road network infrastructure under changing climatic conditions, as well as to evaluate solutions for adapting to climate change and opportunities to reduce the impact of national road management on the climate and the environment.

The study consists of **seven chapters, eight appendices, conclusions, a list of references, and a glossary of abbreviations and terms.**

The **introduction** substantiates the importance of transport systems within the EU ecosystem, lists the key indicators of climate change and their potential impact on Latvia's road network, provides the rationale for the necessity of this study, defines the study objective, briefly describes the competence of the project team, and concisely outlines the content of the study.

Chapter 1 presents the methodology used in the study, including the acquisition and analysis of historical climate data for Latvia, the review of international experience in adapting road and bridge infrastructure to climate change, the approaches used for climate change projections (RCP and SSP), as well as the sensitivity and vulnerability analysis of roads and bridges and the development of surveys for road and bridge experts.

Chapter 2 outlines an assessment of climate change in Latvia over the past 60 years, with particular attention paid to climatic parameters affecting road infrastructure.

Chapter 3 reviews the analysis of relevant literature sources, with special emphasis on specialized PIARC and CEDR reports.

Chapter 4 presents climate change projections and the main climatic factors affecting road and bridge infrastructure.

Chapter 5 characterizes the climatic parameters that may affect bridges in Latvia and presents an analysis of the sensitivity and vulnerability of bridges and bridge elements. This chapter also summarizes the results of a survey of bridge experts on the potential impact of climatic parameters on bridges.

Chapter 6 identifies the climatic parameters that may affect Latvia's roads and presents an analysis of road sensitivity and vulnerability. It also summarizes the results of a survey of road experts on the potential impact of climatic parameters on roads.

Chapter 7 provides recommendations for improving regulatory acts, standards, specifications, and other sector-related documents.

The final section of the report presents the main **conclusions** of the study, the list of information sources used, and **appendices** containing additional data, including the full client terms of reference, information on road and bridge infrastructure in Latvia, a comparison of historical changes in average annual temperature (ΔT) over the analyzed period, soil freezing temperature calculation data, historical data on the number of stormy days, correlation analysis between pothole repair works and climatic parameters, calculation data for projected changes in climatic parameters affecting bridges according to SSP scenarios from all Latvian meteorological stations, and complete survey data on the impact of climate change on the safety and durability of road and bridge structures.

levads

Transporta sistēmas ir svarīgs valsts ekonomikas pamats, jo tās savieno ražotājus ar piegādes ķēdēm, patērētājus ar produktiem, veicina tūrismu, kā arī savieno cilvēkus ar darbu, mājām un kopienām gan pilsētās, gan laukos. Tomēr mūsdienu mainīgais klimats mazina transporta nozares spēju darboties uzticami, droši un efektīvi. Temperatūras paaugstināšanās, karstuma viļņi, sasalšanas un atkuššanas cikli, spēcīgie nokrišņi, vētras un citas ekstremālas klimatiskās parādības nepašaubāmi ietekmē transporta sistēmu ilgtspēju, tāpēc tās nodrošināšanā būtiski elementi ir ceļu infrastruktūras plānošana, projektēšana, būvniecība, uzturēšana un ekspluatācija.

Ievērojot klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu tīklu, Latvijā jau tuvākajā nākotnē var kļūt aktuāli šādi mijiedarbības faktori:

- paaugstināta temperatūra un karstuma periodi vasarās, kas var radīt asfalta seguma plastiskās deformācijas jeb rises;
- intensīvas lietavas vai liels sniega daudzums, kas var palielināt plūdu risku esošo ūdens novadsistēmu nepietiekamas uztveršanas spējas dēļ, kā arī pastiprināt eroziju un līdz ar to izraisot ceļu un tiltu elementu kalpošanas laika samazināšanos;
- jūras līmeņa celšanās, kas var ietekmēt piekrastes stabilitāti.

Viss iepriekš minētais liecina, ka ir nepieciešams nacionālas nozīmes pielāgošanās plāns klimata pārmaiņām transporta infrastruktūrai, lai laikus varētu ieviest izmaiņas normatīvajos dokumentos, standartos, tehniskajos risinājumos, darbu un resursu plānošanā, kā arī spētu analizēt un prognozēt klimata pārmaiņu radīto ietekmi un būtu gatavi efektīvai rīcībai ārkārtas situācijās. Diemžēl Latvijā šāds detalizēts plāns vēl nav izstrādāts, tāpēc tiek kavēta pielāgošanās spēja ne tikai nacionālajā mērogā, bet arī ES līmenī, jo daļa Latvijas valsts autoceļu ietilpst Eiropas transporta tīklā (TEN-T).

Ievērojot šos aspektus, LVC kā valsts atbildīgajai institūcijai ir nepieciešams jau savlaicīgi izvērtēt riskus, kas var rasties klimata pārmaiņu rezultātā. Tas dos iespēju savlaicīgi pielāgot Latvijas transporta infrastruktūru klimata pārmaiņām un nodrošināt tās ilgtspējīgu funkcionēšanu. Ņemot vērā iepriekš minēto, LVC izsludināja konkursu, lai izvērtētu valsts autoceļu tīkla infrastruktūras noturību jeb izturētspēju (angļu val. – *resilience*) mainīgos klimatiskajos apstākļos, kā arī rastu risinājumus, kā pielāgoties klimata pārmaiņām un līdz ar to samazināt valsts autoceļu apsaimniekošanas laikā radīto ietekmi uz klimatu un vidi.

Lai sasniegtu šo mērķi un izpildītu pētījuma uzdevumus (pilns pētījuma darba uzdevumu izklāsts – šī pētījuma 10.1. pielikumā), tika noteikts tipiskais klimats Latvijas teritorijā, balstoties 30 gadus ilgā klimatisko datu reģistrācijas periodā, sākot no 1960. gada. Pētījumā analizēts katrs gads atsevišķi, veikta noteiktā perioda un atsevišķu tā posmu analīze, raksturojot gan vidējos klimatiskos rādītājus, gan ekstrēmiem laikapstākļiem atbilstošos rādītājus.

Izmantojot LVGMC klimatiskos datus un ilgtermiņa klimata prognozes, raksturotas paredzamās klimata pārmaiņas Latvijā. Vienlaikus pētījuma autori izstrādājuši savas klimata pārmaiņu prognozes par ceļa infrastruktūras noturībai svarīgu rādītāju (temperatūra, grunts sasalums) izmaiņām klimata pārmaiņu rezultātā.

Atbilstoši klimata pārmaiņu prognozēm pētījuma autori, lai uzlabotu autoceļu infrastruktūras noturību un samazinātu klimata ekstrēmu ietekmi uz tās dzīves ciklu, veikuši autoceļu un tiltu jutīguma analīzi un snieguši priekšlikumus gan administratīvajiem, gan tehniski un ekonomiski pamatotiem inženiertehniskajiem risinājumiem.

1. Metodologija

1.1. Latvijas klimata datu analīze

Klimata datu apkopojumam izmantoti LVĢMC ziņojumi par Klimata pārmaiņu scenārijiem Latvijā [2, 3], LVĢMC izveidotie rīki [4], kā arī VARAM atvērto datu portālā pieejamie LVC meteoroloģisko staciju dati [5, 6]. Ievērojot to, ka LVC meteoroloģiskajām stacijām ir salīdzinoši īsa novērojumu vēsture, klimata datu analīzē pārsvarā ir izmantoti LVĢMC dati.

LVĢMC dati ir pieejami par laika periodu no 1960. gada līdz 2020. gadam, kas šajā LVC pasūtītajā pētījumā iespēju robežās tika iedalīti divos 30 gadu ilgos periodos – no 1960. gada līdz 1990. gadam un no 1991. gada līdz 2020. gadam. Jāatzīmē, ka saskaņā ar pašreizējiem Pasaules Meteoroloģijas organizācijas tehniskajiem norādījumiem ilgtermiņa klimata pārmaiņu novērtēšanai, kā arī klimata mainības raksturošanai tiek izmantots 30 gadu ilgs references periods – no 1961. gada 1. janvāra līdz 1990. gada 31. decembrim, tomēr precīzākai klimata pārmaiņu raksturošanai var izmantot arī citus ilglaicīgus periodus, piemēram, 1981.–2010. gada 30 gadu periodu, kas tiek uzskatīts par pašreizējo klimatiskās normas periodu [2], vai arī laika periodu no 1991. gada līdz 2020. gadam.

Šajā pētījumā izmantoti visu Latvijas teritorijā izvietoto meteoroloģisko staciju (turpmāk tekstā – staciju) dati. Tomēr jāņem vērā, ka laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam LVĢMC pieejamo datu daudzums ir bijis mazāks un to precizitāte ir zemāka, kas apgrūtina šo datu statistisko apstrādi un analīzi. Vienlaikus arī datu daudzums katrā mēnesī ir bijis atšķirīgs. Laika gaitā staciju daudzums ir palielinājies, kā arī ir palielinājies mērījumu skaits mēnesī. Ja sākotnēji dati tika iegūti reizi dienā vai pat reizi dažās dienās, tad, jau sākot no 2000. gada, mērījumi tiek iegūti vairākas reizes dienā, kas ievērojami uzlabo datu analīzes kvalitāti. Piemēram, laika periodā no 1965. līdz 2001. gadam LVĢMC stacijas nolasīja gaisa temperatūru katru trešo stundu, bet, sākot no 2002. gada, lielākai daļai novērojumu staciju gaisa temperatūras mērījumi bija pieejami jau par katru stundu. LVĢMC datu analīzes laikā tika veikta arī manuāla un daļēji manuāla novērojumu datu pārbaude. Dati ar zemu ticamību netika ņemti vērā.

Lai identificētu klimata ekstrēmu negatīvo ietekmi uz autoceļu infrastruktūru, tika apkopoti un analizēti šādi dati.

Vidējās gaisa temperatūras vērtības visā valsts teritorijā un ekstrēmās gaisa temperatūras vērtības, kas ir novērotas vismaz vienā no stacijām apskatītajā periodā (karstuma un aukstuma viļņi, temperatūras svārstības ap 0 °C, dienu bez atkušņa skaits), izmantojot LVĢMC staciju datus.

Vidējās negatīvās temperatūras vērtības zem dabiskās veģetācijas virsmas 0,2 m, 0,4 m, 0,8 m un 1,6 m dziļumā, izmantojot LVĢMC datus. Katrs novērojums ir reģistrēts gadījums, kad noteiktā dziļumā temperatūra samazinājās zem 0 °C.

Gada vidējās, maksimālās un minimālās atmosfēras nokrišņu vērtības. Periodā no 2006. līdz 2016. gadam tikai dažas LVĢMC stacijas veica šo datu uzskaiti, piemēram, 2006. gadā bija tikai viena stacija. Savukārt, sākot no 2016. gada, dati ir pieejami 23 no 25 stacijām.

Ekstremālo nokrišņu daudzuma novērtēšanai tika izmantoti šādi radītāji:

- mSDII – dienu skaits gadā ar nokrišņiem (vismaz 1 mm);
- R10mm – īpaši lietaino dienu skaits gadā ar nokrišņiem virs 10 mm;
- R20mm – īpaši lietaino dienu skaits gadā ar nokrišņiem virs 20 mm;
- *RX1hour* – maksimālais nokrišņu daudzums stundas laikā, mm;
- stundas laika nokrišņu daudzums un biežums (histogramma).

Ekstremālo nokrišņu analīzei tika izmantoti vidējās stacijas dati, lietojot vadošo indikatoru metodi (*leading indicator*). Par indikatīvo staciju tika pieņemta Skultes stacija, jo Skulte ir vieta, kurā nokrišņu daudzums, skaits un struktūra ir līdzīga Latvijas vidējiem datiem.

Plūdu biežums un ūdens līmenis, kā arī vidējās ūdens līmeņa vērtības plūdu riska zonās tika noteikti, izmantojot LVĢMC un VARAM portālā pieejamos datus. Šīm vērtībām nav noteikti ekstrēmi.

Vēja biežums un intensitāte, kas iekļauj vēja vidējās un maksimālās ātruma vērtības, vētrains periods garum un biežumu, kā arī to ekstrēmās vērtības. Vēja dati iegūti no LVĢMC stacijām, un vēja ātruma klasifikācijai izmantota Boforta skala.

Pētījumā izmantotie Latvijas klimatam raksturīgie parametri apkopoti 1.1. – 1. tabulā, savukārt pieņemtās ekstremālās klimatisko parametru vērtības – 1.1. – 2. tabulā.

1.1. – 1. tabula.

Latvijas klimatu raksturojošie parametri no 1991. līdz 2020. gadam [2]

Klimata parametrs	Vidējā vērtība	Komentārs
Gaisa temperatūra	+6,8 °C	<ul style="list-style-type: none"> vissiltākais mēnesis ir jūlijs, kad vidējā gaisa temperatūra ir +17,8 °C, visaukstākais ir februāris, kad vidējā gaisa temperatūra ir –3,1 °C; visaugstākā novērotā gaisa temperatūra Latvijā ir +37,8 °C (04.08.2021. – Ventspilī), viszemākā –43,2 °C (08.02.1956. – Daugavpilī);
Nokrišņi	685,6 mm	<ul style="list-style-type: none"> ar nokrišņiem visbagātākie mēneši ir augusts un jūlijs, kuros vidēji noliet 76,8 mm un 75,7 mm, savukārt vissausākais ir aprīlis – vidēji 35,8 mm;
Vējš	3,2 m/s	<ul style="list-style-type: none"> Latvijā valdošie ir rietumu un dienvidu vēji, kas kopumā ir novēroti vairāk nekā pusē no gadījumu skaita; visstiprākais vējš ir novērojams Baltijas jūras piekrastē un Ainažos, kur gada vidējais vēja ātrums ir aptuveni 4 m/s, Ventspilī sasniedzot 4,3 m/s; visrāmākais vējš ir novērojams Alūksnes un Vidzemes augstienēs, attiecīgi 2,6 m/s un 2,5 m/s;
Gaisa mitrums	81 %	<ul style="list-style-type: none"> vismazākais mitruma saturs gaisā ir maijā – 71 %; vislielākais mitruma saturs gaisā ir decembrī – 89 %.
Saulainās dienas	1700–2000 stundas	<ul style="list-style-type: none"> visvairāk Saule spīd jūlijā – aptuveni 300 stundas; vismazāk Saule spīd decembrī, kad kopējais Saules spīdēšanas ilgums ir aptuveni 25 stundas.

1.1. – 2. tabula.

Pētījumā pieņemtās ekstremālās klimatisko parametru vērtības

	Vērtība [2]	Pētījumā pieņemtās vērtības
Ekstremāli augsta diennakts gaisa temperatūra	+31,2 °C līdz +35,4 °C	≥ +31 °C
Ekstremāli zema diennakts gaisa temperatūra	–26,2 °C līdz –41,2 °C	≤ –25 °C
Ekstremāli diennakts atmosfēras nokrišņi	58,2 mm līdz 115,3 mm	> 7 mm stundā
Ekstremālais diennakts vidējais vēja ātrums	9,8 m/s līdz 21 m/s (diennakts vidējais vēja ātrums)	> 20 m/s

1.2. Ārvalstu un Latvijas pieredzes analīze adaptācijai klimata pārmaiņām

Pētījuma izstrādes gaitā tika veikta aktuālo literatūras avotu identifikācija un analīze, īpašu uzmanību pievēršot specializētajām *PIARC* un *CEDR* datubāzēm, kurās atrodama vispusīga informācija par klimata pārmaiņām, to ietekmi uz tiltu un autoceļu infrastruktūru, klimata pārmaiņu risku vadību, tiltu un autoceļu ievainojamības un jutīguma analīzi, kā arī kā arī dažādu valstu pieredzi tiltu un autoceļu adaptācijai klimata pārmaiņām. Galvenā uzmanība tika pievērsta Baltijas jūras reģiona valstu pieredzei par ceļu un tiltu infrastruktūras adaptāciju klimata pārmaiņām. Vienlaikus uzmanība tika pievērsta Latvijai tuvāko dienvidu reģiona valstu pieredzei, jo, kā parādīts iepriekšējās nodaļās, klimata pārmaiņu rezultātā sagaidāma temperatūras paaugstināšanās un ziemas sezonas saīsināšanās, kas tuvinās nākotnes klimatu Latvijā tiem apstākļiem, kas patlaban sastopami, piemēram, Polijas un Vācijas ziemeļu daļā.

Literatūras analīze veikta, izmantojot zinātnisko pētījumu datubāzes (*Scopus* un *Web of Science*), kā arī specializētās *PIARC* un *CEDR* datubāzes, lietojot šādus tipiskus atslēgas vārdus: “*climate change*”, “*mitigation*”, “*adaptation*”, “*roads*”, “*highways*”, “*bridges*”, “*infrastructure*”, “*road pavement*”, “*vulnerability analysis*”.

1.3. Latvijas klimatisko datu un klimata pārmaiņu scenāriji

Klimata pārmaiņu modelēšanai ir izstrādāti vairāki scenāriji, no kuriem zināmākais ir raksturīgo koncentrāciju scenārijs (*RCP*) un kopējais sociālekonomiskais scenārijs (*SSP*). *RCP* klimata pārmaiņu modeļu scenārijs nosaka *SEG* koncentrāciju atmosfērā un faktisko sasilšanas apjomu, kas varētu notikt līdz 21. gadsimta beigām, savukārt *SSP* klimata pārmaiņu modeļu scenārijs nosaka posmus, kuros tiks vai netiks sasniegts globālais emisiju samazinājums [7–9].

RCP scenārijs atšķiras pēc radiatīvās ietekmes līmeņiem, kas izsaka enerģijas plūsmas izmaiņas atmosfērā (W/m^2). Šīs izmaiņas ir tieši saistītas ar emisiju apjomu atmosfērā – jo vairāk ir emisiju un jo lēnāks ir to samazināšanās ātrums, jo lielāka ir radiatīvā ietekme. Jo lielāks ir pieņemtais *RCP*, jo lielāka ir radiatīvā ietekme, līdz ar to – lielākas būs arī klimata izmaiņas. Scenāriju modelēšanā parasti tiek izmantots *RCP 2.6*, *RCP 4.5* un *RCP 8.5*. *RCP 2.6* jeb visoptimistiskākais scenārijs pieņem, ka visas paban veiktās politikas izmaiņas, kas ir vērstas uz siltumnīcas gāzu emisijas ierobežojošu likumdošanu, tehnoloģiju attīstību, patērētāju atbildību un uzvedības modeļu maiņu,

būs efektīvas, ļaus apstādināt klimata pārmaiņas un gaisa temperatūra stabilizēsies. Pastāv varbūtība, ka gaisa temperatūra sāks pat samazināties. *RPC 4.5* scenārijs ir reālistiskāks mērenu klimata pārmaiņu scenārijs, kas paredz, ka strikta likumdošana un sabiedrības izglītošanas pasākumi ļaus samazināt siltumnīcas gāzu emisiju apmērus, veicinās klimatneitrālu tehnoloģiju attīstību, energoefektivitātes un lauksaimniecības ražības palielināšanu, kā arī apmežošanu, tādējādi veicinot CO₂ absorbēšanu. Pēc šī scenārija gaisa temperatūras palielināšanās gadsimta beigās prognozēta 1,7–3,3 °C robežās, salīdzinot ar 1850–1900. gadu periodu. Vissliktākajā scenārijā (*RCP 8.5*), ja tiks turpināta fosilo resursu intensīva izmantošana, vidēja gaisa temperatūra gadsimta beigās būs vidēji vairāk par 5 °C augstāka nekā 1850.–1900. gada periodā.

Līdzīgi kā *RCP*, arī *SSP 2.6* raksturo optimistisko scenāriju, ko līdz gadsimta beigām ļaus sasniegt uz ilgtspēju, izaugsmi un vienlīdzību vērsta sabiedrība, savukārt *SSP 8.5* raksturo scenāriju, kura realizācijas gadījumā strauji un neierobežoti pieaug ekonomikas un enerģijas patēriņš. Lai gan *SSP* scenāriji aptver plašāku SEG un citu gaisa piesārņotāju spektru [3], tie būtiski neatšķiras viens no otra. Arī šajā pētījumā lietoti abi scenāriji, ievērojot to, ka pētījuma veikšanas laikā LVĢMC nav pilnībā pārgājuši uz *SSP*:

2017. gadā izstrādātas prognozes līdz 2085. gadam un izcelti klimata pārmaiņu scenāriji *RCP 4.5* un *RCP 8.5*; novērtējot "Klimata rīkā" iekļautos parametrus, papildus apskatīta īslaicīgu intensīvu nokrišņu (lietusgāžu) intensitātes izmaiņu prognoze.

2024. gadā rīkā prognozes koriģētas atbilstoši *SSP 2–4.5* un *SSP 3–7.0* scenārijiem; pētījuma izstrādes laikā šie dati pakāpeniski tika papildināti; patlaban nav pieejami salīdzināmi dati par īslaicīgiem (diennakts) intensīviem nokrišņiem un vēja brāzmām (šie dati aizstāti attiecīgi ar intensīvu nokrišņu dienu skaitu, kā arī ar vētrainu dienu skaitu gadā).

LVĢMC izveidotās *RCP* prognozes dotas 22 meteoroloģisko novērojumu stacijām, savukārt *SSP* prognozes – 36 administratīvajiem novadiem un septiņām valstspilsētām. Šajā pētījumā prognozes un to reģionālais salīdzinājums atspoguļots katra kultūrvēsturiskā novada (Cēsis, Rēzekne, Bauska, Ventspils) vienai pilsētai, kā arī Rīgai. Vidējās un ekstrēmās vērtības aprēķinātas, izmantojot visas pieejamās datu kopas, kas iekļautas 10.2. pielikumā. *SSP* scenārijiem ir pieejamas prognozes pa četriem gadalaikiem un visam gadam. Tālāk šī pētījuma analizē, kur pieejams, lietoti jaunākie, t. i., *SSP* dati gada griezumā. Ja atjauninātie dati nav bijuši pieejami, lietoti *RCP*, to atsevišķi norādot; šajā gadījumā Cēsīm lietoti Priekuļu novērojumu stacijas dati, Rēzeknei – Griškānu novērojumu stacijas dati.

Vienlaikus atsevišķiem klimata faktoriem (temperatūra, grunts sasaluma dziļums) pētījuma autori izstrādājuši savus klimata pārmaiņu modeļus, izmantojot *R-Studio* statistiskās analīzes programmatūru.

1.4. Ievainojamības/noturības analīzes metodoloģija un ekspertu aptauja

Ievainojamības/noturības analīze ceļu un tiltu infrastruktūrai veikta, izstrādājot risku matricu. Ceļu un tiltu infrastruktūru ietekmējošie klimatiskie faktori izvēlēti, izmantojot iepriekšējo klimata pārmaiņu pētījumu datus un atziņas pielāgojot un interpretējot tās atbilstoši Latvijas apstākļiem un specifikai.

Identificēto klimata pārmaiņu izraisīto risku/apdraudējumu raksturošanai izmantota četru punktu skala, veidojot novērtējumu pēc diviem kritērijiem (1.4–1. attēls):

- **iespējamība**, ka konkrētais risks iestājas:
 - » 0 – ļoti zema iespējamība; šāda notikuma iestāšanās uzskatāma par izņēmuma gadījumu;
 - » 1 – zema iespējamība; šāda notikuma iestāšanās sagaidāma tikai atsevišķos gadījumos;
 - » 2 – vidēja iespējamība; šāds notikums, paredzams, periodiski atkārtosies;
 - » 3 – augsta iespējamība; šāds notikums atkārtosies vismaz katru gadu vai biežāk;
- **ietekme**, t. i., ja konkrētais risks ir iestājies, tad kāds ir paredzamais šī riska iedarbības līmenis, kas raksturo, kādā mērā ir jābūt savlaicīgi sagatavotiem novērst vai mazināt šī notikuma negatīvās sekas gan ceļu un tiltu infrastruktūras pieejamības ziņā (īstermiņā), gan saistībā ar ceļu un tiltu tehnisko stāvokli (ilgtermiņā):
 - » 0 – ļoti zema ietekme; notikumam iestājoties, sagaidāmās sekas ir īslaicīgas un neprasa nekādus novēršanas pasākumus; nav nepieciešama būves ekspluatācijas ierobežošana;
 - » 1 – zema ietekme; notikumam iestājoties, sagaidāmās sekas ir viegli novēršamas ar nelieliem ieguldījumiem; nav nepieciešama būves ekspluatācijas ierobežošana;
 - » 2 – vidēja ietekme; notikumam iestājoties, sagaidāmo seku novēršanai nepieciešams veikt ārkārtas pasākumus (apsekošana, projektēšana, remontdarbi), var būt nepieciešami nelieli ekspluatācijas apstākļu ierobežojumi;
 - » 3 – augsta ietekme; notikumam iestājoties, sagaidāmo seku novēršanai nepieciešams veikt ārkārtas pasākumus (apsekošana, projektēšana, remontdarbi); nepieciešami būtiski ekspluatācijas nosacījumu ierobežojumi.

Iespējamība	3	Yellow	Red	Red	Red
	2	Yellow	Yellow	Red	Red
	1	Green	Yellow	Yellow	Red
	0	Green	Green	Yellow	Yellow
		0	1	2	3
Ietekme					

4.4. – 1. attēls. Klimata pārmaiņu izraisīto risku iespējamības un seku ietekmes mijiedarbības matrica.

Balstoties izveidotajā risku matricā, izstrādātas aptaujas anketas par klimata pārmaiņu iespējamo ietekmi uz Latvijas autoceļu un tiltu infrastruktūru, tās izplatītas nozares ekspertu vidū, un veikta iegūto atbilžu datu analīze.

2. Pašreizējā klimata novērtējums

Šajā nodaļā aplūkoti dati par Latvijas klimatu no 1960. līdz 2023. gadam. Latvijas klimata dati iegūti gan no līdz šim publicētiem apskatiem [2], gan tiešā veidā, izmantojot LVĢMC un LVC datubāzes.

2.1. Temperatūra

2.1.1. Vidējā gaisa temperatūra

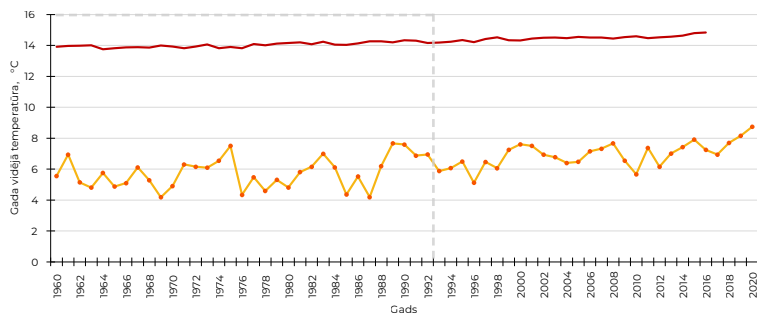
Gaisa temperatūra ir klimata izmaiņu indikators, kas visbiežāk tiek izmantots, lai aprakstītu globālos klimata pārmaiņu procesus. 21. gadsimta pirmā desmitgade ir bijusi siltākā kopš 1850. gada, kas tiek uzskatīts par mūsdienu gaisa temperatūras novērojumu sākumu. Prognozes liecina par gada vidējās temperatūras pieaugumu pārskata periodā 1971.–2000. gads – 2071.–2100. gads [5, 37]. Siltumnīcefekta gāzu ietekmē vidējā globālā Zemes virsmas temperatūra ir paaugstinājusies par 0,5–1,3 °C. Tomēr dažādu antropogēnas izcelsmes gāzu emisijas atsevišķos gadījumos ir radījušas arī atdzišanas efektu robežās no –0,6 °C līdz +0,1 °C. Kā liecina pētījumi [1, 9] kopš 20. gadsimta vidus ir dubultojies novēroto karstuma viļņu skaits, kā arī laika posmā no 1986. līdz 2008. gadam ir novērotas temperatūras cikliskas svārstības desmitgades griezumā.

Izteikta gaisa temperatūras paaugstināšanās fiksēta arī Baltijas jūras reģionā. Gada vidējās gaisa temperatūras izmaiņu tendences laika posmā no 1871. līdz 2011. gadam liecina par 0,11 °C pieaugumu desmitgades griezumā apgabalos uz ziemeļiem un 0,08 °C pieaugumu desmitgades griezumā apgabalos uz dienvidiem. Biežākās temperatūras kāpuma tendences ir vasaras periodā, retākās izmaiņas – pavasarī [2].

Kā redzams 2.1.1.–1. attēlā, laika periodā no 1960. līdz 1990. gadam temperatūra uzrādīja augošu tendenci ar biežākām svārstībām, savukārt pēc 1990. gada svārstības kļuva lēzenākas, t. i., svārstību frekvence samazinās. Tomēr abos apskatāmajos periodos (1960.–1990. gads un 1991.–2020. gads) temperatūra palielinās un tuvinās pieaugošajai globālās vidējās temperatūras līknei. Kopumā no 1960. līdz 2020. gadam vidējā gaisa temperatūra Latvijā pieaugusi par 1,81 °C.

No 1960. līdz 2020. gadam gada **vidējā gaisa temperatūra** Latvijā ir svārstījusies robežās no +4,18 °C līdz + 8,74 °C. Apskatāmajā laika posmā no 1960. līdz 2020. gadam zemākā gada vidējā temperatūra tika reģistrēta 1969. gadā, sasniedzot +4,18 °C. Savukārt augstākā gada vidējā temperatūra tika reģistrēta 2018. gadā, sasniedzot +8,74 °C.

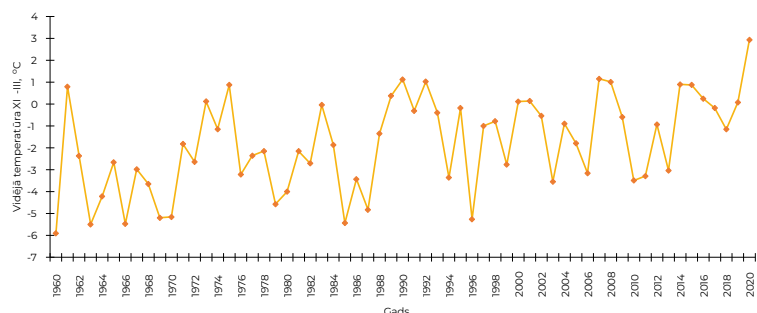
2. Pašreizējā klimata novērtējums



2.1.1. – 1. attēls. Gada vidēja temperatūra Latvijā, °C (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem), salīdzinot ar globālo vidējās temperatūras pieaugumu (sarkanā līnija) [12].

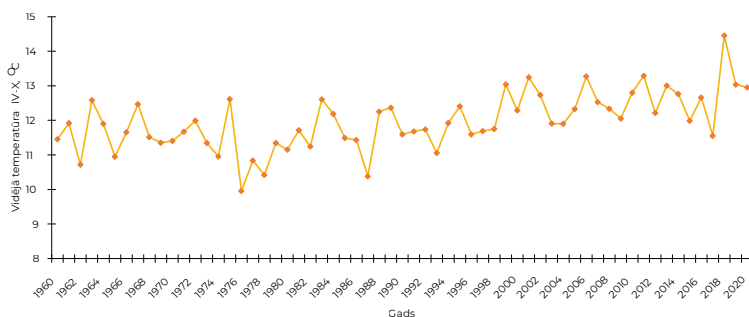
Atsevišķi tika apskatītas temperatūras izmaiņas ziemas un vasaras periodos. Ziemas periodā tika analizētas temperatūras no novembra līdz martam, savukārt vasaras periodā – no aprīļa līdz oktobrim. Abos periodos tika apskatīta katra mēneša vidējās temperatūras izmaiņu dinamika.

Ziemas periodā (novembris–marts) (2.1.1.–2. attēls) vidējā gaisa temperatūra apskatāmajā laika posmā (1960.–2020. gads) parāda nelielu pieauguma tendenci, kopumā svārstoties 9 °C robežās (no –6°C 1960. gadā līdz 3°C 2020. gadā). Vienlaikus, sākot no 1990. gada, aizvien biežāk vidējā gaisa temperatūra ziemas periodā ir tuvu vai virs 0°C (15 gados, salīdzinot ar pieciem gadiem, laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam).



2.1.1. – 2. attēls. Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā ziemas periodā (novembris (XI)–marts (III)) laika posmā no 1960. līdz 2020. gadam (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Apskatot 2.1.1.–3. attēlu, var secināt, ka vasaras periodā (aprīlis–oktobris) temperatūras izmaiņas līkne uzrāda diezgan vienmērīgu kāpumu, svārstoties 4–5 °C robežās (zemākā temperatūra reģistrēta 1976. gada vasarā (9,96°C), augstākā – 2018. gada vasarā (14,45°C)). Atšķirībā no ziemas perioda ikgadējās svārstības nav tik biežas un krāsas.



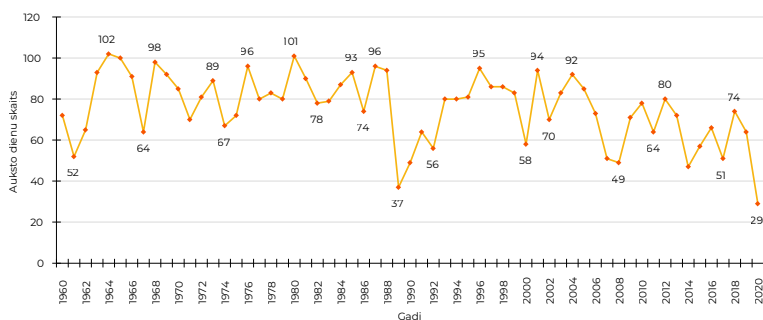
2.1.1. – 3. attēls.

Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā vasaras periodā (aprīlis (IV)–oktobris (X)) laika posmā no 1960. līdz 2020. gadam (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

2.1.2. Gaisa temperatūras ekstrēmi

Analizējamajā laika posmā (1960.–2020. gads) **auksto dienu skaits** ir samazinājies par 15 % no vidēji 97,7 dienām (1960.–1990. gads) līdz vidēji 82,2 dienām (1991.–2020. gads). Līdz šim mazākais diennakšu, kurās temperatūra ir bijusi zem $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, skaits laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam ir novērots 1989. gadā (43 dienas), savukārt laika posmā no 1991. līdz 2020. gadam – 2020. gadā (29 dienas).

Kā redzams 2.1.2. – 1. attēlā, visā apskatāmajā laika posmā ir novērots auksto dienu skaita samazinājums. Ja laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam auksto dienu maksimālais skaits bijis ap 80–100 dienām, tad, sākot no 1991. gada, šādu dienu maksimālais skaits ir samazinājies un kopš 2010. gada nav pārsniedzis 80 dienu robežu.

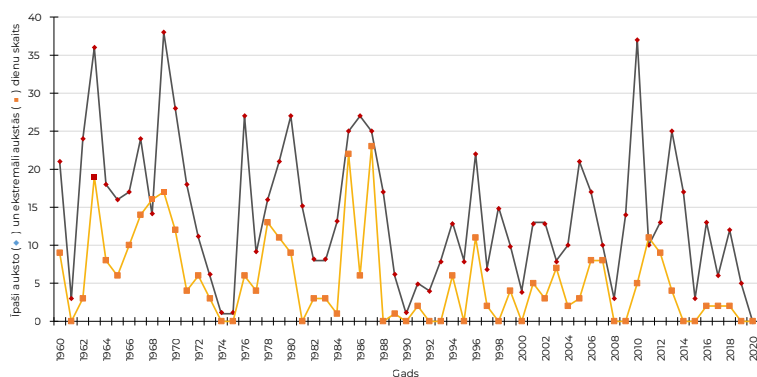


2.1.2. – 1. attēls.

Diennakšu, kurās temperatūra bijusi robežās no $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ līdz $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, skaits Latvijā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Kopš 1960. gada būtiski samazinājies arī **īpaši auksto un ekstremāli auksto dienu skaits** (5.1.2. – 2. attēlu). Ja apskatāmā perioda pirmajā desmitgadē vidējais īpaši auksto dienu skaits bija ap 21 dienu, tad nākamajā desmitgadē šis skaits ir samazinājies par aptuveni septiņām dienām, sasniedzot 13,7 īpaši aukstas dienas. Apskatāmā perioda pēdējā desmitgadē (2011.–2020. gads) vidējais īpaši auksto dienu skaits bija 10,4 dienas. Līdz šim maksimālais īpaši auksto dienu skaits novērots 1969. gadā (38 dienas).

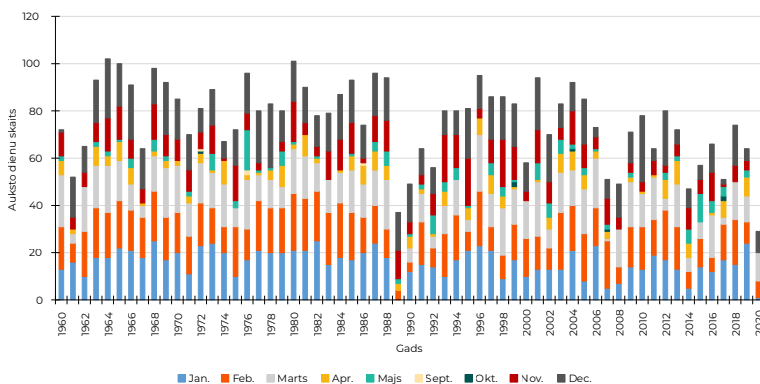
Vienlaikus šajā laika posmā ekstremāli auksto dienu skaits bijis par 71 % mazāks nekā laika posmā no 1960. līdz 1970. gadam. No 1960. līdz 1970. gadam ekstremāli auksto dienu skaits vidēji bija 10 dienas, bet jau nākamajā desmitgadē šis skaitlis samazinājās uz pusi, aiznākamajā desmitgadē – vēl uz pusi no iepriekšējās vērtības. Laika posmā no 1991. līdz 2020. gadam katru gadu tika novērotas vidēji 3,2 ekstremāli aukstas dienas. Pēdējais ekstremāli auksto dienu “vilnis” tika novērots laika posmā no 1984. līdz 1987. gadam, kad tika reģistrētas 23 dienas, kurā temperatūra bija zem -25°C . Savukārt laika periodā no 1991. līdz 2020. gadam visaukstākais bija 1996. gads, kad ekstremāli auksto dienu skaits sasniedza 11 dienas.



2.1.2. – 2. attēls.

Diennakšu, kad temperatūra ir robežās no -18°C līdz -25°C un zemāka par -25°C , skaits Latvijā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

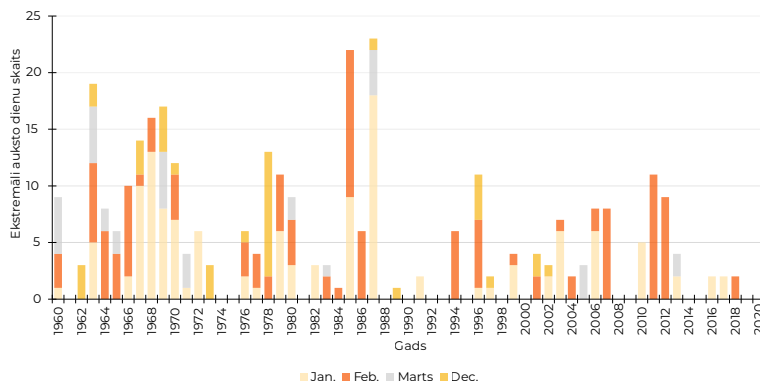
Apskatot analizējamā posma gadus mēnešu griezumā, var secināt, ka visos mēnešos, kā redzams 2.1.2. – 3. attēlā, auksto dienu (-5°C līdz -18°C) skaits samazinās. Izņēmums ir oktobris, kad ir novērota auksto dienu skaita palielinājuma tendence – no vidēji 2,57 dienām 60. gados līdz vidēji piecām dienām laika posmā no 2011. līdz 2020. gadam. Vislielākais auksto dienu skaita samazinājums ir novērots decembrī, auksto dienu skaitam samazinoties vairāk nekā uz pusi (9,8 dienas laika periodā no 2011. līdz 2020. gadam).



2.1.2. – 3. attēls.

Auksto dienu (-5°C līdz -18°C) skaits pa mēnešiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Līdzīgi samazinājies arī īpaši auksto un ekstremāli auksto dienu skaits. Vislielākais īpaši aukstu un ekstremāli aukstu dienu skaita samazinājums ir novērots decembrī. Laika posmā no 1960. līdz 1970. gadam tika novērotas vidēji 4,3 īpaši aukstas un 2,6 ekstremāli aukstas dienas, savukārt laika posmā no 2011. līdz 2020. gadam novērotas vidēji 2,5 īpaši aukstas dienas, savukārt ekstremāli aukstas dienas netika novērotas (5.1.2. – 4. att.).

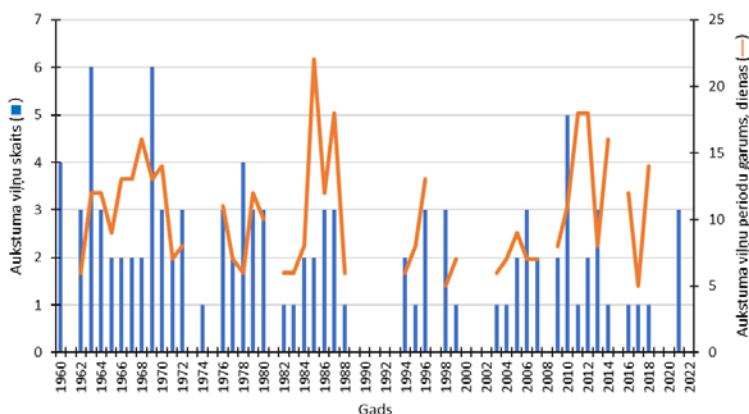


2.1.2. – 4. attēls.

Ekstremāli auksto dienu ($\leq -25\text{ }^{\circ}\text{C}$) skaits pa mēnešiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Konstatēts, ka laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam temperatūra zem $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ visbiežāk tika novērota martā un decembrī, savukārt laika posmā no 1991. līdz 2002. gadam ekstremāli aukstās dienas martā un decembrī praktiski vairs nav novērotas.

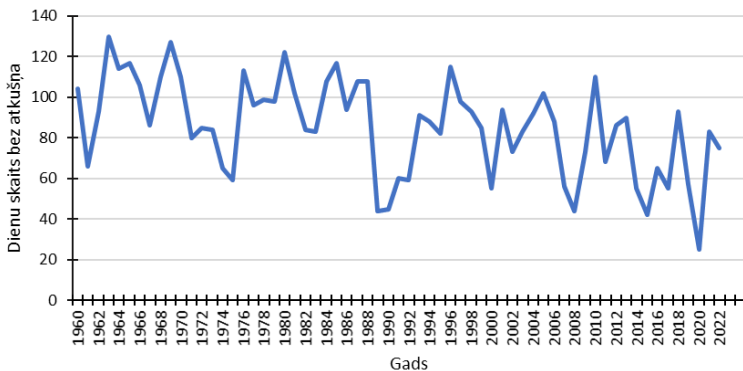
Vienlaikus, kā redzams 5.1.2. – 5. attēlā, samazinājies arī **aukstuma viļņu skaits**. Par aukstuma vilni šī pētījuma kontekstā tiek uzskatīti periodi, kuros vismaz piecas dienas pēc kārtas vidējā temperatūra Latvijā saglabājas zem $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kopš 2000. gada, izņemot 2010. gadu, nav fiksēts neviens gadījums, kad aukstuma viļņi atkārtotos vairāk nekā trīs reizes viena gada laikā. Vienlaikus vidējais aukstuma viļņu ilgums ir samazinājies. Laika periodā no 1960. līdz 1990. gadam tas ir bijis vidēji 10,74 dienas, laika periodā no 1991. līdz 2020. gadam – jau vidēji 9,79 dienas.



2.1.2. – 5. attēls.

Aukstuma viļņu skaits un aukstuma viļņu periodu ilgums (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

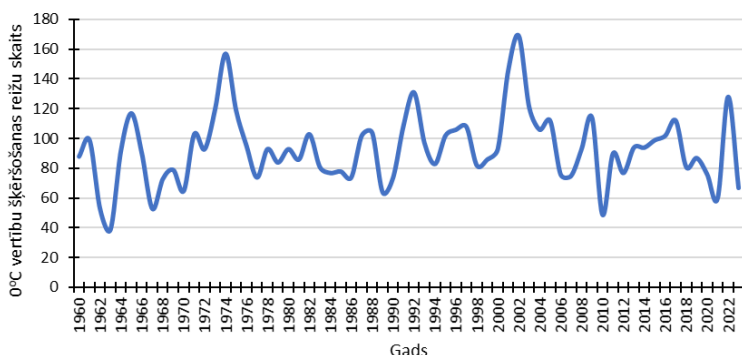
Līdz ar temperatūras paaugstināšanos ziemas mēnešos samazinās to **bezatkušņa dienu skaits**, jeb to dienu, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra nepārsniedz 0 °C, skaits. Līdz šim visgarākais dienu skaits bez atkušņa periodiem ticis novērots 1963. gadā – 130 dienas. Katrā nākamajā desmitgadē bezatkušņa dienu skaits samazinājies. Kā redzams 2.1.2. – 6. attēlā, 2020. gadā tika novērots vismazākais šādu dienu skaits – 25 dienas.



2.1.2. – 6. attēls. Dienu, kurās nav atkušņa, skaits (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Analīzē tika apskatītas **temperatūras svārstības ap 0 °C** vērtības, citiem vārdiem sakot, cik reizes gadā temperatūra šķērso 0 °C robežu (2.1.2. – 7. attēlu). Temperatūra 0 °C robežu var šķērsot vairākas reizes dienā (piemēram, no rīta un vakarā). Apskatāmajā laika posmā svārstības neuzrāda konkrētu tendenci, kas atšķirtos laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam un no 1991. līdz 2020. gadam. No 1970. līdz 2005. gadam novērots temperatūras svārstību ap 0 °C palielinājums, savukārt, sākot no 2006. gada, svārstību skaits samazinājies par aptuveni 5–7 %, līdzīgi tam, kā tas bija laika posmā no 1960. līdz 1970. gadam. Vērtējot temperatūras izmaiņas visā apskatāmajā laika posmā (1960.–2023. gads), var secināt, ka ir novērojama pieaugoša tendence un vidējais temperatūras svārstību skaits laika

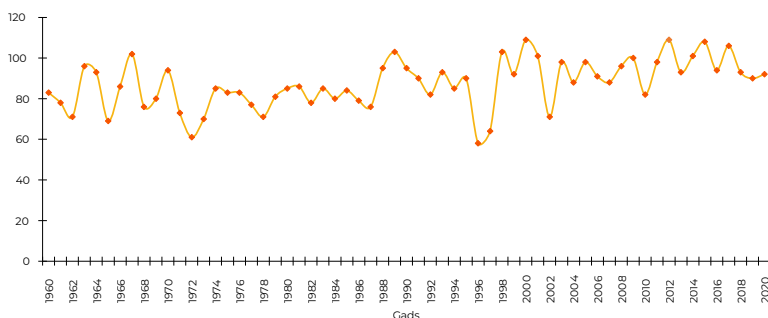
gaitā ir pieaudzis, kas var būt saistīts arī ar vidējās temperatūras paaugstināšanos ziemas mēnešos.



2.1.2. – 7. attēls.

Temperatūras svārstības valstī ap 0 °C (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Līdztekus temperatūras izmaiņām ziemas periodā tika analizētas arī temperatūras izmaiņas vasaras periodā (no aprīļa līdz oktobrim), īpašu uzmanību pievēršot karsto (temperatūra robežās no +18 °C līdz +25 °C), īpaši karsto (temperatūra robežās no +25 °C līdz +31 °C) un ekstremāli karsto (temperatūra pārsniedz +31 °C) dienu skaita dinamikai. Kā redzams 2.1.2. – 8. attēlā, dienu, kurās temperatūra bijusi robežās no +18 °C līdz +25 °C, skaits ir palielinājies no aptuveni 80 dienām 60. gados līdz aptuveni 90–100 dienām pēc 2010. gada. 1970.–1999. gadā vēl bija novērojami atsevišķi karsto dienu skaita samazinājumi, t.s. “vēsie” gadi (kad dienu, kurās gaisa temperatūra bija no +18 °C līdz +25°C, skaits samazinājās zem 80 dienām gadā), bet, sākot no 2000. gada, karsto dienu skaits katrā gadā parasti nav mazāks par 90 dienām.



2.1.2. – 8. attēls.

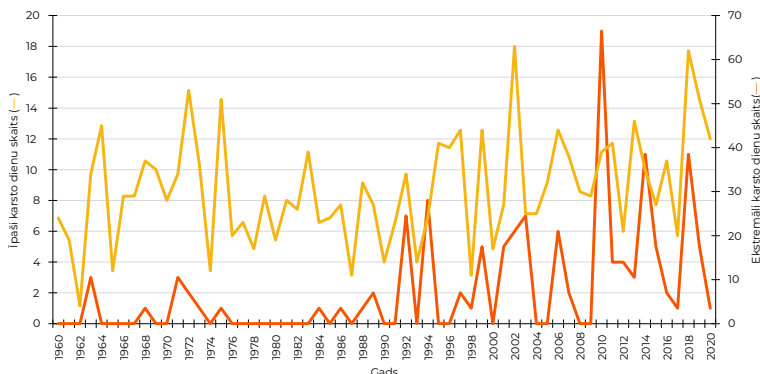
Karsto dienu skaits Latvijā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Līdzīga tendence ir novērojama arī attiecībā uz īpaši karstu (temperatūra robežās no +25 °C līdz +31 °C) un ekstremāli karstu (temperatūra virs +31 °C) dienu skaitu (2.1.2. – 9. att.). Laika posmā no 1960. līdz 1976. gadam izteikti tika novērotas īpaši karstas dienas, kad maksimālā temperatūra pārsniedza +25 °C robežu:

- 1964. gadā novērotas 45 dienas;
- 1972. gadā novērotas 53 dienas;
- 1975. gadā novērota 51 diena.

Savukārt tālāk sekoja aptuveni 20 gadu ilgs “vēsuma” periods, kad īpaši karstu un ekstremāli karstu dienu skaits gadā reti kad pārsniedza 35 dienas. Tomēr, sākot no 1995. gada, atkal ir novērojams īpaši karstu un ekstremāli karstu dienu palielinājums. 2002. un 2018. gadā tika novērots līdz šim maksimālais īpaši karstu dienu daudzums – attiecīgi 63 un 62 dienas. Vienlaikus laika posmā no 1991. līdz 2020. gadam ir novēroti arī vairāki gadi ar izteikti mazu karsto dienu skaitu:

- 1998. gadā novērotas 11 dienas;
- 2000. gadā novērotas 17 dienas;
- 2017. gadā novērotas 20 dienas.



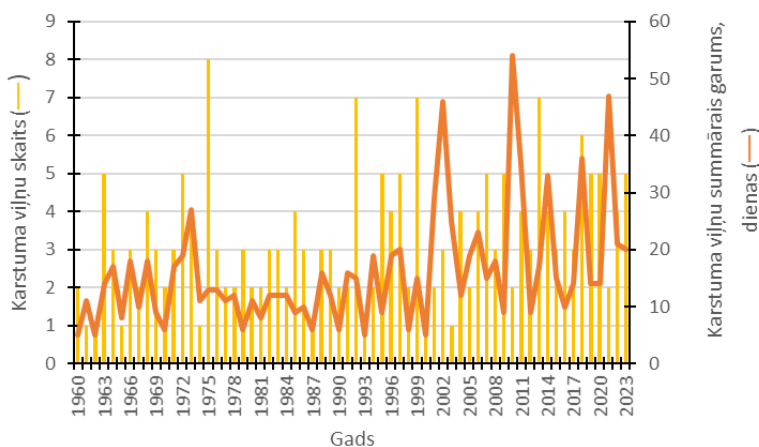
5.1.2. – 9. attēls.

Īpaši karsto un ekstremāli karsto dienu skaits Latvijā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Kā liecina novērojumi, arī dienu, kad temperatūra ir augstāka par +31 °C, skaits gadu gaitā ir palielinājies. Laika posmā no 1960. līdz 1990. gadam ekstremāli karsto dienu skaits reti pārsniedza trīs dienas gadā, un biežāk šādu dienu nebija vispār. Tomēr, sākot no 1992. gada, ekstremāli karstas dienas ir kļuvušas par vasaras mēnešu ierastu novērojumu, un gadu skaits, kad netiek reģistrēta temperatūras paaugstināšanās virs +31 °C, ir arvien mazāks. Līdz šim maksimālais dienu skaits ar ekstremāli augstu temperatūru tika novērots 2010. gadā (19 dienas).

Karstuma viļņi (vidējā gaisa temperatūra turas virs +20 °C vismaz piecas un vairāk dienas pēc kārtas) pārsvarā ir novērojami jūlijā–augustā, un parasti gadā ir 1–2 karstuma viļņi. Tikai 2010. gadā bija novēroti trīs karstuma viļņi. Kā liecina 2.1.2.–10. attēlā dotā informācija, kopējais karstuma viļņu skaits laika posmos no 1960. līdz 1990. gadam un no 1991. līdz 2020. gadam ir palicis nemainīgs.

Visā analizētajā laika posmā no 1960. līdz 2020. gadam karstuma viļņu ilgums bijis stabils un reti pārsniedzis astoņas dienas. Tomēr, sākot no 2003. gada, novērots karstuma viļņu ilguma būtisks palielinājums, sasniedzot 19 un vairāk dienu. Novērojumi liecina, ka laika posmā no maksimālais karstuma viļņu garums nav pārsniedzis 23 dienas (2018. gadā).



2.1.2.–10. attēls.

Karstuma viļņu skaits un to summārais ilgums pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

2.1.3. Temperatūras izmaiņu ātrums

Temperatūras izmaiņu ātrums ΔT būtiski ietekmē ceļa seguma noturību. Jo lielākas ir temperatūras izmaiņas noteiktā laika periodā, jo lielāka ir to radītā negatīvā ietekme. Kā redzams 2.1.3.–1. attēlā, atkarībā no sezonas temperatūra dienā laikā mainās dažādi. Vasaras periodā (aprīlis–septembris) temperatūras izmaiņa dienas laikā notiek vienmērīgāk, temperatūrai sākot paaugstināties jau aptuveni plkst. 3.00 no rīta un maksimālo temperatūru sasniedzot laika posmā no plkst. 9.00. līdz plkst. 16.00. Savukārt ziemas periodā (oktobris–marts) zemākā temperatūra ir novērojama laika posmā no plkst. 4.00 līdz plkst. 6.00 rītā, kam seko straujš temperatūras kāpums līdz maksimālajai vērtībai, kas tiek sasniegta ap pusdienlaiku (aptuveni plkst. 12.00). Atšķirībā no rīta stundām otrajā dienas pusē temperatūras samazinājums vairs neuzrāda tik straujas izmaiņas.



2.1.3. – 1. attēls.

Vidējās diennakts temperatūras izmaiņas ΔT atkarībā no diennakts stundas laika posmā no 1966. līdz 2020. gadam.

Laika posmam no 1960. līdz 1965. gadam novērojumu datu trūkuma dēļ ΔT analīze atkarībā no diennakts stundas netika veikta. Pilns gada vidējās temperatūras izmaiņu ΔT salīdzinājums šajā laika posmā dots šī pētījuma 10.3. pielikumā. Laika posmā no 1966. līdz 2020. gadam tika novērtētas gan negatīvas, gan pozitīvas temperatūras izmaiņas (attiecināmi temperatūras samazinājums un temperatūras pieaugums) šādos laika sprīžos:

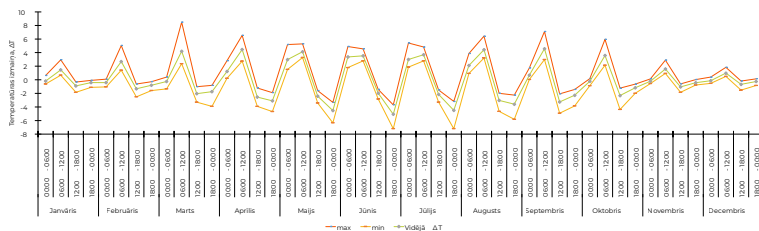
- plkst. 0.00–06.00;
- plkst. 06.00–12.00;
- plkst. 12.00–18.00;
- plkst. 18.00–00.00.

Salīdzinot diennakts temperatūras izmaiņu tendenci atkarībā no diennakts stundas, var secināt, ka tā nav daudz mainījies. Laika periodā no 1966. līdz 2020. gadam izmaiņas ir notikušas par vidēji 2,4 °C. Apskatāmajā laika periodā lielākā minimālās un maksimālās temperatūras izmaiņu ātruma starpība par 6,1 °C tikusi novērota martā:

1969. gada martā (maksimālās reģistrētās temperatūras izmaiņas +8,5 °C, kad laika posmā no plkst. 06.00 līdz plkst. 12.00 temperatūras paaugstinās no –9,8 °C līdz –1,3 °C);

1966. gada martā (minimālās temperatūras izmaiņas +2,3 °C, kad laika posmā no plkst. 06.00 līdz plkst. 12.00 temperatūra paaugstinājās no –1,0 °C līdz +1,3 °C).

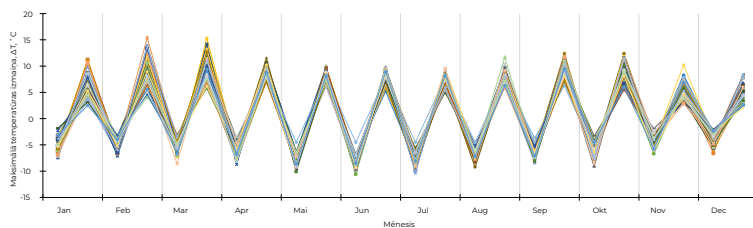
Temperatūras izmaiņām ir novērojama izteikta sezonālitate – no novembra līdz janvārim temperatūras izmaiņas gandrīz nav novērojamas, ΔT nepārsniedzot 2 °C. Februārī mēdz būt lielākas izmaiņas, ΔT sasniedzot arī +5,0 °C (2011. gada mēneša vidējā ΔT vērtība laika posmā no plkst. 06.00 līdz plkst. 12.00). Savukārt pārējos mēnešos (marts–oktobris) temperatūras izmaiņas kādā no iepriekš definētajiem sešu stundu laika sprīžiem var pārsniegt 4 °C līdz 5 °C. Vislielākās vidējās temperatūras izmaiņas ir novērotas no maija līdz septembrim, kad ΔT var sasniegt arī 6 °C līdz 7 °C. Līdz šim lielākās mēneša vidējās ΔT vērtības ir novērotas 1969. gada martā, sasniedzot +8,5 °C (laika posmā no plkst. 06.00 līdz plkst. 12.00), un 1994. gada jūlijā, sasniedzot –7,2 °C (laika posmā no plkst. 18.00 līdz plkst. 00.00).



2.1.3. – 2. attēls.

Mēneša diennakts stundas laika maksimālās, minimālās un vidējās temperatūras izmaiņas ΔT laika posmā no 1966. līdz 2020. gadam.

Apskatot mēneša maksimālās un minimālās diennakts temperatūras izmaiņas iepriekš definētajos sešu stundu laika sprīžos, var secināt, ka šis rādītājs sasniedz vidēji 7 °C (2.1.3. – 3. att.). Vislielākās temperatūras svārstības ir novērotas laika posmā no 1966. līdz 2020. gadam (novembris–marts), sasniedzot ΔT vērtības robežās no 3,9 °C līdz 11,3 °C. Kopumā maksimālā ΔT vērtība diennakts laikā katru gadu bijusi robežās no 6 °C līdz 15,4 °C.



2.1.3. – 3. attēls.

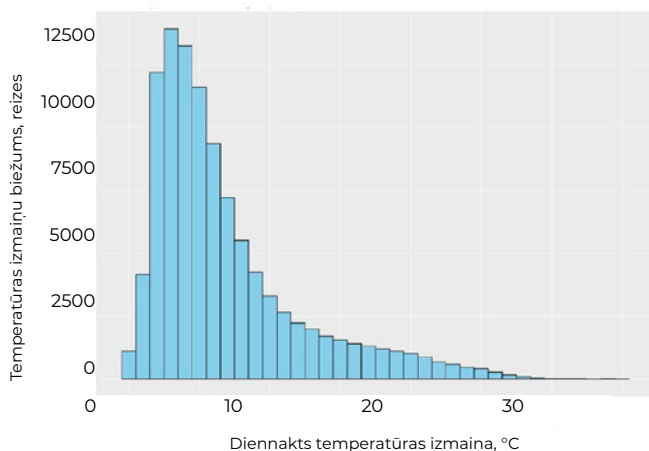
Mēneša diennakts sešu stundu ilgu laika posmu temperatūras maksimālās izmaiņas ΔT no 1966. līdz 2020. gadam. Katras krāsas līkne attiecas uz atsevišķu gadu.

Kopš 1961. gada vidējā diennakts negatīvā ΔT vērtība janvārī ir samazinājusies no -5,9 °C (laika posmā no 1961. līdz 1970. gadam) līdz -4,6 °C (laika posmā no 2015. līdz 2020. gadam). Vidēji ziemas perioda diennakts negatīvā ΔT vērtība ir samazinājusies par 1,5 °C līdz 2 °C. Diennakts pozitīvā ΔT vērtība janvārī ir samazinājusies no +7,9 °C (laika posmā no 1961. līdz 1970. gadam) līdz +4,7 °C (laika posmā no 2015. līdz 2020. gadam).

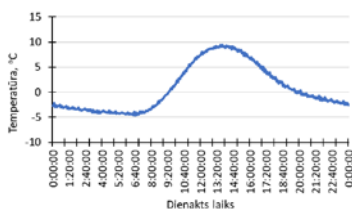
Vasaras periodā diennakts negatīvās un pozitīvās ΔT vērtības kopš 1961. gada mainījušās mazākā mērā. Diennakts pozitīvā ΔT vērtība jūlijā ir paaugstinājusies no +7,02 °C (laika posmā no 1961. līdz 1970. gadam) līdz +7,85 °C (laika posmā no 2015. līdz 2020. gadam). Savukārt vidējā diennakts negatīvā ΔT vērtība jūlijā ir samazinājusies no -8,3 °C (laika posmā no 1961. līdz 1970. gadam) līdz -7,7 °C (laika posmā no 2015. līdz 2020. gadam).

Ievērojot to, ka vislielāko ietekmi uz ceļu un tiltu infrastruktūras integritāti veido straujas temperatūras izmaiņas, it īpaši temperatūrai šķērsojot 0 °C vērtību, pētījumā tam tika pievērsta īpaša uzmanība. Pētījumā tika analizēti no 2000. līdz 2020. gadam ievāktie dati par ziemas sezonu (15. novembris – 15. marts), no tiem izslēdzot ierakstus ar temperatūras svār-

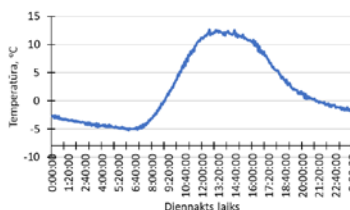
stībām, kas ir lielākas par +20 °C, kas liecina par acīmredzamu kļūdu (datos ir, piemēram, temperatūra +89 °C) un kas nav ticamas vērtības. No iegūtajiem datiem tiek noteiktas diennakts svārstību amplitūdas, izveidoti raksturīgie diennakts profili visbiežāk novēroto (temperatūras svārstības zem 20 °C) un retāk novēroto datu grupām (temperatūras svārstības virs 20 °C), kā arī aprēķināti ceļa virsmas seguma temperatūras diennakts izmaiņu ātrumi un to dinamika 10–20 gadu laikā. 2.1.3. – 4. attēlā redzamas ceļu seguma virsmas temperatūru svārstības ziemas sezonā laika periodā no 2000. līdz 2020. gadam.



Analizējot histogrammu, secināts, ka visbiežāk temperatūra diennakti svārstās robežās no 3 °C līdz 7 °C, bet ekstremālās svārstības ir no 14 °C līdz 20 °C robežās. Visbiežāk novēroto un retāk novēroto datu grupām izveidotie diennakts profili redzami 2.1.3. – 5. attēlā.



a



b

Izmantojot diennakts temperatūras profilus, tika noteikti ceļu seguma virsmas temperatūru izmaiņu ātrumi, galvenie secinājumi par tiem apkopoti 5.1.3. – 1. tabulā.

2.1.3. – 4. attēls.

Ceļu seguma virsmas temperatūru svārstības laika periodā no 2000. līdz 2020. gadam un to biežuma histogramma.

2.1.3. – 5. attēls.

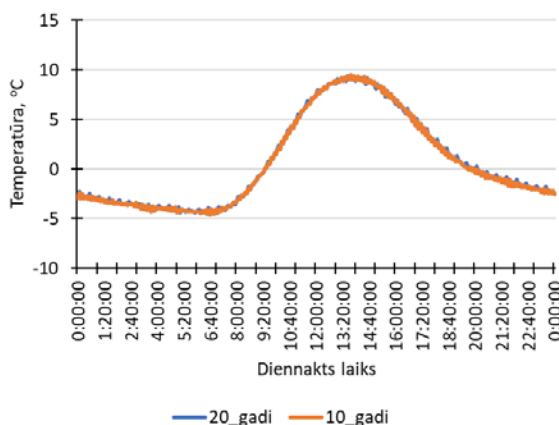
Ceļu seguma virsmas temperatūras izmaiņu diennakts profili:
a – visbiežāk novēroto datu grupai;
b – retāk novēroto datu grupai.

2.1.3. –1. tabula.

Ceļu seguma virsmas temperatūras izmaiņu ātrumi

Visbiežāk novēroto datu grupa	Retāk novēroto datu grupa
Temperatūras pieaugums notiek no plkst. 6.30 līdz plkst. 14.00 jeb 7,5 stundu laikā, kam seko temperatūras samazinājums piecu stundu laikā no plkst. 14.00 līdz plkst. 19.00. Vidējās diennakts temperatūras svārstības – 14 °C. Maksimālais ceļa seguma virsmas temperatūras pieauguma ātrums – +1,9 °C/stundā. Maksimālais ceļa seguma virsmas temperatūras samazinājuma ātrums –1,7 °C/stundā.	Temperatūras pieaugums notiek no plkst. 6.30 līdz plkst. 13.00 6,5 stundu laikā ar sekojošu temperatūras samazinājums trīs stundu laikā no plkst. 16.00 līdz plkst. 19.00. Vidējās diennakts temperatūras svārstības – 18 °C. Maksimālais ceļa seguma virsmas temperatūras pieauguma ātrums – +2,7 °C/stundā. Maksimālais ceļa seguma virsmas samazinājuma ātrums –gandrīz –4,0 °C/stundā.

20 un 10 gadu aprēķini visbiežāk novēroto datu grupai ir salīdzināti 2.1.3. –6 attēlā.



2.1.3.–6 attēls.

Ceļu seguma virsmas diennakts temperatūras profilu ilgtermiņa izmaiņu dinamikas novērtējums.

Analizējot ceļu seguma virsmas temperatūras izmaiņu diennakts profilus 10 un 20 gadu griezumā, būtiskas novirzes nav konstatētas.

2.1.4. Grunts sasaluma temperatūra

Grunts sasaluma dziļums ir tieši atkarīgs no diviem būtiskiem faktoriem:

- cik zema ir gaisa temperatūra;
- zemās gaisa temperatūras iedarbības ilgums.

Statistikas datos pieejami mērījumi par grunts sasaluma temperatūru četros dažādos dziļumos zem dabiskās veģetācijas – 0,2 m, 0,4 m, 0,8 m un 1,6 m. Kopš 1986. gada, kad šis rādītājs pirmo reizi minēts statistikas datos, grunts sasalums 1,6 m dziļumā zem dabiskās veģetācijas virsmas nav novērots. Attiecīgajā novērošanas periodā grunts sasalums 0,8 m dziļumā zem dabiskās veģetācijas virsmas ir konstatēts tikai divos gadījumos:

- 2006. gadā no 10. februāra līdz 13. martam Daugavpilī, kad temperatūra gruntī 0,8 m dziļumā sasniedza $-0,1\text{ °C}$... $-0,2\text{ °C}$;
- 2013. gada 15. martā Dobelē, kad temperatūra gruntī 0,8 m dziļumā sasniedza $-1,1\text{ °C}$.

Tomēr šie dati varētu būt saistīti ar mērījumu kļūdām, un turpmāk pētījumā tie nav analizēti. Tādējādi sala ietekme uz ceļu infrastruktūru laika periodā kopš 1986. gada novērtēta, vadoties pēc grunts sasalšanas zem dabiskās veģetācijas virsmas 0,2 m un 0,4 m dziļumā. Katrs novērojums ir reģistrēts gadījumā, kad 0,2 m vai 0,4 m dziļumā temperatūra samazinājās zem 0 °C .

Jāatzīmē, ka dati par temperatūru zem dabiskās veģetācijas virsmas nav pieejami visām meteoroloģiskajām stacijām vienādā daudzumā, kas neļauj veikt pietiekami daudzpusīgu un visaptverošu analīzi. No pieejamajiem staciju datiem iegūtie rezultāti par grunts sasalumu 0,4 m dziļumā ir apkopoti 2.1.4. – 1. tabulā.

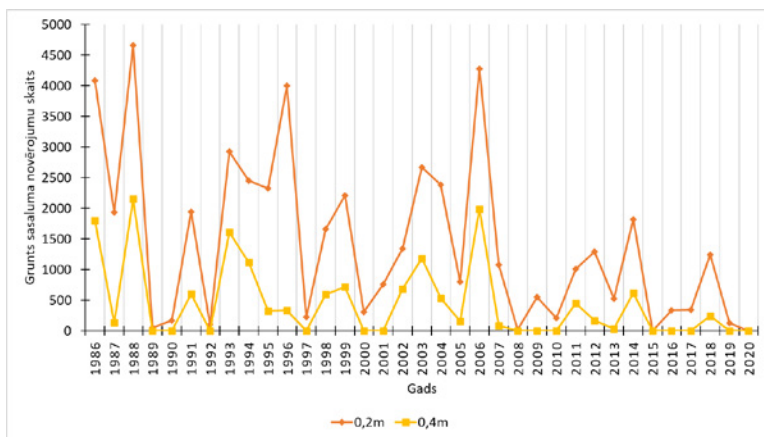
2.1.4. –1. tabula.

Sasalšanas gadījumu skaits gadā zem dabiskās veģetācijas virsmas
0,4 m dziļumā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem)

Novērošanas gads	Meteoroloģiskās stacijas										Kopā
	Daugavpils	Dobeļe	Gulbene	Liepāja	Priekuiji	Rēzekne	Rīga- Spilve	Rūjiena	Stende	Zosēni	
1986	401	363	77	195	-	-	475	292	-	-	1803
1987	-	-	-	135	-	-	-	-	-	-	135
1988	463	-	442	-	26	321	-	302	390	210	2154
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1991	230	2	-	-	-	-	-	130	235	-	597
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1993	316	-	123	-	-	160	-	-	83	930	1612
1994	-	-	-	192	-	227	-	-	216	482	1117
1995	28	-	-	-	-	-	-	31	71	199	329
1996	68	-	-	-	-	-	-	-	21	241	330
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1998	140	-	-	-	-	-	-	215	61	172	588
1999	340	-	-	-	-	-	-	319	-	60	719
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2002	188	-	-	142	-	-	-	151	-	202	683
2003	208	-	-	147	-	-	-	132	594	100	1181
2004	-	74	-	17	-	-	-	-	-	440	531
2005	-	-	-	157	-	-	-	-	-	-	157
2006	632	1	-	169	263	-	-	424	1	496	1986
2007	-	1	-	85	-	-	-	-	-	-	86
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2009	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2010	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2011	-	119	-	329	-	-	-	-	-	-	448
2012	66	2	-	101	-	-	-	-	-	-	169
2013	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	37
2014	165	230	-	-	-	-	-	-	-	222	617
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2016	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2017	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2018	118	3	-	117	-	-	-	-	-	-	238
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Kopā	3363	837	642	1786	289	708	475	1996	1672	3754	

Vēsturiski visvairāk grunts sasalšanas gadījumu novērots 1986., 1993., 2003. un 2006. gadā. Analizējot no meteoroloģiskajām stacijām iegūtos datus par laika periodu no 1986. līdz 2020. gadam, svarīgi atzīmēt, ka Zosēnu stacijā kopumā ir novērots vislielākais grunts sasalšanas gadījumu skaits (3754 novērojumi), tai seko Daugavpils (3363 reģistrēti novērojumi). Tajā pašā laikā Rucavas, Bauskas un Rīgas-Spilves stacijās grunts sasalšana 0,4 m dziļumā netika reģistrēta (10.4. pielikums "Grunts sasaluma temperatūra").

Analizējot 2.1.4. – 1. tabulas datus, var secināt, ka kopš 1986. gada grunts temperatūra zem 0 °C 0,4 m dziļumā reģistrēta neregulāri.



2.1.4. – 1.

attēls. Kopējais grunts sasaluma novērojumu skaits 0,2 m un 0,4 m dziļumā laika periodā no 1986. līdz 2020. gadam (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Kā liecina 2.1.4. – 1. attēla dati, novērojumu skaits grunts sasalšanai 0,2 m dziļumā ir sastopams biežāk nekā 0,4 m dziļumā. Tādējādi var secināt, ka šāds sasalums un tā periodiskums ir raksturīgs Latvijas klimatam un tas labāk raksturo klimatisko apstākļu maiņu ilgstošā laika periodā, kā arī dod vairāk datu pilnvērtīgas analīzes veikšanai.

Atbilstoši 5.1.4. – 2 tabulas datiem kopējais grunts sasaluma novērojumu skaits gadā 0,2 m zem veģetācijas līmeņa samazinās, kas ir īpaši pamanāms laika periodā no 2008. līdz 2020. gadam, kad gada kopējais novērojumu skaits svārstījās robežās no 0 (2020. gadā) līdz 1816 (2014. gadā). Savukārt laika posmā no 1986. līdz 2007. gadam kopējais novērojumu skaits gadā svārstījās robežās no 50 (1989. gadā) līdz 4664 (1988. gadā).

2.1.4. – 2. tabula.

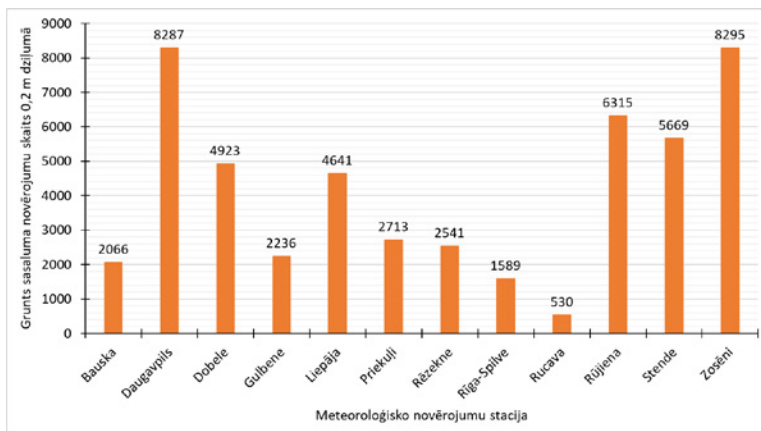
Sasalšanas gadījumu skaits gadā zem dabiskās veģetācijas virsmas 0,2 m dziļumā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem)

2. Pašreizējā klimata novērtējums

Novērošanas gads	Meteoroloģiskās stacijas												Kopā
	Bauska	Daugavpils	Dobele	Gulbene	Liepāja	Priekuiji	Rēzekne	Rīga-Spilve	Rucava	Rūjiena	Stende	Zosēni	
1986	421	686	537	242	283	-	293	433	-	841	-	349	4085
1987	-	441	-	-	504	-	8	28	-	852	-	103	1936
1988	346	584	330	506	-	560	436	467	-	506	387	542	4664
1989	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
1990	-	46	-	30	-	-	-	-	-	88	-	-	164
1991	86	304	152	225	-	184	163	76	-	372	322	60	1944
1992	-	96	-	-	1	-	-	-	-	-	5	1	103
1993	239	654	87	203	197	177	330	-	-	58	319	659	2923
1994	380	330	-	104	245	-	462	-	-	-	398	532	2451
1995	150	396	48	19	112	-	193	213	-	201	561	429	2322
1996	444	571	84	-	306	-	632	348	-	375	511	727	3998
1997	-	43	-	-	30	-	24	24	-	31	-	73	225
1998	-	199	164	-	94	284	-	-	-	276	239	406	1662
1999	-	502	1	-	-	549	-	-	-	524	173	463	2212
2000	-	78	-	-	-	-	-	-	-	151	4	76	309
2001	-	261	176	-	8	-	-	-	-	106	-	210	761
2002	-	333	93	127	116	113	-	-	28	195	87	249	1341
2003	-	234	140	231	258	128	-	-	46	603	839	186	2665
2004	-	-	669	-	192	-	-	-	-	246	620	660	2387
2005	-	-	-	-	340	-	-	-	24	-	-	432	796
2006	-	608	261	457	458	563	-	-	82	583	639	627	4278
2007	-	233	-	-	214	73	-	-	7	164	-	387	1078
2008	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	17
2009	-	-	447	-	60	-	-	-	-	-	-	41	548
2010	-	-	135	-	66	-	-	-	-	-	-	4	205
2011	-	-	383	-	341	-	-	-	283	-	-	-	1007
2012	-	405	81	-	193	-	-	-	60	-	388	161	1288
2013	-	-	296	-	193	-	-	-	-	-	32	-	521
2014	-	365	436	92	147	82	-	-	-	143	145	406	1816
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	331	332
2017	-	223	5	-	17	-	-	-	-	-	-	100	345
2018	-	645	269	-	249	-	-	-	-	-	-	81	1244
2019	-	-	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kopā	2066	8287	4923	2236	4641	2713	2541	1589	530	6315	5669	8295	

Stacijās, kurās noteiktā gadā netika reģistrēta grunts sasalšana, gads tika atzīmēts ar “-”, kopējā novērojumu skaita ierakstot “0”

Vislielākais grunts sasaluma novērojumu skaits 0,2 m dziļumā, līdzīgi kā 0,4 m dziļumā, ir novērots Zosēnu (8295), Daugavpils (8287), Rūjienas (6315) un Stendes (5669) stacijās, kā arī Dobelē (4923) un Liepājā (4641) (2.1.4. – 2. att.).

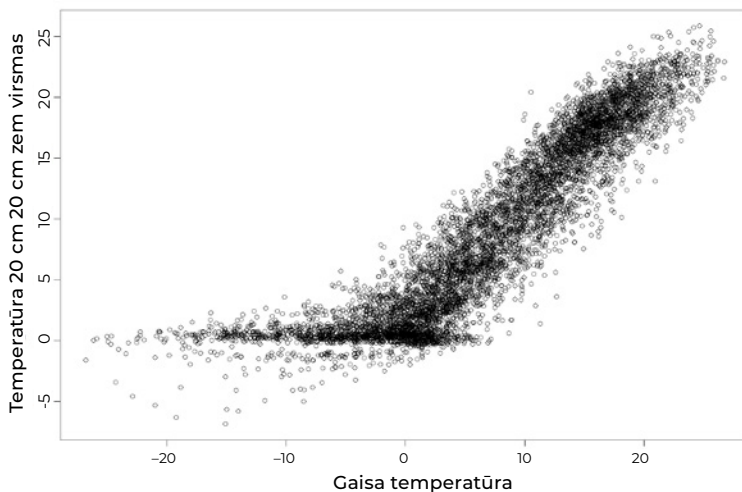


2.1.4. – 2. attēls.

Atsevišķās metroloģiskajās stacijās fiksētais grunts sasaluma novērojumu skaits 0,2 m dziļumā laika periodā (no 1986. līdz 2020. gadam) (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Analizējot šo sešu staciju datus pa gadiem, redzams, ka līdz šim maksimālais grunts sasalšanas gadījumu skaits 0,2 metru dziļumā (852) tika reģistrēts 1987. gadā Rūjienā. Vienlaikus, ja laika posmā no 1986. līdz 2006. gadam grunts sasalšanas 0,2 m dziļumā gadījumu skaits ap 400 uz vidējo nosacīto staciju periodiski atkārtojās vismaz reizi 10 gados (1986., 1988., 1996, 2006. gadi), tad pēc 2006. gada šādi gadījumi vairs nav novēroti (10.4. pielikums “Grunts sasalums”).

2.1.4. – 3. attēlā apskatīta faktiskās gaisa temperatūras ietekme uz grunts temperatūru 0,2 m dziļumā. Kā tipisks gadījums tika analizēti no Daugavpils stacijas iegūtie temperatūras mērījumu rezultāti, attiecinot tos uz visām stacijām valstī.



2.1.4. – 3. attēls.

Gaisa temperatūras ietekme uz grunts temperatūru 0,2 m dziļumā (°C) Daugavpils stacijā laika periodā no 2004. līdz 2023. gadam (R studio veidots grafiks).

Apskatot iegūtos rezultātus, var izcelt šādas tendences:

- lineāra grunts temperatūras atkarība no gaisa temperatūras pozitīvo temperatūru diapazonā, kad novērojama grunts uzsilšana līdz ar gaisa temperatūras pieaugumu;
- gaisa temperatūrai samazinoties zem 0 °C, grunts 0,2 m dziļumā uzreiz nesasalst un pārsvarā turas ap 0 °C; sasalšanas dziļums ir atkarīgs no sniega un/vai augu valsts segas esamības, grunts tipa, mitruma, siltumietilpības un citiem faktoriem; mitrums aizkavē sasalšanu, jo, ūdenim sasalstot, izdalās siltums, kas aizkavē dziļāku grunts sasalšanu; tādējādi diennakts laikā, temperatūrai svārstoties ap 0 °C, grunts sasalšana 20 cm dziļumā notiek salīdzinoši reti;
- jo zemāka ir gaisa temperatūra, jo biežāk ir novērojama grunts sasalšana 0,2 m dziļumā.

Komplicētākos gadījumos grunts temperatūra 0,2 m dziļumā var aprēķināt, izmantojot regresijas modeli (2.1.4. – 1. vienādojums). Tas atspoguļo grunts temperatūras 0,2 m dziļumā atkarību no gaisa temperatūras piecu diennakšu laikā. Modelis tika izvēlēts, pamatojoties uz loģiskām sakarībām un datu statistisko nozīmi.

$$Y_t = 1,2957 + 0,26296 \cdot T_{t-1} + 0,11783 \cdot T_{t-2} + 0,12141 \cdot T_{t-3} + 0,03586 \cdot T_{t-4} + 0,23869 \cdot T_{t-5} \quad (2.1.4. - 1. \text{ vienādojums})$$

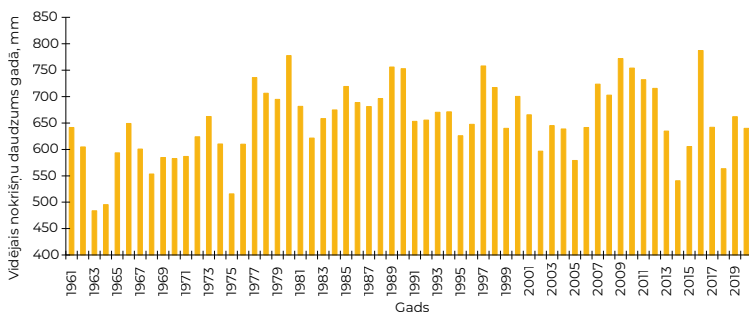
kur: Y_t – zemes temperatūra 20 cm dziļumā t dienā, °C;
 T_{t-1} – gaisa temperatūra t-i dienā, $i \in (0,5)$, °C.

Šis modelis tika izmantots, lai prognozētu grunts temperatūras izmaiņas 0,2 m dziļumā 20 nākamo gadu laikā.

2.2. Nokrišņi

2.2.1. Vidējais nokrišņu daudzums

Nokrišņu daudzums laika gaitā ir svārstījies, un, kā redzams 2.2.1. – 1. attēlā, ir novēroti gadījumi, kad gadam ar lielu nokrišņu daudzumu seko gads ar mazāku nokrišņu daudzumu. Īpaši izteikti tas novērots laika posmā no 2012. līdz 2020. gadam, kad starpība starp nākamo un iepriekšējo gadu veidoja +181,7 mm (2015.–2016. gads) un –145,2 mm (2016.–2017. gads). Laika periodā no 1990. līdz 2020. gadam mazākais valsts vidējais gada kopējais nokrišņu daudzums tika novērots 2014. gadā (540,5 mm), savukārt lielākais nokrišņu daudzums – 2016. gadā (787,2 mm).

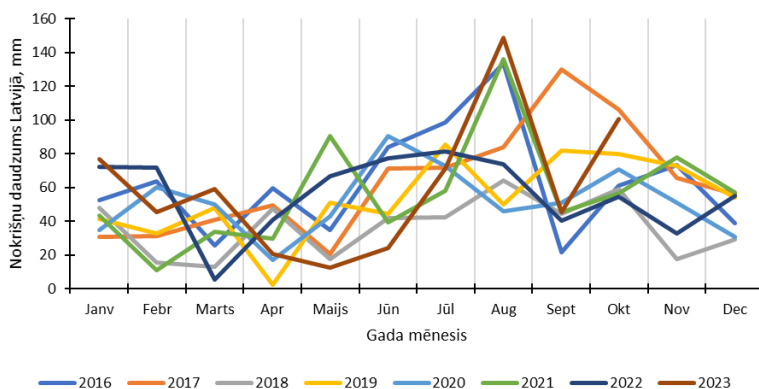


2.2.1. – 1. attēls.

Vidējais nokrišņu daudzums gadā, mm (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Savos pētījumos LVĢMC norāda, ka pēdējo 50–70 gadu griezumā tiek novērots nebūtisks nokrišņu daudzuma palielinājums. Tomēr īstermiņa periodā – no 2005. līdz 2020. gadam – gada nokrišņu summa uzrāda samazinājumu (Seminārs par Latvijas jūras krasta erozijas novērtēšanu un klimata pārmaiņām, 2014. gada 13. martā [13]).

Tika apskatīta arī staciju vidējā mēneša nokrišņu daudzuma sezonālitate. Piemēram, kā redzams 2.2.1. – 2. attēlā, no 2016. līdz 2020. gadam vasaras sezonā no jūnija līdz septembrim ir reģistrēts lielāks vidējais mēneša nokrišņu daudzums nekā pārējos mēnešos.



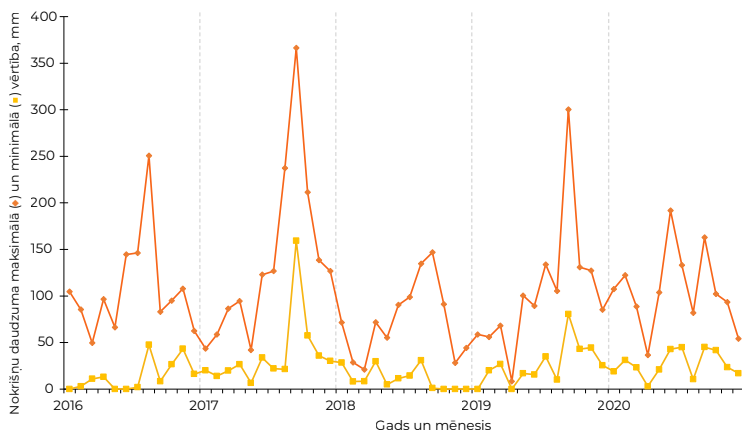
2.2.1. – 2. attēls.

Vidējais mēneša nokrišņu daudzums Latvijā, mm (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Apskatāmajā periodā vislielākais vidējais mēneša nokrišņu daudzums bija 2017. gada septembrī (259,9 mm). Savukārt ziemas un pavasara mēnešos nokrišņu daudzums ir ievērojami mazāks. Līdz šim mazākais vidējais mēneša nokrišņu daudzums tika novērots 2019. gada aprīlī – tikai 2,2 mm.

Apskatot 2.2.1. – 3. attēlu, var secināt, ka nokrišņu daudzumam mēnesī ir ievērojams cikliskais raksturs. Laika posmā no 2016. līdz 2020. gadam lielākais nokrišņu daudzums mēnesī tika reģistrēts 2017. gadā Liepājas stacijā – 366,4 mm (minimālais novērojums šajā mēnesī bija 159,2 mm Rūjienā). Otrs lielākais nokrišņu daudzums mēnesī tika novērots 2019. gada septembrī Rucavā – 300,4 mm (minimālais novērojums attiecīgajā mēnesī bija 80,6 mm Dobelē).

Dažās stacijās ir novēroti beznokrišņu periodi, piemēram, Liepājā un Rucavā laika posmā no 2018. oktobra līdz 2019. gada janvārim.



2.2.1. – 3. attēls.

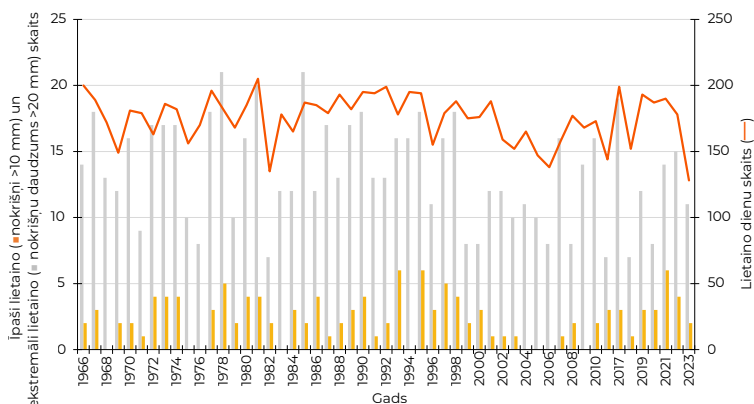
Nokrišņu maksimālais un minimālais daudzums mēnesī, mm. Ar pārtrauktajām līnijām parādīts gada sākums (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

2.2.2. Nokrišņu ekstrēmi

Ekstremālo nokrišņu daudzuma novērtēšanai tika izmantoti šādi radītāji:

- mSDII – dienu, kad ir nokrišņi (vismaz 1 mm), skaits gadā;
- R10mm – īpaši lietaino dienu, kad nokrišņi ir virs 10 mm, skaits gadā;
- R20mm – ekstremāli lietaino dienu, kad nokrišņi ir virs 20 mm, skaits gadā;
- RX1hour – lielākie nokrišņi stundas laikā, mm;
- stundas laika nokrišņu daudzums un biežums (histogramma).

Ekstremālo nokrišņu analīzei tika izmantoti indikatīvās stacijas dati, izmantojot vadošo indikatoru metodi (*leading indicator*). Par indikatīvo staciju tika pieņemta Skultes stacija, kuras nokrišņu daudzums, skaits un struktūra ir līdzīgas Latvijas vidējiem datiem. Skultes stacijas datu analīze atspoguļota 2.2.2. – 1. attēlā.

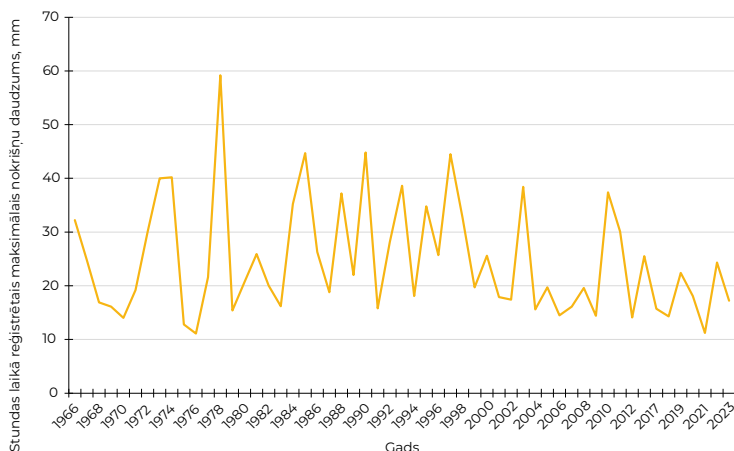


2.2.2. – 1. attēls.

Lietaino, īpaši lietaino un ekstremāli lietaino dienu skaita dinamika pa gadiem.

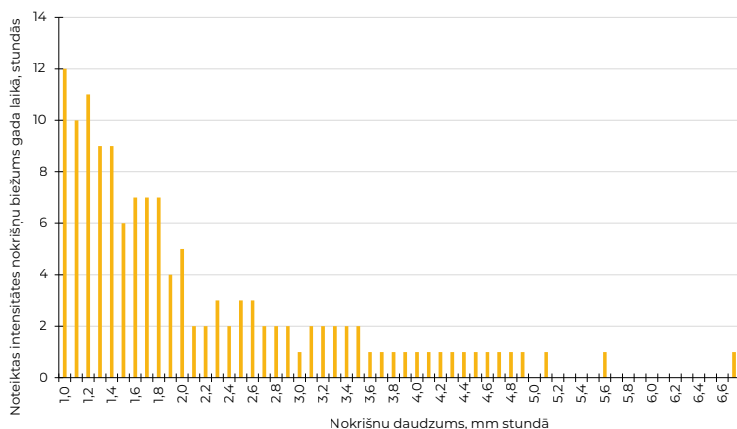
2.2.2. – 1. attēlā redzams, ka kopējo lietaino dienu skaits Latvijā kopš pagājušā gadsimta 60. gadiem nav būtiski palielinājies. Svarīgi atzīmēt, ka 5.2.2. – 1. attēls atspoguļo nepilnu 2023. gadu (tikai 10 mēnešus), līdz ar to redzamais kritums perioda beigās varētu nebūt objektīvs. Kopumā īpaši lietaino un ekstremāli lietaino dienu skaits gadā (nav izteikti R10mm un R20mm) palielinājies.

Šo informāciju papildina 2.2.2. – 2. attēlā redzamās stundas laikā reģistrēto maksimālo nokrišņu daudzuma svārstības pa gadiem. Ir būtiski atzīmēt, ka analizējamā laika periodā ir mainījusies novērtēšanas metodoloģija, tādēļ, lai gan 2.2.2. – 2. attēlā pēdējo 15 gadu laikā ir vērojams nokrišņu maksimuma samazinājums, šo informāciju ir nepieciešams izskatīt kritiski un izmantot kopā ar 2.2.2. – 3. attēlā redzamo informāciju par nokrišņu biežumu.



2.2.2. – 2. attēls.

Stundas laikā reģistrētā maksimālā nokrišņu daudzuma dinamika no 1966. līdz 2023. gadam.



2.2.2. – 3. attēls.

Mērenu nokrišņu daudzuma un biežuma histogramma.

2.2.2. – 3. attēlā dotā histogramma atspoguļo mērenu nokrišņu intensitāti no 1 mm līdz 6,7 mm stundā. Nokrišņu daudzums zem 1 mm/stundā ir novērots pārāk bieži, lai pārskatāmā veidā to varētu atspoguļot grafikā (827 stundas), līdz ar to šajā analizē tie netika apskatīti. Vidējā līmeņa lietus ar nokrišņu daudzumu 4–5 mm stundā tiek novērots 20–22 reizes gadā. Savukārt nokrišņu daudzums virs 6,7 mm/stundā konstatēts retos gadījumos. Piemēram:

- intervālā 7–9 mm nokrišņi novēroti reizi gadā;
- intervālā 9–11 mm nokrišņi novēroti vienu reizi trīs gados;
- intervālā 11–13 mm nokrišņi novēroti vienu reizi četros gados.

2.2.3. Plūdi

Plūdi (teritorijas pārplūšana, parasti ar palu un lietus ūdeņiem), īpaši pēkšņu plūdu gadījumi, kas strauji sākas intensīvu nokrišņu un sniega kušanas rezultātā, ietekmē gan ceļa segumu, gan ceļa konstruktīvos slāņus [14].

Pētniecības interesi par ārkārtīgiem nokrišņiem lielā mērā var saistīt ar to tiešo ietekmi uz hidroloģiskā režīma izmaiņām, plūdu intensitāti un biežumu, kā arī postošo ietekmi uz infrastruktūru un apdzīvotām vietām. Kā liecina Pasaules Meteoroloģijas organizācijas dati [15], plūdi ir pēdējās desmitgades biežākā ekstrēmā parādība pasaulē, kas nereti saistīta ar lieliem postījumiem.

2.2.3. – 1. attēlā redzamas galvenās plūdu riska zonas Latvijā, tās kopumā var iedalīt šādi: plūdu apdraudētās teritorijas upju potamālajos (lēnteces) posmos; plūdu apdraudētās teritorijas Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē; lietus plūdu apdraudētās teritorijas. Pētījuma nodošanas brīdī aktuālākā informācija par plūdu riska zonām Latvijā pieejama “Sākotnējā plūdu riska novērtējumā [16].

LVĢMC veic ūdens līmeņa monitoringu un ir uzstādījusi ūdens līmeņa novērošanas stacijas visā valsts teritorijā. Kā

redzams 2.2.3. – 1. attēlā, īpaši daudz to ir Rīgas un Jelgavas apkaimē jeb Viduslatvijas zemienē, kā arī Austrumlatvijas zemienē gar Daugavu.



2.2.3. – 1. attēls.

Karte ar plūdu riska zonām. Ar zaļajiem marķieriem parādītas ūdens līmeņa novērošanas stacijas [17].

Plūdu biežuma novērtēšanai tika noteikts dienu skaits, kad ūdens līmenis sasniedza oranžā līmeņa brīdinājumu (2.2.3. – 1. un 2.2.3. – 2. tabulā). Stacijās, kurās noteiktā gadā netika reģistrēts brīdinājumam atbilstošs ūdens līmeņa paaugstinājums vai novērojums netika reģistrēts, gads atzīmēts ar “–”, kopējā novērojumu skaitā ierakstot “0”. Oranžā līmeņa brīdinājums, kas definēts LVĢMC plūdu riska informācijas sistēmā, nozīmē ūdens līmeni, kas tiek novērots ar atkārtotās biežumu reizi 10 gados, liecinot par retiem gadījumiem, taču ar būtiskām sociālekonomiskām sekām un zaudējumiem, kas saistīti ar plūdiem [17]

2.2.3. – 1. tabula.

Aprēķinātie brīdinājuma līmeņi dažādās novērojumu stacijās, cm

Aprēķinātais brīdinājuma līmenis*	Daugavpils	Vaikujāni	Lubāna	Jēkabpils	Plaviņas	Lielpeči	Starīni	Valmiera	Rīga-Andrejosta	Carnikava	Staļģene	Bauska	Kalnciems
Dzeltenais	600	438	451	600	971	306	197	332	241	260	345	190	99
Oranžais	750	611	537	660	1221	342	272	382	281	314	473	266	161
Sarkanais	880	695	583	840	1291	418	318	483	311	353	541	322	206

* Aprēķināts, ievērojot hidroloģisko novērojumu stacijas nulles līmeni.

2.2.3. – 2. tabula. Dienu, kad ūdens līmenis atbilst oranžā līmeņa brīdinājumam pa stacijām, skaits gadā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem)

Novērošanas gads	Meteoroloģiskās stacijas														
	Daugavpils	Vaiķujāni	Lubāna	Jēkabpils	Plaviņas	Lielpeči	Stariņi	Valmiera	Rīga-Andrejosta	Carnikava	Rīga	Staļģene	Bauska	Kalnčiems	Kopā
1960	-	-	-	-	-	3	-	6	-	-	-	-	-	-	9
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1962	14	12	10	-	-	4	4	8	-	-	-	-	3	6	61
1963	6	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	11
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1966	7	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	9	12
1968	6	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	10
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1970	20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	31
1971	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
1972	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1978	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
1979	-	2	14	-	3	-	-	-	-	-	-	2	4	7	32
1980	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1981	2	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
1982	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
1983	-	-	10	2	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	19
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	5
1986	8	6	14	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
1988	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1994	15	13	23	-	-	3	-	8	-	-	-	2	-	3	67



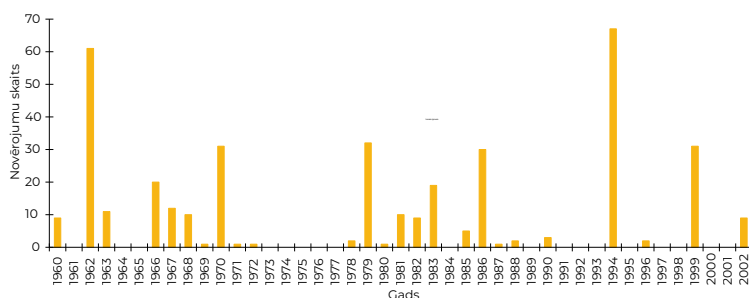
Novērošanas gads	Meteoroloģiskās stacijas														
	Daugavpils	Valkučāni	Lubāna	Jēkabpils	Plaviņas	Lielpeči	Stariņi	Valmiera	Rīga-Andrejosta	Carnikava	Rīga	Staiģene	Bauska	Kalnčiems	Kopā
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1999	-	-	23	-	1	-	-	6	-	-	-	-	1	-	31
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2002	-	-	-	-	1	-	-	5	-	3	-	-	-	-	9
Kopā	78	50	116	5	10	11	8	41	0	6	1	6	14	34	

Iekrāsoti gadi, kuros netika reģistrēts neviens oranžā limeņa gadījums.

Kā redzams 2.2.3. – 2. tabulā, kā arī 2.2.3. – 2. un 2.2.3. – 3. attēlā, laika gaitā plūdu biežums valstī ir bijis svārstīgs. Vislielākais plūdu gadījumu skaits tika novērots laika periodā no 1960. līdz 1969. gadam, kopumā sasniedzot 124 gadījumus, kam sekoja periodi ar mazāku plūdu gadījumu skaitu:

- no 1970. līdz 1979. gadam – 67 novērojumi;
- no 1980. līdz 1989. gadam – 77 novērojumi.

Savukārt no 1990. līdz 1999. gadam plūdu gadījumu skaits pieauga līdz 103 novērojumiem.



2.2.3. – 2. attēls.

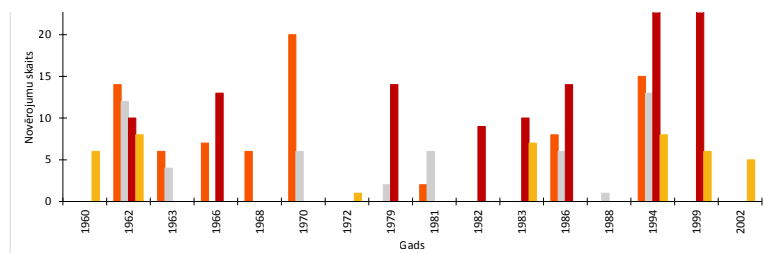
Kopējais plūdu biežums Latvijā pa gadiem (laika periods no 1960. līdz 2002. gadam) (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Analizējot šo informāciju, var secināt, ka lielam novēroto plūdu gadījumu skaitam seko periodi ar nelielu (mazāku par 10) vai 0 gadījumu skaitu. Apskatītajā laika periodā no 1960. līdz 2002. gadam lielākais plūdu biežums tika novērots 1994. gadā (67 gadījumi) un 1962. gadā (61 gadījums) (2.2.3. – 2. tabulā, 2.2.3. – 2. attēls).

Izvērtējot dotos datus, var izšķirt piecas stacijas ar augstāku plūdu biežumu nekā citviet, un tās ir Daugavpils, Vaikuļāni, Lubāna, Valmiera un Kalnciems (5.2.3. – 3. att.). Lubānas novērojumu stacija izceļas ar īpaši izteiktiem regulāriem plūdiem. Šajā stacijā lielākais vienā gadā reģistrēto plūdu skaits ir 23 gadījumi, kas novērots 1994. gadā un 1999. gadā. Analizējot visus līdz šim reģistrētos novērojumus, redzams, ka Lubānā plūdu biežums pieaudzis no 14 gadījumiem (laika periodā no 1970. līdz 1979. gadam) līdz 46 gadījumiem (laika periodā no 1990. līdz 1999. gadam). Nozīmīgs plūdu gadījumu skaita pieaugums reģistrēts arī Valmieras novērojumu stacijā:

- laika posmā no 1970. līdz 1979. gadam reģistrēts viens plūdu gadījums;
- laika posmā no 1980. līdz 1989. gadam reģistrēti septiņi plūdu gadījumi;
- laika posmā no 1990. līdz 1999. gadam reģistrēti 14 plūdu gadījumi.

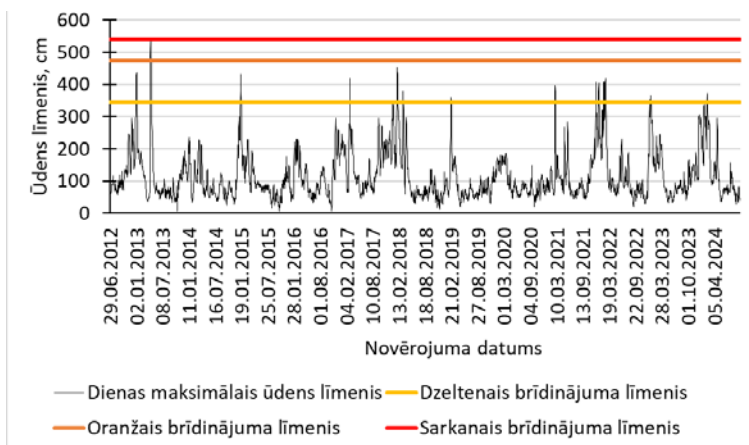
Turpretī Daugavpils novērojumu stacijā reģistrētais plūdu gadījumu skaits ir samazinājies.



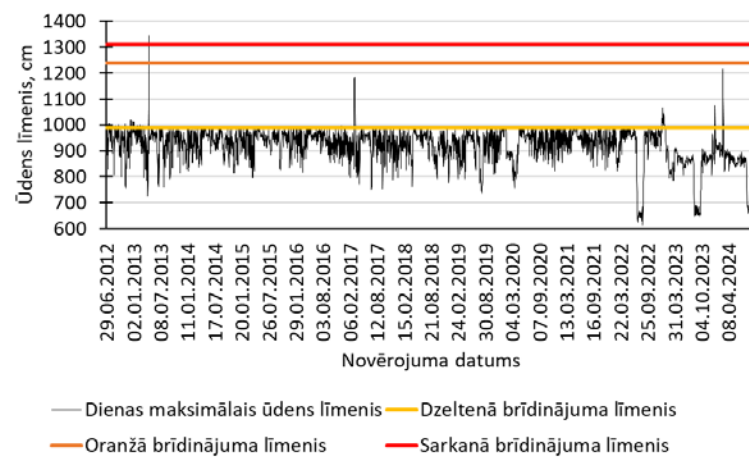
2.2.3. – 3. attēls.

Plūdu biežums četrās stacijās (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Ievērojot to, ka 2002. gadā tika veikts 0 līmeņa pārrēķins, plūdu datu statistiska salīdzināšana pirms un pēc 2002. gada ir aprūtināta. Neskatoties uz to, arī pēc 2002. gada viennozīmīgas tendences plūdu datos nav novērojamas. Dienas maksimālā ūdens līmeņa maiņa novērojumu periodā no 1970. līdz 2024. gadam būtiski nav mainījušās. Pēdējos gados salīdzinoši lielākās ūdens līmeņa svārstības novērotas stacijās “Jēkabpils”, “Pļaviņas”, “Vaikuļāni”, “Daugavpils” (Daugava) un “Staļģene” (Lielupe), kur svārstības novērojamas 100 cm un vairāk robežās (2.2.3. – 4. un 2.2.3. – 5. att.).



2.2.3. – 4. attēls.
Ūdens līmeņa svārstības Lielupē (Staļģenes stacija).



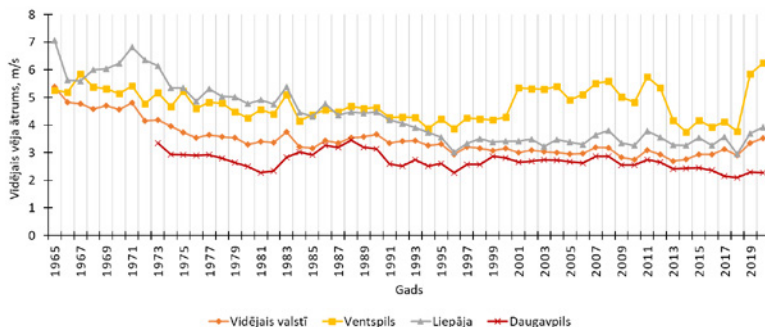
2.2.3. – 5. attēls.
Ūdens līmeņa svārstības Daugavā (Pļaviņu stacija).

2.3. Vējš

2.3.1. Vidējais vēja ātrums

Analizējot vēja ātrumu Latvijā novērošanas periodā no 1965. līdz 2022. gadam, var secināt, ka gada vidējais vēja ātrums valstī samazinājies par 11 % jeb par 0,38 m/s (2.3.1. – 1. attēls).

Viskrasākās vidējā vēja ātruma svārstības ir novērotas Ventspilī, kur apskatītajā laika periodā tika konstatēti vairāki vidējā vēja ātruma palielināšanās vai samazināšanās gadījumi. Vēja ātruma izmaiņas var saistīt ar klimata pārmaiņām. Tiek prognozēts, ka 21. gadsimta otrajā pusē klimata pārmaiņu ietekmē vēja ātrums palielināsies, ko papildinās biežuma [18, 19].

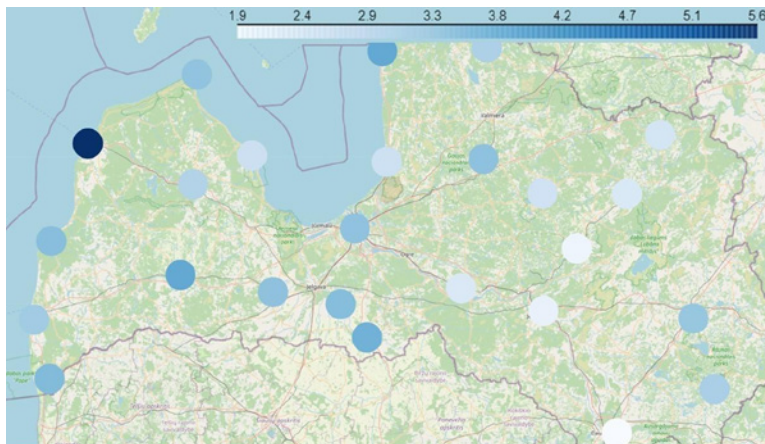


2.3.1. – 1. attēls.

Vēja vidējais ātrums Latvijā kopumā, kā arī Ventspils, Liepājas un Daugavpils novērojumu stacijās (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Salīdzinot 2.3.1. – 1. attēlā redzamo vidējo vēja ātrumu valstī ar Ventspils un Daugavpils staciju datiem (stacijas ar lielāko un mazāko vēja ātrumu), var secināt, ka vēja ātrumam ir izteikts ģeogrāfiskais raksturs.

Kā redzams 2.3.1. – 2. attēlā, Ventspils (tāpat kā Liepāja) ir tipisks piekrastes teritorijas punkts valstī, kur ir novērojamas pastiprinātas vēja brāzmas. Turpretī Latgales rietumu/ziemeļrietumu daļā un Vidzemes dienvidu/dienvidaustrumu daļā ir novērots zemāks vidējais vēja ātrums.



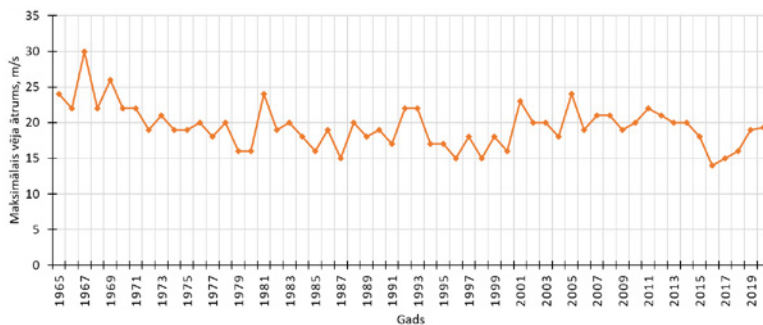
2.3.1. – 2. attēls.

Vidējais vēja ātrums (m/s) Latvijā dažādās novērojumu stacijās laika posmā no 1976. līdz 2022. gadam (autoru veidots, izmantojot LVĢMC datus).

2.3.2. Ekstremāls vējš

Maksimālais vēja ātrums Latvijā gadu laikā ir nedaudz samazinājies (2.3.2. – 1. attēls). Laika periodā no 1965. līdz 1990. gadam maksimālais gada vēja ātrums bija 20,15 m/s, savukārt laika periodā no 1991. līdz 2020. gadam šis lielums samazinājās līdz 18,88 m/s (6,34 % samazinājums). Līdz šim maksimālais vēja ātrums tika reģistrēts 1967. gadā, kad vējš sasniedza ātrumu 30 m/s. Nākamajos periodos jāizceļ šādi novērojumi par maksimālo vēja ātrumu:

- 1969. gadā – 26 m/s;
- 1981. gadā – 24 m/s;
- 1992.–1993. – 22 m/s;
- 2001. gadā – 23 m/s;
- 2005. gadā – 24 m/s;
- 2011. gadā – 22 m/s.



2.3.2. – 1. attēls.

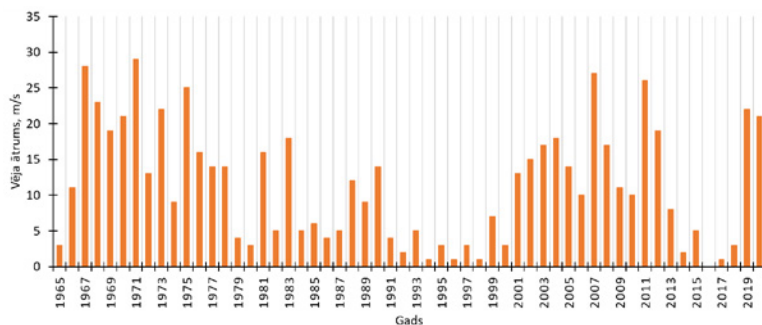
Maksimālais vēja ātrums Latvijā (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Saskaņā ar LVĢMC datiem, laika periodā no 1967. līdz 2013. gadam bijuši 13 īpaši stipru vēja brāzmu (> 21 m/s) novērojumi (2.3.2. – 1. tabula) [2].

5.3.2. – 1. tabula. Maksimālais vēja brāzmu ātrums (m/s) [2]

Nr.	Datums	Maksimālā vēja brāzmu ātruma vidējā robežvērtība, m/s	Maksimālā vēja brāzmu ātruma augstākā robeža, m/s	Maksimālā vēja brāzmu ātruma zemākā robeža, m/s
1.	1967., 17.–18.10.	29,25	48	20
2.	1969., 22.–23.10.	23,30	34	16
3.	1969., 01.–4.11.	29,13	44	20
4.	1978., 23.11.	25,13	32	22
5.	1983., 30.12–1984.01.01.	23,21	29	19
6.	1988., 30.–31.12.	22,55	28	18
7.	1993., 14.01.	25,14	35	19
8.	1993., 22.–23.01.	22,90	30	18
9.	2001., 31.10.–01.11.	23,23	36	17
10.	2001., 15.–16.11.	24,50	35	19
11.	2005., 8.–9.01.	29,09	40	24
12.	2008., 22.–23.02.	23,80	31	17
13.	2013., 28.–29.10.	23,16	30	17

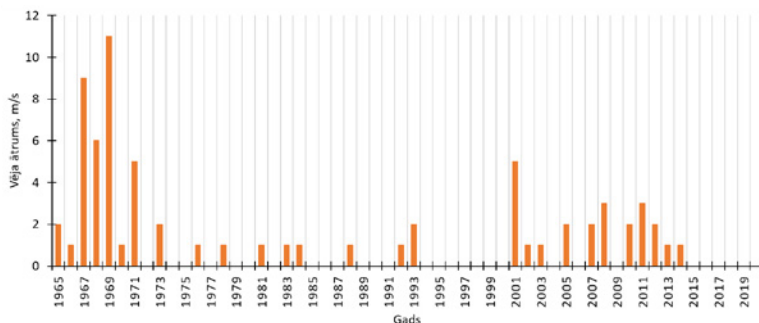
Kā redzams 2.3.2. – 2. attēlā, gadu laikā samazinājies diennakšu, kurās vēja ātrums brāzmās sasniedza no 15 m/s līdz 20 m/s, skaits. Laika periodā no 1965. līdz 1990. gadam vidēji tika novēroti 15,04 gadījumi, savukārt laika periodā no 2001. līdz 2020. gadam vidēji novēroti tikai 14,1 gadījums. Tomēr, neskatoties uz novēroto brāzmaino diennakšu skaitu samazinājumu, ir novērojami periodi, kuros maksimālais brāzmaino dienu skaits gadā sasniedz 20 un vairāk dienas. Līdz šim maksimālais brāzmaino diennakšu skaits tika novērots 1970. gadā, kad 29 dienas tika reģistrēts vēja ātrums robežās no 15 m/s līdz 20 m/s. Līdzīgs brāzmaino dienu skaits (28 dienas) novērots arī 1967. gadā. Laika periodā no 1976. līdz 2006. gadam novērots “bezvēja” periods, kurā vējaino dienu skaits nepārsniedza 20 dienu robežu. Savukārt kopš 2007. gada dienu skaits, kad vēja ātrums brāzmās bija no 15 m/s līdz 19,9 m/s, regulāri pārsniedz 20 diennaktis, sasniedzot maksimumus – 27 diennaktis (2007. gads) un 26 diennaktis (2011. gads).



2.3.2 – 4. attēls.

Diennakšu, kad vēja ātrums ir 15 m/s līdz 20 m/s, skaits (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Atsevišķi tika apskatīts vēja brāzmu skaits (diennaktī, valsts teritorijā), kad vēja ātrums pārsniedza 20 m/s. Vējš, kas brāzmās pārsniedz ātrumu 20 m/s, atbilst 9 balles stiprai vētraī un tiek klasificēts kā spēcīga vētra – tiek laužti koki, bojātas ēkas un norauti jumti vai tā elementi. Jūras tuvumā var būt samazināta redzamība ūdens miglošanās dēļ. Kā redzams 4.3. – 5. attēlā, dienu, kad kādā no stacijām novērotā vēja ātrums pārsniedz 20 m/s, skaits kopš pagājušā gadsimta vidus ir ievērojami samazinājies, proti, ir novērojami tikai divi īpaši izteikti gadu posmi, kuros šāds ekstremāls vēja ātrums novērots ar zināmu regularitāti – 1967.–1971. gads un 2001.–2011. gads. Pirmais periods bija nesalīdzināmi vējaināks – dienu skaits ar vēja ātrumu > 20 m/s bija deviņas dienas (1967. gadā) un 11 dienas (1969. gadā – līdz šim brīdim maksimālā reģistrētā ekstremāli stipra vēja vērtība). Otrajā periodā maksimālais ekstremāli vējaino dienu skaits bija tikai 3–5 dienas. Citos gados ekstremāli vējaino dienu skaits reti kad pārsniedza vienu dienu gadā.

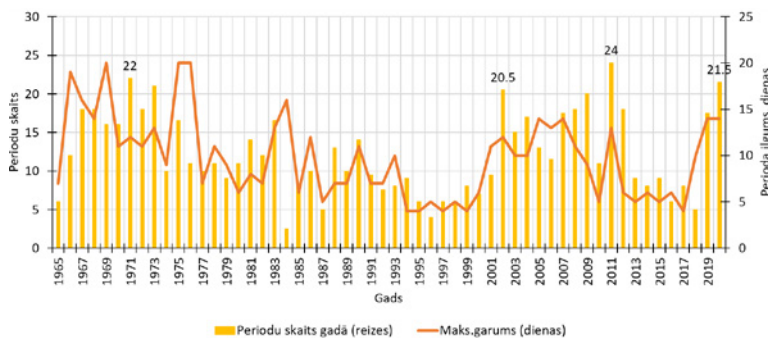


2.3.2. – 2. attēls.

Diennakšu, kurās ar vēja ātrums brāzmās ≥ 20 m/s, skaits (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Šajā pētījumā par vētraiņu dienu periodu pieņemts laika posms, kad vidējais vēja ātrums dienā pārsniedza 10 m/s vismaz trīs dienas pēc kārtas.

2.3.2. – 4. attēlā redzams, ka šādu periodu skaits laika gaitā svārstās bez skaidras tendences. Salīdzinoši viszemākais vētraiņu dienu periodu skaits bija 1984. gadā (trīs periodi), visaugstākais – 2011. gadā (24 periodi). 1984. gadā ilgākais periods bija 16 dienu, savukārt 2011. gadā – 13 dienu. 1996. un 2018. gads bija salīdzinoši mierīgs, šajos gados novēroti četri un pieci vētraiņu periodi, kuru maksimālais ilgums attiecīgi bija piecas un 10 dienas.



2.3.2. – 4. attēls.

Vētraiņu periodu skaits un vētraiņu periodu maksimālais garums (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

Līdz 1984. gadam maksimālais vētraiņu periodu ilgums bieži vien pārsniedza 15 dienas. Vēlāk tas samazinājās, un jau 90. gadu beigās ilgums nepārsniedza 3–4 dienas. Sākoties 21. gadsimtam, līdz ar vētraiņu periodu skaita pieaugumu palielinājās arī to maksimālais ilgums, kas sasniedza 10–14 dienas pēc kārtas. Līdzīgi vētraiņu periodu skaitam, arī to maksimālais ilgums laika posmā no 1991. līdz 2020. gadam rāda palielinājuma tendenci.

Vētraiņu periodiem ir izteikta sezonālitate – laika posmā no 1965. līdz 2020. gadam kopējais vētraiņu periodu skaits vasaras mēnešos bija izteikti mazāks nekā ziemā. Vismazākais vētraiņu periodu skaits novērots jūnijā – 16,5 periodi (periods ir mēnešu mijā), vislielākais skaits novērots decembrī – 87,5 periodi (10.5. pielikums “Vētraiņu dienu skaits”).

2.4. Pašreizējā klimata novērtējums būvniecības normatīvu kontekstā

2.4.1. Meteoroloģiskie parametri būvniecības regulējumā

Iepriekšējās apakšnodaļās apkopoti un analizēti pieejamie dati, kas tiešā un neapstrādātā veidā ir iegūstami no meteoroloģisko novērojumu stacijām.

Atsevišķu būvniecībā lietojamo meteoroloģisko parametru vērtības jau apstrādātā veidā ir iekļautas būvnormatīvos, un to lietošana ir obligāta. Galvenokārt tie ir LVĢMC veidoti aprēķini. Šajā apakšnodaļā apkopotas būvnormatīvu regulēto meteoroloģisko parametru izmaiņu tendences periodam no 2001. gada, kad stājās spēkā šo jomu regulējošā Latvijas nacionālā būvnormatīva (LBN) "Būvklimatoloģija" pirmā redakcija, līdz pētījuma pabeigšanas laikam. Laika gaitā pakāpeniska dažu parametru regulēšana ir pārņemta no Eirokodeksu (EC) standartu sistēmas.

Pētījuma izstrādes gaitā apskatīti šādi būvnormatīvi, standarti un to redakcijas [20]:

- LBN 003–01 "Būvklimatoloģija" (stājies spēkā 2001. gadā);
- LBN 003–15 "Būvklimatoloģija" (stājies spēkā 2015. gadā);
- LBN 003–19 "Būvklimatoloģija" (stājies spēkā 2019. gadā);
- LVS EN 1991–1–4 "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām. 1.–4. daļa. Vispārīgās iedarbes. Vēja iedarbes" (turpmāk EC1–1–4; stājies spēkā 2005. gadā) un tā Nacionālais pielikums (turpmāk – NP; stājies spēkā 2011. gadā);
- LVS EN 1991–1–5 "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām. 1.–5. daļa: Vispārīgās iedarbes. Termiskās iedarbes" (turpmāk: EC1–1–5; stājies spēkā 2004. gadā) un tā NP stājies spēkā 2014. gadā).

Šī pētījuma izstrādes gaitā, analizējot uzskaitītos būvnormatīvus, detalizēti tika apskatīti tie meteoroloģiskie rādītāji, par kuriem var formulēt secinājumus, citiem vārdiem sakot, tiem ir pieejami vēsturisko izmaiņu dati un LVĢMC izstrādātās nākotnes izmaiņu prognozes. Apskatītie meteoroloģiskie rādītāji ir temperatūra (ekstremālās vērtības, kā arī ar temperatūras izmaiņām saistītais ziemas perioda garums, veģetācijas periods, svārstības ap 0 °C) un vējš (brāzmu ātrums).

Normatīvā LBN 003 "Būvklimatoloģija" dotas arī gaisa relatīvā mitruma un grunts sasaluma dziļuma vērtības, kas ir autoceļu un tiltu būvniecībā izmantojami meteoroloģiskie parametri, tomēr tie šajā pētījumā netiks sīkāk apskatīti, jo nav pieejami dati par to reglamentētajām vēsturiskajām izmaiņām vai nākotnes prognozēm.

2.4.2. Gaisa temperatūras ekstremālās vērtības

Termiskās iedarbības analīzei uz būvkonstrukcijām standarta LVS EC1–1–5 metodika lieto parametru "ēnas gaisa temperatūra", kas ir definēta kā temperatūra, kas mērīta balti krāsotā kastē ar žalūzijām (pazīstama kā "Stevensona ekrāns") ievietotiem termometriem. Latvijas reģioniem izmantojamās vērtības ņemtas no būvnormatīva LBN 003, kur tās definētas kā "gaisa temperatūra". Tātad uzskatāms, ka Latvijas praksē abi termini ir identiski, tomēr šajā pētījumā tie ir konsekventi lietoti tādi, kā ir definēti normatīvā, uz kuru atsaucas pētījuma autori.

Dažādos Latvijas reģionos izmantojamās ēnas gaisa temperatūras vērtības dotas standarta LVS EC1–1–5 NP 1. un 2. tabulā, izceļot 10 pilsētas. Doti gan gada absolūtais minimums un maksimums, gan arī vērtības ar pārsniegšanas iespēju reizi 10 gados (10 % varbūtība) un reizi 50 gados (2 % varbūtība). Citam kalpošanas laikam ir iespējams izmantot EC1–1–5 NP pielikumā doto metodiku, kas balstīta atgriešanās perioda noteikšanā gadījumos, ja procesa ekstrēmās vērtības ir aprakstāmas ar Gumbela teorētisko varbūtību sadalījumu.

Būtiski atzīmēt, ka EC1–1–5 NP ir izdots 2014. gadā un tajā dotās temperatūras ekstrēmumu vērtības sakrīt ar patlaban novecojušā Latvijas būvnormatīvā LBN 003–01 "Būvklimatoloģija" (2001. gads) uzrādītajām. Tādas pašas vērtības dotas arī nākamajā "Būvklimatoloģijas" redakcijā LBN 003–15 (2015. gads), kas arī jau ir zaudējusi spēku. Patlaban aktuālajā LBN 003–19 "Būvklimatoloģija" (2019. gads) redakcijā saraksts papildināts līdz 22 pilsētām, savukārt absolūtās ekstrēmumu un statistiskās (2 %, 10 %) temperatūras vērtības ir koriģētas. Salīdzinājumi apkopoti 2.4.2. – 1. un 2.4.2. – 2. tabulā.

5.4.2. – 1. tabula.

Gada ēnas gaisa temperatūras minimuma izmaiņas

Nr. p. k.	Vieta	Gada ēnas gaisa temperatūras minimums, °C									
		LBN 003–01, LBN 003–15 un EC1–1–5 NA			LBN 003–19			Pāaugums (2001.–2019.)			
		abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %	
1	Ainaži	-37,1	-36,3	-33,0	-37,1	-35,6	-32,1	0	0,7	0,9	
2	Alūksne	-37,4	-37,4	-32,7	-37,4	-35,5	-31,5	0	1,9	1,2	
3	Daugavpils	-43,2	-41,0	-35,5	-43,2	-39,7	-35,5	0	1,3	0	
4	Dobele	-35,9	-35,9	-32,5	-35,9	-34,2	-30,7	0	1,7	1,8	
5	Liepāja	-32,9	-31,5	-26,1	-32,9	-30,3	-26,3	0	1,2	-0,2	
6	Mērsrags	-36,2	-34,2	-29,9	-36,2	-34,1	-29,6	0	0,1	0,3	
7	Priekuli	-39,0	-38,2	-31,8	-39,0	-36,2	-31,2	0	2,0	0,6	
8	Rīga	-34,9	-34,8	-31,0	-34,9	-33,8	-29,4	0	1,0	1,6	
9	Stende	-36,1	-34,9	-30,0	-36,1	-33,3	-29,2	0	1,6	0,8	
10	Zilāni	-38,2	-38,0	-33,4	-36,7	-34,9	-31,6	1,5	3,1	1,8	
								vid.	0,15	1,46	0,88
								max	1,5	3,1	1,8
								min	0	0,1	-0,2

Latvijas būvnormatīvā “Būvklimatoloģija” dotās temperatūras absolūtā ekstrēmuma vērtības atbilst vēsturiskajam novērojumam, savukārt 2 % un 10 % varbūtiskās – teorētiskajam atgriešanās perioda aprēķinam. Analizējot būvnormatīvā uzrādītās absolūtās minimālās temperatūras vērtības, redzams, ka tās nav koriģētas starpposmā no 2001. līdz 2019. gadam, bet vienā gadījumā (Zilānos) šīs vērtības ir pat paaugstinātas. No tā var secināt, ka periodā, ar kuru papildināta novērojumu statistika, nav piedzīvotas zemākas temperatūras kā pirms tam. Savukārt absolūtā maksimālā temperatūra paaugstināta četros gadījumos, pazemināta vienā gadījumā, savukārt piecos gadījumos – nav mainīta. Tas liecina, ka laika posmā no 2001. līdz 2019. gadam četrās no apskatītajām 10 novērojumu stacijām ir pārsniegts vēsturiskais maksimums.

2.4.2. – 2. tabula. Gada ēnas gaisa temperatūras maksimuma izmaiņas

Nr. p. k.	Vieta	Gada ēnas gaisa temperatūras maksimums, °C									
		LBN 003-01, LBN 003-15 un EC1-1-5 NP			LBN 003-19			Pāaugums (2001.–2019.)			
		abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %	
1	Ainaži	33,2	33,1	31,1	33,7	33,0	31,8	0,5	-0,1	0,7	
2	Alūksne	33,3	33,2	31,1	33,3	32,7	31,4	0	-0,5	0,3	
3	Daugavpils	36,4	36,0	33,0	35,1	34,2	33,0	-1,3	-1,8	0	
4	Dobele	35,8	35,8	32,8	35,8	35,0	33,7	0	-0,8	0,9	
5	Liepāja	33,7	33,0	31,5	35,6	33,7	32,0	1,9	0,7	0,5	
6	Mērsrags	34,6	34,7	32,8	34,6	34,2	32,7	0	-0,5	-0,1	
7	Priekulji	34,0	33,5	31,6	34,0	33,2	32,1	0	-0,3	0,5	
8	Rīga	33,6	33,3	32,2	34,5	33,6	32,6	0,9	0,3	0,4	
9	Stende	34,3	34,0	31,9	34,3	33,5	32,1	0	-0,5	0,2	
10	Zilāni	34,5	34,4	31,9	34,7	34,2	32,9	0,2	-0,2	1,0	
								vid.	0,22	-0,37	0,44
								max	1,9	0,7	1
								min	-1,3	-1,8	-0,1

Vērtējot aprēķinātās varbūtiskās temperatūras vērtības, redzams, ka 2 % minimālā temperatūra ir paaugstināta visos gadījumos, 10 % vērtība – deviņos gadījumos no 10. Līdzīgi prognozētā maksimālā temperatūra ar 10 % varbūtību paaugstināta deviņos gadījumos no 10, turpretī maksimālā temperatūra ar 2 % varbūtību astoņos gadījumos no 10 ir pazemināta.

Attiecībā uz tiltu aprēķinos pieņemamo temperatūras svārstību reģionālo raksturu, ir redzama tendence, ka jūras tuvumā izmaiņas ir salīdzinoši mazākas (Liepāja, Rīga, Mērsrags, Ainaži), savukārt tālāk iekšzemē šīs izmaiņas pieaug (Daugavpils, Priekulji, Dobele, Zilāni).

2.4.3. Vēja ātrums

Līdz 2015. gadam vēja radītā spiediena aprēķināšanai uz būvkonstrukcijām tika izmantotas būvnormatīvā LBN 003-01 "Būvklimatoloģija" dotās kartes, kurās iekļautas fundamentālā vēja pamatātruma vērtības ar varbūtību – viena reize 50 gados (2.4.3. – 1. att.)



2.4.3. – 1. attēls.

Fundamentālais vēja pamatātrums ar varbūtību 0,02 (vienu reizi 50 gados), m/s [20].

Šajā būvnormatīvā doti arī 22 novērojumu staciju vēsturiskie dati par maksimālajām brāzmām, kā arī maksimālo vēja ātrumu, kas izteikts kā vidējais vēja ātrums kādā nelielā laikposmā (2 un 10 minūtēs).

Sākot no 2015. gada, vēja ietekmes aprēķinos izmantojamā fundamentālā pamatātruma $v_{b,0}$ vērtība ir dota standartā EC1-1-4 NP Tajā Latvija iedalīta trīs zonās:

- 25 km plata zona gar Baltijas jūras krastu, $v_{b,0} = 27$ m/s;
- 15 km plata zona gar Rīgas jūras līča krastu, $v_{b,0} = 24$ m/s;
- pārējā Latvijas teritorija, $v_{b,0} = 21$ m/s.

2.5. Kopsavilkums par Latvijas klimata pārmaiņām un esošo būvniecības normatīvu regulējumu

Latvijas klimats pēdējo 60 gadu laikā ir mainījies atbilstoši globālo klimata pārmaiņu procesu norisei. Galvenais klimata pārmaiņu ietekmētais parametrs Latvijā ir bijusi temperatūra. Šajā laika periodā ir novērota vidējās gaisa temperatūras un pozitīvo temperatūras ekstrēmu pieauguma tendence (it īpaši vasaras sezonā), diennakts gaisa temperatūras izmaiņu ΔT samazinājuma tendence (it īpaši ziemas sezonā) un grunts sasalšanas gadījumu samazinājuma tendence. Šo gadu laikā izmantotie būvniecības normatīvi patlaban ir pielāgoti aktuālajiem meteoroloģiskajiem novērojumiem Latvijā. Tomēr ievērojot 4. nodaļā fiksētās klimata pārmaiņu tendences Latvijā, nākotnē var būt nepieciešams veikt izmaiņas patlaban spēkā esošajos būvniecības normatīvos, lai nākotnē būvētā ceļu un tiltu infrastruktūra būtu pietiekami izturīga pret potenciālajām klimata pārmaiņām. Konceptuāli jāpieņem lēmums, vai būvniecības nozares normatīvos iekļautos meteoroloģiskos datus

pieņem, balstoties aktuālo novērojumu statistiskajā apstrādē (kā līdz šim), vai arī iekļauj klimata pārmaiņu scenārijos balstītas nākotnes prognozes. Šībrīža analīze liecina, ka būtiskajiem ekstrēmajiem notikumiem prognozētās nākotnes izmaiņas "nosedz" drošības rezerves un nenoteiktības modelēšanas koncepts, kas šāda veida iedarbēm ir iekļauts normatīvos noteiktajās aprēķinu metodēs.

Jāatzīmē, ka vairākas ES valstis jau ir sākušas preventīvus pasākumus, lai pielāgotu esošo un nākotnes ceļu un tiltu infrastruktūru potenciālajām klimata pārmaiņām. Šo valstu pieredze īsumā ir apkopota 6. nodaļā

Vienlaikus šī ziņojuma 4. nodaļā ir sniegtas gan pasaules, gan Latvijas ekspertu nākotnes klimata attīstības prognozes līdz pat 2100. gadam, īpašu uzmanību pievēršot klimata pārmaiņu potenciālajai ietekmei uz tiltu un ceļu infrastruktūru ietekmējošiem klimata parametriem.

3. Ārvalstu un Latvijas pieredzes apkopojums

Notiekot klimata pārmaiņām, ir svarīgi nodrošināt mūsu sabiedrības ilgtspējīgu funkcionēšanu un izpētīt klimata pārmaiņu iespējamo ietekmi uz transporta infrastruktūru. Transporta infrastruktūrai ir ievērojams kalpošanas laiks, tāpēc ir svarīgi nodrošināt tās ilgtermiņa izturību pret prognozētajām klimata pārmaiņām.

Par klimata pārmaiņu prognozēšanu un transporta infrastruktūras adaptāciju klimata pārmaiņām patlaban ir pieejams liels informācijas apjoms dažāda līmeņa avotos:

- Apvienoto Nāciju Organizācija (ANO);
- Eiropas Komisija (EK) un EK partnerība, piemēram, Eiropas Investīciju banka (*Joint Assistance to Support Projects in European Regions (JASPERS)*) vai Eiropas Vides aģentūra (*Climate-ADAPT*);
- starptautiskās ceļu nozares organizācijas, piemēram, Pasaules ceļu asociācija (*PIARC*) un Eiropas ceļu administrācijas konference (*CEDR*);
- nacionālās ceļu administrācijas,
- kā arī zinātniskās institūcijas.

Šīs nodaļas turpinājumā sniegts kopsavilkums par svarīgāko pēdējos 15 gados paveikto šī pētījuma autoru ieskatā.

3.1. Apvienoto Nāciju Organizācijas pasūtītie pētījumi

Patlaban jaunākais apjomīgākais ANO pasūtītais pētījums par klimata pārmaiņu ietekmi un transporta tīklu un mezglu pielāgošanos klimata pārmaiņām [26] tika iniciēts 2015. gadā. Starptautisko ekspertu darba rezultātā šis pētījums 2020. gadā tika publicēts un šobrīd ir publiski pieejams Eiropas Savienības un Eiropas Vides aģentūras partnerības Eiropas klimata adaptācijas platformas *Climate-ADAPT* vietnē: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/climate-change-impacts-and-adaptation-for-transport-networks-and-nodes> [27].

Šajā pētījumā apskatīti Eiropas reģiona galvenie transporta tīkli un mezglī, izvērtētas iespējamās klimata pārmaiņas, kā arī dotas rekomendācijas transporta tīklu un to elementu adaptācijai potenciālajām klimata pārmaiņām.

Svarīgākās ekspertu rekomendācijas ietver:

- 1) konkrētā pētījuma rezultātu plašu izplatīšanu, lai veicinātu izpratni par klimata pārmaiņu ietekmes uz iekšzemes transporta infrastruktūru svarīgumu un pielāgošanās pasākumu veikšanas nepieciešamību;
- 2) likumdevēju un transporta ekspertu izpratnes veicināšanu par pieejamajiem paņēmieniem, rīkiem un metodikām, kas eksistē vai ko var izveidot, lai analizētu iespējamās klimata pārmaiņu riskus uz iekšzemes transporta infrastruktūru un apkopes pasākumiem;

- 3) veicināt valsts pārvaldi nodrošināt, lai vismaz starptautiskas nozīmes infrastruktūras iekšzemes transporta tīkli un mezgli būtu pieejami ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (ĢIS) vidē;
- 4) Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) Eiropas Ekonomikas komisijas (EEK) sekretariātam nodrošināt iespēju izmantot EEK dalībvalstīm EEK ĢIS, ja tām nav izstrādāta nacionālā ĢIS;
- 5) pienākumu EEK dalībvalstīm periodiski piedalīties transporta statistikas veidošanā, kas ir svarīgi, lai iegūtu informāciju par noteiktu transporta infrastruktūru kritiskumu, kas savukārt ir svarīgi, lai spriestu par pielāgošanās pasākumu nepieciešamību;
- 6) nepieciešamību pēc uzticamām klimata pārmaiņu prognozēm, kas aptvertu visu EEK reģionu, piemēram, saistībā ar CORDEX–Core projektu;
- 7) vismaz sešu klimata pārmaiņu indeksu analīzi (karstuma viļņa perioda ilguma indekss / *Warm spell duration index (WSDI)*, ļoti karsto dienu indekss / *Very hot days (VHD)*, dienu ar apledojuumu indekss, kad diennakts maksimālā temperatūra ir zemāka par 0 °C/ *Icing days (ID)*, diennakts nokrišņu daudzuma virs 20 mm indekss / *R20mm*, piecu dienu perioda maksimālais nokrišņu daudzums gadā/ *Rx5day*, maksimālais secīgi sauso dienu skaits ar nokrišņu daudzumu zem 1 mm / *Consecutive dry days (CDD)*) visā EEK reģionā, nolūkā iegūt pēc iespējas vairāk informācijas EEK ĢIS sistēmai;
- 8) nepieciešamību meklēt iespējas turpmākiem projektiem pilnīgākai klimata pārmaiņu ietekmes un transporta infrastruktūru jutīguma izprašanai;
- 9) nepieciešamību dalīties pieredzē;
- 10) nepieciešamību veidot nacionālo zināšanu datubāzi;
- 11) vadlīniju izstrādi ar klimata pārmaiņām saistītu aspektu integrēšanai ceļu infrastruktūras plānošanas un apkopes procesos.

3.2. Eiropas Komisijas iniciatīvas

EK iesaistījusies vairākās starptautiskās partnerībās par klimata pārmaiņām un to ietekmi uz transporta infrastruktūru, no kurām viena no pazīstamākajām ir Eiropas klimata adaptācijas platforma *Climate-ADAPT* un *JASPERS*.

Climate-ADAPT ir Eiropas Komisijas (EK) un Eiropas Vides aģentūras (EVA) / *European Environment Agency (EEA)* partnerība. EVA ar Eiropas Klimata pārmaiņu ietekmes, neaizsargātības un pielāgošanās tematiskā centra (ETC / KPP) / *European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaption (ETC / CCA)* atbalstu nodrošina *Climate-ADAPT* darbību.

Climate-ADAPT mērķis ir atbalstīt Eiropu, pielāgojoties klimata pārmaiņām, palīdzot lietotājiem piekļūt un koplietot datus un informāciju par:

- gaidāmajām klimata pārmaiņām Eiropā;
- reģionu un nozaru pašreizējo un nākotnes ievainojamību;
- ES, kā arī citu valstu un starpvalstu adaptācijas stratēģijām un darbībām;
- adaptācijas gadījumu izpēti un adaptācijas iespējām;
- rīkiem, kas atbalsta adaptācijas plānošanu.

Pētījuma noslēguma ziņojuma iesniegšanas brīdī *Climate-ADAPT* platformā informācija tiek organizēta pēc šādiem galvenajiem rādītājiem:

- ES politika;
 - » ES pielāgošanās politika klimata pārmaiņām;
 - » pielāgošanās klimata pārmaiņām tādos ES politikas sektoros kā lauksaimniecība, bioloģiskā daudzveidība, piekrastes apgabali, mežsaimniecība, ūdens resursu apsaimniekošana, jūra un zivsaimniecība, ekosistēmu saglabāšana, katastrofu riska samazināšana, ēkas, enerģētika, transports, veselība, pilsētvide;
 - » ES Reģionālā politika;
- ģeogrāfiskie reģioni;
 - » valstis;
 - » starpvalstu reģioni;
 - » pilsētas;
- zināšanas:
 - » tēmas;
 - » dati un rādītāji;
 - » pētniecības un inovāciju projekti;
 - » rīki;
 - » prakse;
 - » šķirķļu rādītājs.

Šķirķli "Zināšanas" pieejama arī Eiropas Klimata un veselības observatorija, rīks, kurā atrodama plaša informācija par klimata un veselības indikatoriem, valstu profiliem, gadījuma izpētēm / *case study* u.c.

Climate-ADAPT platformā atrodama viegli pārskāma reprezentatīva informācija, tostarp arī par Latviju. Platformā iekļauts arī "LATVIJAS PIELĀGOŠANĀS KLIMATA PĀRMAIŅĀM PLĀNS" laika posmam līdz 2030. gadam [28].

EK partnerība ar Eiropas Investīciju banku *JASPERS* kopš tās dibināšanas 2005. gadā, jau bijusi iesaistīta vairāk nekā 2300 līgumpētījumu izpildē, palīdzot piesaistīt ES finansējumu vairāk nekā 35 valstīs, tostarp arī transporta infrastruktūras pielāgošanās klimata pārmaiņām kontekstā. *JASPERS* izstrādātajās vadlīnijās [29, 30] dotas rekomendācijas ceļa tīkla ievainojamības un risku izvērtējumam, ņemot vērā iespējamās

klimata pārmaiņas, kā arī metodika konstrukciju pielāgošanai iespējamām klimata pārmaiņām. Lai izvērtētu Latvijas transporta infrastruktūras pielāgošanos iespējamajām klimata pārmaiņām, arī šis pētījums balstīts *JASPERS* vadlīnijās. Labs palīglīdzeklis šajā kontekstā ir pētījums, kas veikts, sadarbojoties *JASPERS* un Polijas Valsts autoceļu un maģistrāļu ģenerāldirektorātam, un kurā izvērtēta valsts autoceļu tīkla ievainojamība saistībā ar klimata izmaiņām un izstrādāts rīcības plāns klimata izmaiņu adaptācijai un integrācijai Polijas valsts autoceļu pārvaldības un attīstības sistēmā, tostarp, uzsverot investīciju nepieciešamību valsts autoceļu tīkla adaptācijai klimata izmaiņām [31].

JASPERS 2021. gadā ir publicējusi jaunas Tehniskās vadlīnijas par infrastruktūras pielāgošanu klimata pārmaiņām laika posmā no 2021. līdz 2027. gadam, kurā ir norādes, kā infrastruktūras projektus padarīt klimatnoturīgus [32]. Vadlīnijās norādīts, ka klimata izmaiņas jau tagad ietekmē infrastruktūru ar ilgu kalpošanas laiku, piemēram, dzelzceļus, ceļus, tiltus vai spēkstacijas, un tiek paredzēts, ka šī ietekme nākotnē tikai pastiprināsies. Tādēļ ir svarīgi investēt tikai tādā ceļu infrastruktūrā, kas ir klimatneitrāla un noturīga pret klimata pārmaiņām nākotnē. Vadlīnijās dotas metodes klimatneitrālu un klimatnoturīgu infrastruktūras projektu ekonomiskajam izvērtējumam, izmaksu un ieguvumu analīzei, kā arī citiem ekonomisko izvērtējumu rīkiem. Dalībvalstis var izmantot iesniegto informāciju, lai izveidotu sistēmu gan projektu novērtēšanai, gan atlasei, kas atbilst starptautiskajai labajai praksei.

3.3. Eiropas ceļu administrāciju konferences iniciatīvas

CEDR regulāri veicina diskusijas un iesaistās aktivitātēs par ceļu infrastruktūras pielāgošanos klimata pārmaiņām. Piemēram, pēdējo 15 gadu laikā kā viens no visapjomīgākajiem jānosauca ziņojums par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru starptautiskās konferences “*Transport Research Arena (TRA)*” materiālos [33]. Šajā ziņojumā novērtēts, ka Ziemeļeiropā un Austrumeiropā temperatūras pieaugums ziemas sezonā radīs biežākus sasalšanas/atkušanas ciklus. Tas var izraisīt ceļu segumu saķeres samazinājuma un negadījumu skaita palielināšanos, kā arī biežāku pretslīdes ķīmikāliju izmantošanas nepieciešamību. Vienlaikus tas var radīt grunts sala pacēluma gadījumu skaita palielināšanos, kā arī nepieciešamību pēc biežākas ceļa seguma atjaunošanas. Lai arī augstākas temperatūras ziemas sezonā var samazināt nepieciešamību pēc sniega tīrīšanas, kopumā sagaidāmais nokrišņu daudzuma pieaugums, visticamāk, prasīs ieviest izmaiņas ārkārtas gadījumu un ziemas sezonas ceļu uzturēšanas plānos,

kā arī izstrādāt jaunus satiksmes drošības pasākumus. Saistībā ar šo īpašu uzmanību rekomendēts pievērst risku vadības analīzei, jo vēsturiski izstrādātie plāni var būt nepietiekami klimata izmaiņu kontekstā. Sagaidāms, ka klimata pārmaiņu ietekmētā jūras līmeņa celšanās nākotnē var apdraudēt arī piekrastes zonas ceļus Latvijā, palielinot nepieciešamību pēc precīzākiem iespējamā jūras līmeņa izmaiņu datiem, projektēšanas vadlīnijām aizsardzībai pret viļņu izraisīto eroziju, kā arī ceļu pacēlumu nodrošināšanas.

Klimata pārmaiņu potenciāli izraisītais plūdu un ietekmēto zonu erozijas risks palielinās prasības drenāžas sistēmu un tiltu projektēšanai, kā arī regulārākai apkopei. Nepietiekama drenāža var pasliktināt ceļa segumu stāvokli, palielināt risu veidošanos un samazināt ekspluatācijas mūžu. Šis klimata pārmaiņu potenciāli izraisītās ietekmes rekomendēts ņemt vērā, plānojot, projektējot un tehniski istenojot jaunus projektus, kā arī veicot esošās ceļu infrastruktūras uzturēšanu un regulāro apkopi. Vienlaikus jāatzīmē, ka ceļu remontu un rekonstruēšanu rekomendēts veikt, iespēju robežās pieskaņojoties plānotajām ceļu infrastruktūras apkopēm, ņemot vērā klimata pārmaiņu izraisītā faktora kritiskumu un atlikušo ceļa ekspluatācijas laiku.

Klimata izmaiņu izraisīto iedarbības faktoru potenciālo negatīvo ietekmi uz ceļu infrastruktūru rekomendēts ievērot jau plānošanas procesā, kas var būtiski samazināt apgrūtinājumu ceļu būvniecības un ekspluatācijas laikā. Piemēram, ņemot vērā potenciālo jūras līmeņa celšanos un plūdu riskus, jānodrošina pietiekams ceļu pacēlums vertikālā līmenī. Vienlaikus jāpievērš uzmanība ceļa trases plānam (horizontālais plānojums), lai minimizētu zemes nogrūvumu, piekrastes zonu erozijas un šķērsojošo ūdensceļu potenciāli izraisītos riskus. Plānošanā jāparedz arī pietiekami efektīvas ūdens drenāžas sistēmas izveide, atbilstoša piesārņojuma kontrole (piemēram, piesārņojuma izplatīšanās plūdu gadījumā), pietiekama skaita savākšanas dīķu izbūve, palu ūdeņu alternatīvi novadīšanas ceļi. Plānošanas stadijā būtu jāiekļauj arī nepieciešamība pēc ceļu infrastruktūras uzturēšanas ekspluatācijas laikā.

Projektēšanas un būvniecības laikā svarīgākie uzdevumi ir pietiekama drenāžas sistēmas kapacitāte, erozijas aizsardzības pasākumi, kvalitātes prasību definēšana ceļu būvniecības materiāliem, zemes nogrūvumu ierobežošana un vides aizsardzības pasākumu ievērošana.

Ievērojot sagaidāmās izmaiņas klimata pārmaiņu dēļ, jāveic arī esošo drenāžas sistēmu apkope, iespēju robežās nomainot vecās sistēmas pret jaunām. Ceļa segas konstruktīvie slāņi un ceļa segums jāprojektē tā, lai tas izturētu augstas vasaras temperatūras vai svārstības ap 0 °C robežu. Rekomendēts izmantot stingākas bitumena saistvielas, kas paredzētas augstākai ekspluatācijas temperatūrai, projektēt asfalta segumus,

kas ir izturīgi pret sasalšanas/atkušanas cikliem un pretledus līdzekļu ķīmisko iedarbību, izmantot hidrofobus ceļa seguma materiālus (speciālus ūdeni atgrūdošus pārklājumus vai speciālas nanopiedevas), lai samazinātu slīdēšanu, veikt virsmas apstrādi ar hidrofobiem līdzekļiem, lai novadītu ūdeni un samazinātu grunts sala pacēluma izraisītās problēmas. Lielāka vēriba būtu jāpievērš vides aizsardzības pasākumiem, it īpaši mitrākās vietās un, konstruējot sedimentācijas baseinus, vietās, kur ir paaugstināts gruntsūdens līmenis. Vienlaikus uzmanība būtu jāpievērš dzīvnieku pārejas koridoru veidošanai. Lielāka vēriba būtu jāpievērš ceļa apkaimes apzaļumotai zonai, lai nodrošinātu pietiekamu pārredzamību. Īpaši rekomendēts savlaicīgi veikt ceļu atjaunošanas pasākumus. Klimata izmaiņu kontekstā īpaši liela uzmanība būtu jāpievērš ārkārtas gadījumu rīcības plāniem un sagatavotībai tiem gan reģionālā, gan arī nacionālā mērogā. Svarīgi izstrādāt arī savstarpējās sadarbības plānu ārkārtas gadījumiem, paredzot visu iesaistīto operatoru gatavību ātrai rīcībai. Ja iespējamas lielākas potenciālās sekas, rīcībai ārkārtas gadījumos jāorganizē arī praktiskās apmācības. Svarīgi izstrādāt arī plānus satiksmes plūsmas regulēšanai ārkārtas gadījumos. Visjutīgākajos ceļu infrastruktūras posmos rekomendēts apsvērt ceļu stāvokļa monitoringa sistēmu ieviešanu. Slēdzot līgumus ar ceļu būvētājiem, jāparedz iesaistīto pušu atbildība un riska dalīšana starp pasūtītāju un izpildītāju. Jāpārvērtē "standarta situācijas" definējums, jo klimata pārmaiņu ietekmē tas mainīsies.

Kopumā šajā ziņojumā, CERD ekspertu skatījumā, svarīgākie parametri, pēc kuriem vērtējama klimata pārmaiņu ietekme uz ceļu infrastruktūru, ir lietus intensitāte, plūdi, erozija, zemes noslīdējumi, sausums un augsta temperatūra, kā arī jūras līmeņa celšanās. Būtiski priekšnosacījumi transporta infrastruktūras veiksmīgai adaptācijai klimata pārmaiņām ir kvalitatīvs iepriekšējais klimatisko datu monitorings un ceļu infrastruktūras monitorings, kā arī ceļu administrācijas, būvniecības, meteoroloģijas, hidroloģijas un ģeoloģijas jomas ekspertu sadarbība.

Vienlaikus 2012. gada ziņojumā "*Dealing With The Effects Of Climate Change On Road Pavements 2012R06EN*" [34] CEDR eksperti apkopojusi klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļa seguma materiāliem, tostarp, arī dažādu valstu pieredzi. To valstu pārstāvju atbildes, kas visvairāk attiecas uz Latvijas esošo un klimata pārmaiņu rezultātā potenciālo klimatisko zonu, apkopotas 10.6. pielikumā.

Respondentu atbildes neapšaubāmi liecina, ka klimata pārmaiņas ietekmēs transporta infrastruktūru, tostarp arī Latvijā, bet ir grūti precīzi paredzēt, cik liela būs šī ietekme. Sprotams, ka ne visas respondentu identificētās klimata pārmaiņu ietekmes ir vērtējamas kā aktuālas Latvijai, piemēram, ietekmes, kas saistītas ar augstkalnu apgabaliem, vai ietekmes, kas ir

attiecināmas uz mūžīgā sasaluma zonām, tomēr ir vērts pievērst uzmanību Latvijai tuvāko kaimiņvalstu secinājumiem, tostarp arī dienvidos esošajām valstīm, jo klimata pārmaiņu rezultātā klimats Latvijā tuvākā vai tālākā nākotnē var tuvināties klimatam, kas jau patlaban ir sastopams Latvijai tuvākajās dienvidu valstīs.

Kopumā klimata izmaiņas ietekmes uz ceļu infrastruktūru analīzē un risinājumu izstrādē CEDR eksperti piedāvā risinājumu pasākumu prioritizēšanu, izmantojot vairākus jautājumus [35].












- Vai tiešām klimata pārmaiņas ietekmē ceļu infrastruktūru?
- Kā un kur klimata pārmaiņas ietekmēs ceļa infrastruktūru? Jautājums izvērtē infrastruktūras neaizsargātību pret ekstremāliem laikapstākļiem.
- Kāda ir ietekmes varbūtība un kādas var būt tā sekas? Zinot, kāda ietekme ir sagaidāma, nepieciešams izprast tās parādīšanās iespējamību un sekas, lai laikus varētu sagatavoties, un, ja iespējams, minimizēt. Jau pašreizējos klimatiskajos apstākļos pastāv liela neskaidrība, kas apgrūtina nevēlamu notikumu iespējamības un seku novērtēšanu infrastruktūrā un tās nodrošinātajos pakalpojumos. Prognozējot nākotnes scenārijus, nenoteiktība palielināsies vēl vairāk.
- Ko ir iespējams izdarīt, lai samazinātu klimata ietekmēs sekas, un kad to darīt vislabāk? Apsverot iespējamos riskus, ir svarīgi laikus izstrādāt to mazināšanas pasākumus. Šajā posmā ir nepieciešams noteikt prioritātes un sekot līdzi realizēto pasākumu efektivitātei.

Īpaša uzmanība starptautisko ekspertu pētījumos ir pievērsta risku analīzei atbilstoši pētījuma pamattekstā aprakstītajai metodikai. Vispārīga atsevišķu Eiropas valstu, kā arī detalizētāka tuvāko kaimiņvalstu (Somijas un Zviedrijas) ietekmju novērtējuma rezultāti apkopoti 3.3.–1. tabulā un 10.7. pielikumā.

3.3-1. tabula.

Valstu aptaujas rezultāti par klimata parametru izmaiņu izraisīto seku iespējamības un seku ietekmes novērtējumu.

P = iespējamība, S = ietekme [35].

	Augstas temperatūras		Temperatūras svārstības ap 0 °C		Vējš		Vētra		Intensīvas lietusgāzes		Ūdenslīmeņa paaugstināšanās ūdenstilpnēs		Plūdi		Sausums		Zemes nogrumumi		Lavīnas		Intensīvs sniegputenis / sniega vētra		Jūras līmeņa paaugstināšanās	
 Norvēģija	3	1	3		1		1		3	3	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2	3	2	3	2
 Somija	2	1	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	3	1	1	3	2	1	0
 Zviedrija	2	2	3	2	1	2			3	3	2	2	3	2	1	1	3	3	1	1	1	2	2	2
 Dānija	2	2	1	1	2	1	1	1	3	2	2	1	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	2	2
 Lielbritānija	3	1	1	0	1	1	2	2	3	2	3	1	3	2	2	1	1	0	0	0	1	1	2	1
 Īrija	2	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1	1	3	2	1	0	1	2	0	0	0	0	1	1
 Francija	3	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	3	3	1	2	1	1	2	2	3	2
 Austrija	2	2	3	2	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	3	2	2	2	2	1	2	2	0	0
 Ungārija	3	2			2	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	2	1	0	0	3	2	0	0
 Itālija	3	2	2	2	1	1	2	1	2	2			2	2	1	1	2	2			2	2	1	1
 Spānija	3	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1

3.4. Pasaules ceļu asociācijas materiāli

2023. gada PIARC ziņojumā “*New Rehabilitation Materials and Technologies for Road Bridges – Briefing Note*” [36] veikta aptauja par klimata izmaiņu ietekmi uz ceļiem un tiltiem un nepieciešamajiem atjaunošanas pasākumiem. Aptauja aptvēra 41 gadījuma analīzi no 14 valstīm. Respondenti atzīmēja šādus galvenos tiltu konstrukcijas un to elementu ietekmējošos klimata izmaiņas faktoros:

- plūdu daudzuma un intensitātes (ūdens svārstību līmeņa amplitūda) pieaugums; nepieciešamība saglabāt upes šķērsriezumu atjaunošanas darbu laikā palielinātu hidrauliskā līmeņa svārstību dēļ;
- augstas temperatūras ietekme uz bitumena un bitumīnēto maisījumu deformācijām;
- vēju/vētru iedarbība;
- temperatūras svārstības.

Kā piemēri progresīvajām rehabilitācijas un modernizācijas tehnoloģijām minētas šādas:

- oglekļa šķiedru pastiprināts polimērs (*Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP*) / stikla šķiedras polimērs (*Glass Fiber Reinforced Polymer GFRP*);
- īpaši augstas veiktspējas ar šķiedrām stiegrots betons (*Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete UHPC*).

2022. gada PIARC ziņojumā “*Measures for Increasing the Adaptability of Road Bridges to Climate Change – Technical Report*” [37], dots iepriekšējo periodu (2008.–2011. gads un 2012.–2015. gads) pētījumu kopsavilkums, kurā kā galvenais klimata pārmaiņu ietekmes faktors uz autoceļu tiltiem minēts palielināts nokrišņu daudzums, jūras līmeņa celšanās un plūdi. Nokrišņu intensitātes pieaugums var izraisīt zemes deformāciju un ceļu un tiltu pamatu nosēšanos. Pētījumā uzsvērts efektīvas risku vadības un tiltu stāvokļa monitoringa svarīgums, lai spētu labāk piemēroties potenciālajām klimata pārmaiņām. Šis pētījums ietver vairāku valstu tiltu nozares pārstāvju atbildes uz 16 anketas jautājumiem, sākot no klimata pārmaiņu oficiālas definīcijas esamību, reciklēto materiālu izmantošanu un beidzot ar konkrētiem nepieciešamajiem preventīvajiem pasākumiem. Respondentu atbilžu apkopojums sniegts 3.4.–1. tabulā.

3. 4-1. tabula.

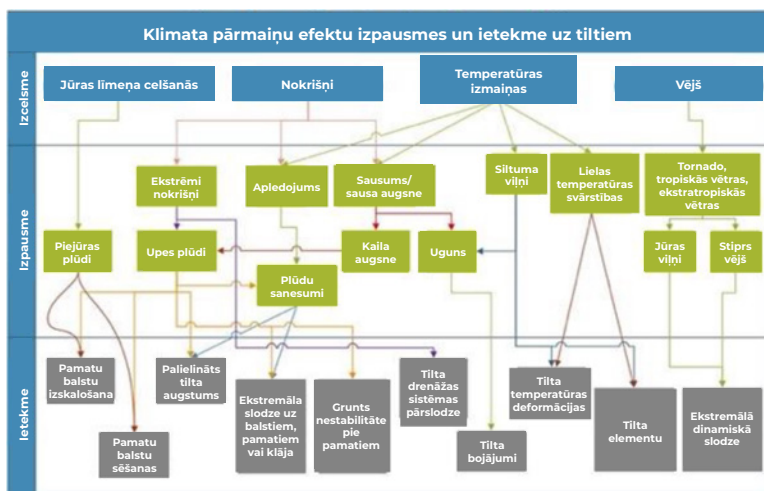
Klimata pārmaiņu ietekmi uz tiltiem

N. p. k.	Valsts	Notikuma apraksts	Klasifikācija		
			Cēlonis	Izpausme	Ietekme uz tiltu
1.	Beļģija (1)	Lielu plūdu dēļ notika tilta šķērsvirziena nobīde 0,5-1,3 m	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, sanesumu radīti izskalojumi	Izskalošana, ekstrēma slodze
2.	Beļģija (2)	Plūdi izraisīja loka tilta centrālā balsta daļēju sabrukumu	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, sanesumu radīti izskalojumi	Izskalošana, ekstrēma slodze
3.	Čīle	Tilta laiduma konstrukcija alūvijs (upju sanesti nogulumi) dēļ tika aiznesta par 500 m	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, sanesumu radīti izskalojumi	Izskalošana, ekstrēma slodze
4.	Kīna	Spēcīgas lietusgāzes izraisīja nogāzes stabilitātes zaudēšanu un upes balstu šķērsvirziena nobīdi	Nokrišņi	Ekstrēmi nokrišņi	Nogāzes stabilitātes zaudēšana
5.	Francija (1)	Lokāla tērauda caurtekas korozija mainīgā ūdens līmeņa zonā	Nokrišņi, temperatūras izmaiņas	Ekstrēmi nokrišņi, sausums, karstuma viļņi	Materiālu degradācija
6.	Francija (2)	Spēcīgi plūdi sakarā ar viesulvētru "Vakins/Joahims" izraisīja balsta P1 sēšanos par 2 m	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija, sanesumu radīti izskalojumi	Sēšanās, izskalošana, ekstrēma slodze
7.	Francija (3)	Gandrīz pilnā augstumā redzamas plaisas pietātnēs	Temperatūras izmaiņas	Augsta temperatūra, karstuma viļņi	Temperatūras gradients
8.	Francija (4)	Piestātņu pamatu aizsardzība pret jūras līmeņa celšanos un lieliem viļņiem	Jūras līmeņa celšanās	Vētra, okeāna viļņošanos	Izskalošana, ekstrēma slodze, dinamiska slodze
9.	Vācija	Plūdi izraisīja balsta sēšanos un tilta saskāršanos	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija, sanesumu radīti izskalojumi	Sēšanās, izskalošana, ekstrēma slodze
10.	Japāna (1)	Progresējoša izskalošanās zem betona nostiprinājuma un balsta pamatam	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija, sanesumu radīti izskalojumi	Izskalošana
11.	Japāna (2)	Tankkuģa sadursme ar tiltu taifūna dēļ	Vējš	Tropiskās vētras, vēja brāzmas, jūras viļņi	Ekstrēma slodze



N. p. k.	Valsts	Notikuma apraksts	Klasifikācija		
			Cēlonis	Izpausme	Ietekme uz tiltu
12.	Nīderlande (1)	Programma "Space for the river" ("Telpa upei" – tiltu laiduma konstrukciju pacelšanai) aizsardzībai no plūdiem	Nokrišņi, temperatūras izmaiņas	Ekstrēmi nokrišņi, upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija	Palielināts tilta augstums
13.	Nīderlande (2)	Konstrukcijas materiālu izplešanās kopā ar neparedzētu sēšanos	Temperatūras izmaiņas	Karstuma viļņi	Izplešanās
14.	Nigēra	Duļķu nogulsnešanās zem tilta Galmi ielejā	Nokrišņi	Ekstrēmi nokrišņi, upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija	Palielināts tilta augstums
15.	Norvēģija	Plūdi bojāja vai pilnībā aiznesa preterozijas aizsardzības konstrukcijas	Nokrišņi	Upes plūdi, pēkšņi plūdi, erozija, sanesumu radīti izskalojumi	Izskalošana
16.	Portugāle (1)	Lietus un vēja kombinācija izraisīja trošu vibrāciju	Vējš	Vētra, vēja brāzmas	Dinamiska slodze
17.	Portugāle (2)	Ekstrēmu temperatūras svārstību ietekme uz tērauda tiltu	Temperatūras izmaiņas	Karstuma viļņi	Izplešanās
18.	Portugāle (3)	Intensīvas lietussgāzes un nepieciešamība palielināt drenāžas sistēmas caurlaides spēju	Nokrišņi	Ekstrēmi nokrišņi	Nepietiekama drenāžas sistēmas caurlaides spēja
19.	Šveice	Brauktuves seguma un hidroizolācijas bojājumi un hermētiskuma defekti	Temperatūras izmaiņas	Karstuma viļņi, temperatūras svārstības	Materiālu degradācija

Apkopojot tabulā dotos atzinumus attiecībā uz klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz tiltiem, ir redzams, ka tiltu inženieri visvairāk ir nobažījušies par izskalojumiem un ekstrēmām slodzēm, kas saistītas ar upju pārplūšanu, pēkšņiem plūdiem un sanesumu plūsmu. Kopējā dažādu klimata pārmaiņu faktoru ietekme uz tiltiem redzama 3. 4.–1. attēlā.



3.4. – 1. attēls.

Klimata pārmaiņu faktoru ietekme uz tiltiem.

2022. gadā PIARC publicēja pētījumu “Measures for Improving Resilience of Pavements – Collection of Case Studies” [38] par ceļa segumu spēju izturēt ar klimata izmaiņām saistītos faktoros. Darba autoru ieskatā izšķirami trīs pasākumu veidi, lai padarītu ceļa segas un segumus izturīgākus pret klimata faktoru ietekmi:

- inovatīvu materiālu un modificētu saistvielu izmantošana;
- robustāka ceļa segas konstrukcija ar palielinātu nestspēju un/vai stingumu;
- ceļa būvniecības metodes.

Šajā pētījumā liela uzmanība pievērsta temperatūras un mitruma ietekmei uz ceļa seguma virsmu. Viens no paņēmieniem, lai mazinātu ūdens slāņa veidošanos uz ceļa seguma virsmas, ir porasfalta tehnoloģija. Tomēr šī paņēmiena izmantošana Latvijas apstākļos pēc būtības ir ierobežota, jo temperatūras bieži svārstās ap 0 °C. Temperatūrai pazeminoties zem 0 °C, ūdens pietiekami strauji netiek aizvadīts un, tam paliekot ieslēgtam porās, ceļa segums var sākt plīstāt. Ievērojot šos porasfalta trūkumus, pētījumā izvērtēti arī citi pretsasalšanas seguma risinājumi. Kā redzams 3.4. – 2. attēlā, šāda tipa pārklājumu raksturo:

- seguma virsmas sasalšanas aizkavēšanās un ceļa seguma sasaluma perioda saīsināšanās;
- nepieciešamības pēc pretslides materiālu izmantošanas samazināšanās;
- sniega tīrīšanas reižu skaita samazināšanās.

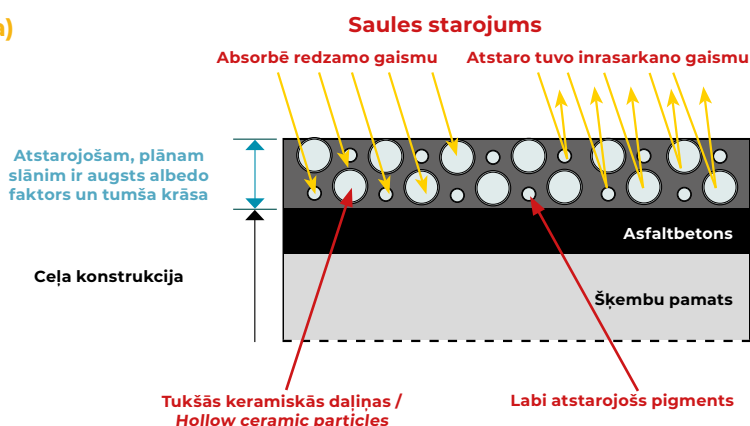


3.4. – 2. attēls.

Temperatūras un mitruma ietekme uz ceļa segumiem un pretsasalšanas pasākumi.

Pretsasalšanas ceļa segumu tehnoloģijas pirmssākumi meklējami pirms vairāk nekā 60 gadiem, kad Zviedrijā tika izstrādāta gumijas daļiņas saturoša pretsasalšanas seguma iegūšanas tehnoloģija. Šodrīd alternatīvu ceļa segumu/pārklājumu pretsasalšanas risinājumu izmantošana ievērojami pieaugusi, piemēram, Japānā vien dažādi pretsasalšanas ceļa segumi klāj vairāk nekā 6 mlj. km ceļu. Vienlaikus Japānas zinātnieki veikuši pētījumus par “siltuma salas” (*heat island*) efekta mazināšanu, izmantojot dažādas ceļa seguma tehnoloģijas. Viena no šīm tehnoloģijām balstās esošā ceļa seguma virsmas apstrādē ar siltuma un UV atstarojošu pārklājumu ar augstu albedo faktoru pretstatā tradicionālajiem bituminētajiem ceļa segumiem, kas absorbē siltumu, vienlaikus neietekmējot redzamās gaismas spektru un tādējādi – arī satiksmes drošību (3.4. – 3. att.).

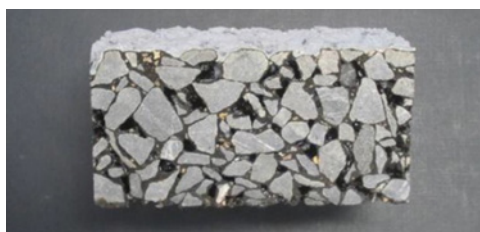
a)



3.4. – 3. attēls.

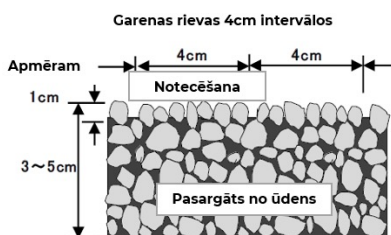
Saules gaismu atstarojoša ceļa seguma pārklājuma darbības mehānisms (a) un pārklāta asfaltbetona parauga vizualizācija (b).

b)



Laboratorijas pētījumos novērots, ka šāda pārklāta asfalta seguma virsmas temperatūras samazinājums var būt pat 16 °C, kas ievērojami samazina risu veidošanās ātrumu un palēnina bitumena novecošanos.

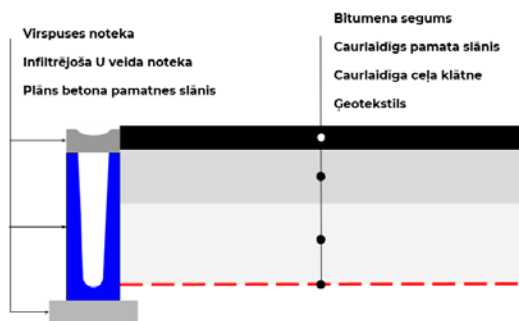
Japānā ir izstrādāta arī aksiāli rievota asfaltbetona koncepcija (3.4. – 4. att.). Ievērojot to, ka šāda asfaltbetona maisījuma virsmas tekstūra ir tāda pati kā porainam asfaltbetonam, ir iespējams samazināt ceļa troksni un izvairīties no ūdens uzkrāšanās lietainos laikapstākļos. Šāda pieeja nodrošina ilgāku pretapledošanas reaģenta iedarbību, tādējādi samazinot tā nepieciešamos lietošanas apjomus. Vienlaikus tiek samazināta sānslīdes iespēja, kas uzlabo ceļa satiksmes drošību.



3.4. – 4. attēls.

Aksiāli rievota asfaltbetona koncepcija.

Ievērojot klimata pārmaiņu radītos riskus uz lietusūdens apjoma strauju un īslaicīgu palielināšanos, Beļģijā izstrādāta koncepcija par lietusūdens uzglabāšanu apakšslāņos. Kā redzams 3.4. – 5. attēlā, koncepcija balstās necaurlaidīgā bitumīnētā asfalta segumā, bet caurlaidīgos pamata slāņos un ceļa klātnē. Pēc šīs koncepcijas lietusūdens tiek uztverts U veida notekā un caur sānu sienām infiltrēts segas pamatkārtās, kurās tas laika gaitā uzkrājas, līdz tiek novadīts gruntī. Būtiskākais šajā koncepcijā ir segas pamatslāņa un ceļa klātnes caurlaidība, nodrošinot to, ka tajos izmantoto materiālu porainība ir vismaz 20 %. Šādā gadījumā ar ūdeni piesātinātu pamatkārtu nestspēja ievērojami samazinās. Beļģijas Ceļu izpētes centra aprēķinos tika pieņemts, ka elastības modulis pamata virskārtai ir 250 MPa un pamata apakškārtai – 100 MPa. Aprēķinos tika modelēti divi gadījumi, kad ūdens uzkrājas tikai pamata apakškārtā un kad ūdens uzkrājas abās pamatkārtās. Šādas konstrukcijas var izmantot tikai zemas noslodzes ceļos un velosipēdu ceļos.



3.4. – 5. attēls.

Koncepcija par lietusūdens uzglabāšanu saistībā ar pēkšņām un īslaicīgām lietusgāzēm.

Īpaši kritiskos gadījumos (ja ir regulāri plūdi ar mazu atgriešanās periodu) un tad, ja ir lielas transporta slodzes, ieteikts izmantot betona segumus. Jāatzīmē, ka ir izskatīti arī gadījumi par ceļa infrastruktūras nestspējas nodrošināšanu, ja ir neplānoti liela ceļu satiksmes slodze ārkārtas gadījumos. Lai to īstenotu, ir svarīgi veikt pastāvīgu ceļu infrastruktūras stāvokļa monitoringu, it īpaši pēc ārkārtas gadījumu (piemēram, plūdu) norises, lai iegūtu plašu datu spektru vadībai, izmantojot skaitliskus aprēķinus. Kopumā ceļu tīklu aizsardzību pret klimata pārmaiņām var nodrošināt, vai nu pastiprinot ceļa infrastruktūru, vai arī izvēloties ekonomiski pamatotus materiālus un/vai konstruktīvos risinājumus, kas nodrošinātu izturību pret potenciālo klimata iedarbības faktoru ietekmi (ceļa infrastruktūras pielāgošana). Lai arī ceļa infrastruktūras pielāgošana (piemēram, izmantojot ģeorežģus) parasti pilnībā nepasargā to no sagrūšanas, ja notiek to pakļaušana klimata iedarbības faktoram, tomēr ekonomiski tā ir daudz izdevīgāka, līdz ar to – biežāk izmantota.

Klimata pārmaiņu faktoru (piemēram, temperatūras un mitruma) ietekme uz ceļa segumu infrastruktūru modelēta, izmantojot atbilstošas programmatūras, piemēram, *FAAR-FIELD*, un programmēšanas valodas, piemēram, *PYTHON*. Konstatēts, ka, izmantojot šo pieeju, var iegūt reālāku prognozi par asfaltbetona īpašību maiņu atkarībā no tā konstrukcijas, vietas ģeoloģiskajiem apstākļiem un klimata iedarbības faktoru ietekmes.

Pastiprinoties klimata pārmaiņām, rodas nepieciešamība izmantot arī efektīvākus materiālus, kas būtu izturīgāki pret ūdens, UV starojuma un temperatūras radīto bojājumu ietekmi. Kā viena no perspektīvākajām nākotnes piedevām ir modificētā gumija (3.4. – 6. att.).



3.4. – 6. attēls.

Risinājums noguruma un novecošanās izturības uzlabošanai, izmantojot gumijas piedevas”

PIARC Tehniskās komisijas 2020R01EN ziņojumā “*Preserve Earthworks and Rural Roads from the Impact of Climate Changes*” [39] izvērtēta klimatisko faktoru ietekme uz pilsētas ceļu projektēšanu un būvdarbiem. Pēc šajā ziņojumā izmantotās definīcijas pilsētas ceļi ir divjoslu ceļi ar joslas platumu 2,75–3,5 m, nomalēm un drenāžas joslām no 1 m līdz 2,5 m platumā katrā ceļa pusē. Tehniskā komisija ir vienojusies, ka svarīgākie klimatiskie faktori, kuru izmaiņas ietekmē valsts un reģionālo ceļu projektēšanu un būvdarbus, ir šādi:

- **temperatūra** (termiskā enerģija, kas tiek pārnesta uz ceļa struktūru karstuma vai aukstuma viļņu laikā, augstākā izmērītā temperatūra 1 m augstumā virs zemes līmeņa);
- **nokrišņi** (intensitāte, maksimālais nokrišņu daudzums un tā atgriešanās periods, ilgums);
- **vējš** (ātrums);
- **plūdi** (notece nokrišņu laikā, kas tiek savākta drenāžas sistēmā, maksimālais ūdens daudzums, kas īslaicīgi jāuzglabā nokrišņu laikā).

Klimata faktoru iedarbības ietekme šajā pētījumā prognozēta, ievērojot klimata salīdzināmības principu, kas pamatojas uz šādiem etapiem:

- esošo labās prakses piemēru apkopošana pēc iespējas plašākā klimatisko zonu apgabalā;
- klimata apstākļu sasaistīšana ar šiem risinājumiem;
- klimatisko ietekmes faktoru noteikšana (piemēram, nokrišņi, temperatūra);
- esošo klimatisko modeļu izmantošana, lai prognozētu analizējamā reģiona stāvokļa izmaiņas 50 gadu garumā;
- prognozēšanas rezultātu salīdzināšana ar reģionu, kurā jau pastāv prognozē konstatētie klimatiskie apstākļi;
- esošo labās prakses piemēru pārvešana uz reģioniem, kuros nākotnē sagaidāma atbilstoša klimatisko rādītāju maiņa.

Detalizētai analīzei, kā tas redzams 3.4. – 2. tabulā un 3.4. – 7. attēlā, ceļa šķērsgriezums sadalīts vairākos segmentos: nogāze (1); ceļmalas grāvis (2); normale (3); bitumenētais segums (4); pamatkārta (5); ceļa klātne (6); uzlabotas grunts slānis/paklājslānis (7); uzbēruma materiāls (8), kas ļauj analizēt nozīmīgāko klimatisko parametru ietekmi uz katru segmentu un izstrādāt atbilstošas rekomendācijas, piemēram, sākot no kādas nokrišņu intensitātes robežvērtības, augsnes stiprināšanai bez veģetācijas ir jāizmanto ģeotekstils.

3.4. – 2. tabula.

Apkopojums par klimata ietekmes izvērtējumu segmentos

		Segments							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Nokrišņi	Intensitāte (mm/stundā)	x		x		x		x ³	x ³
	Atgriešanās periods (1 reizi "n" gados)	x	x	x				x ³	x ³
	Ilgums (minūtes vai stundas)	x		x				x ³	x ³
	Maksimums (mm/stundā)		x						
Temperatūra	Temperatūras ietekme (°C/diennakti)*	x		x	x	x	x ²	x ³	x ³
	Gaisa temperatūra (°C)**								
Vējš (tostarp, smilšu un putekļu vētras)	Ātrums (m/s)	x ¹				x ¹			x
	Maksimālais daudzums (m ³ /s)***		x					x ³	x ³
Notecē	Maksimālais tilpums (m ³)****							x ³	x ³

* termiskā enerģija, kas tiek pārnesta uz ceļa virsmu karstuma viļņa vai aukstuma viļņa laikā;

** augstākā temperatūra, kas izmērīta 1 m augstumā virs zemes;

*** maksimālais nokrišņu daudzums, kas novadīts ceļmalas grāvjos,

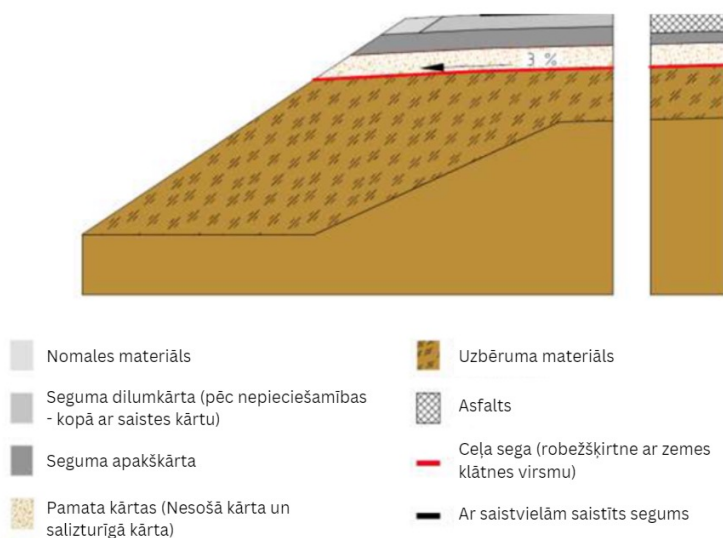
**** maksimālais ūdens tilpums, kas tiek laikus uzglabāts ceļmalas grāvjos.

1) kopā ar temperatūras ietekmi;

2) tikai mūžīgā sasaluma zonā;

3) klimats ietekmē arī 7. un 8. segmentu, bet ietekmi nav viegli atdalīt no ietekmes uz hidrauliskās būves un nogāzēm/slope.

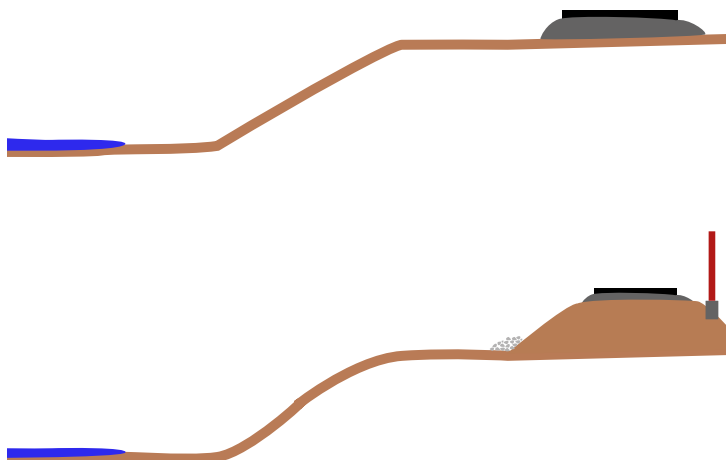
Šīm rekomendācijām jābūt sasaistītām ar izmantotajiem būvmateriāliem, bet nav viegli atdalīt ietekmes uz uzbēruma slīpumu un hidrauliskajām būvēm (grāvjiem un caurtekām) no ietekmēm uz paklājslāni un uzbēruma materiālu. Ģeotekstili tiek izmantoti arī uzbērumu nostiprināšanai tuvu krasta līnijai. Piekrastes zonu stiprināšanai, kas ir pakļauta biežai vai pat īslaicīgai periodiskai applūšanai, var izmantot masīvu akmeņu krāvumu, parasti kombinācijā ar ģeotekstilu, lai novērstu smalkās frakcijas izskalošanu.



3.4. – 7. attēls.

Ceļa šķērsriezuma sadalījums segmentos

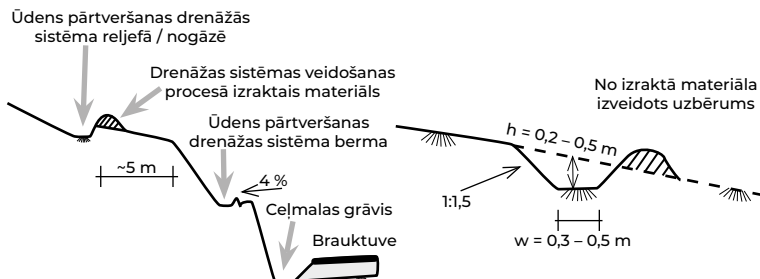
Tomēr šādi šobrīd jau izmantotie risinājumi” var būt nepietiekami, notiekot klimata pārmaiņām. Tādēļ Zviedrija ir aktualizējusi piekrastes zonas ceļu būvniecības vadlīnijas. Zviedrijas stratēģija balstās visas transporta infrastruktūras pacelšanā virs apkārtējās zemes līmeņa (3.4. – 8. att.). Lai gan šis risinājums vienlaikus paaugstina arī projektu izmaksas, tomēr jāatzīmē, ka lētākas pieejas, piemēram, dabiskās veģetācijas izmantošana nogāžu stiprināšanai laika gaitā var radīt problēmas, jo potenciāli tiek palielināts ceļu nosprostošanas risks ar vētras laikā nogāztiem kokiem.



3.4. – 8. attēls.

Zviedrijas pieeja transporta infrastruktūras paaugstināšanā piekrastes zonā (augšējā attēlā - ceļš pirms rekonstrukcijas, apakšējā attēlā - ceļš pēc adaptācijas klimata pārmaiņām pasākumu veikšanas).

Kā redzams 3.4. – 9. attēlā, papildu drenāžas sistēmas stāvās nogāzēs ļauj uztvert no augstienes plūstošo ūdeni, samazina erozijas riskus un atslago novadgrāvjus ceļa malās.



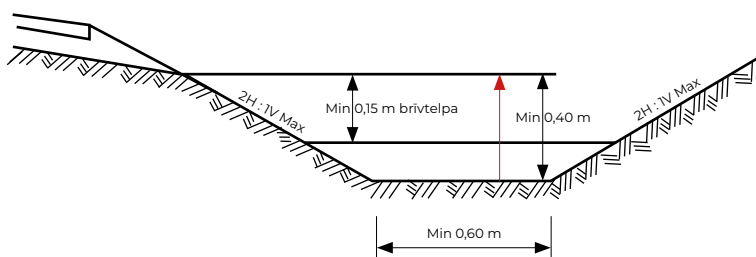
3.4. – 9. attēls.

Papildu drenāžas sistēmu izvietojums stāvu nogāžu gadījumā

Vienlaikus, lai zemes uzbērums funkcionēšana būtu ilgtspējīga, viens no riska faktoriem ir paaugstināta temperatūra un vējš, kas var izraisīt augsnes izžūšanu un smalkākās frakcijas aiznešanu (aizpūšanu vai izskalošanu papildu nokrišņu gadījumā), it īpaši veģetācijas trūkuma gadījumā. Arī šajā gadījumā risinājumi pret eroziju ir pietiekamas veģetācijas izveidošana un ģeotekstilu izmantošana. Vienlaikus jāatzīmē, ka vēja ietekme uz zemes eroziju ir mazāka nekā nokrišņu ietekme.

Ceļmalas grāvju projektēšanu un izbūvi galvenokārt ietekmē maksimālais nokrišņu līmenis, apjomīgu lietusgāžu atgriešanās periods un maksimālā notece. Samazinoties atgriešanās periodam, ceļmalas grāvji tiek pakļauti biežākai lietusūdens novadīšanai un līdz ar to var radīt nepieciešamību pēc to hidroizolēšanas, lai izvairītos no erozijas riska. Vienlaikus, pieaugot ūdens novadei, ceļmalas grāvji vai nu jāpalielina, vai arī jānodrošina ūdens šķērsojošo struktūru (nelieli tilti, drenāžas caurules) skaits.

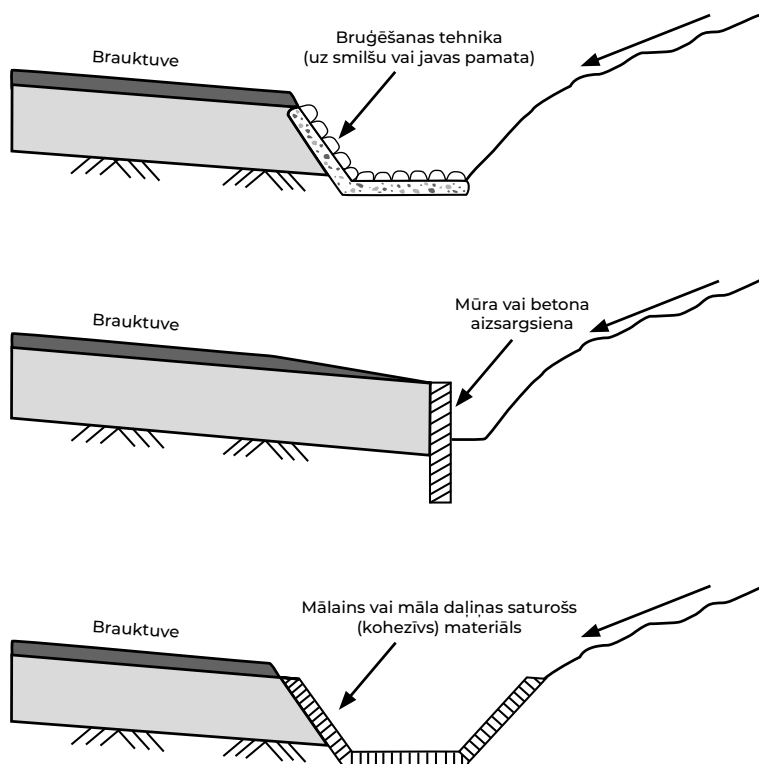
Saistībā ar šo faktu problēma ir tajā, ka pagātnes dati neļauj pietiekami precīzi prognozēt nokrišņu daudzuma pieaugumu, kas var rasties klimata pārmaiņu rezultātā. Līdz ar to novadgrāvju izmēru palielināšana atbilstoši nākotnē sagaidāmajam nokrišņu pieaugumam patlaban ir grūti īstenojama. Galvenais novadgrāvju projektēšanas princips ir nodrošināt to, ka ūdens plūsma neietekmē ceļa vertikālo struktūru, respektīvi, ka augstākais prognozētais ūdens līmenis grāvī ir zemāks par ceļa klātni (3.4. – 10. att.).



3.4. – 10. attēls.

Minimālie novadgrāvja dziļuma konstruēšanas parametri; ar sarkano bultu atzīmēts ūdens līmenis grāvī ekstrēmu lietusgāžu gadījumā ar 10 gadu atgriešanās periodu.

Papildu drenāžas grāvji jāizmanto tad, ja ceļa tuvumā ir dabiski paaugstinājumi, kas var veicināt ūdens penetrāciju ceļa zemes uzbērumā. Lai šāda scenārija iespējamību mazinātu, kā redzams 3.4. – 11. attēlā, tiek rekomendēti dažādi novadgrāvju izolācijas risinājumi.

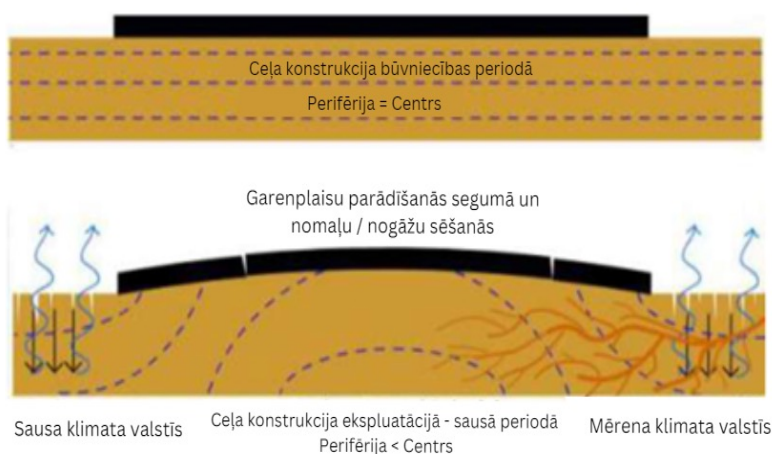


3.4. – 11. attēls.

Risinājumi ūdens iespiešanas novēršanai ceļa uzbērumā augšējā shēma - bruģēšanas izmantošana ceļmalas nogāžu stiprināšanā; vidējā shēma - mūra vai betona aizsargsienas veidošana; apakšējais attēls - pārklāšana ar kohezīva (piemēram, mālaina) materiāla slāni).

Ceļa nomaļu jutību pret klimata pārmaiņām galvenokārt nosaka nokrišņu intensitāte, ekstrēmu lietusgāžu atgriešanās periods un lietusgāžu ilgums, kas rada nepieciešamību pēc nomaļu hermetizēšanas, izmantojot dažādas tehnoloģijas.

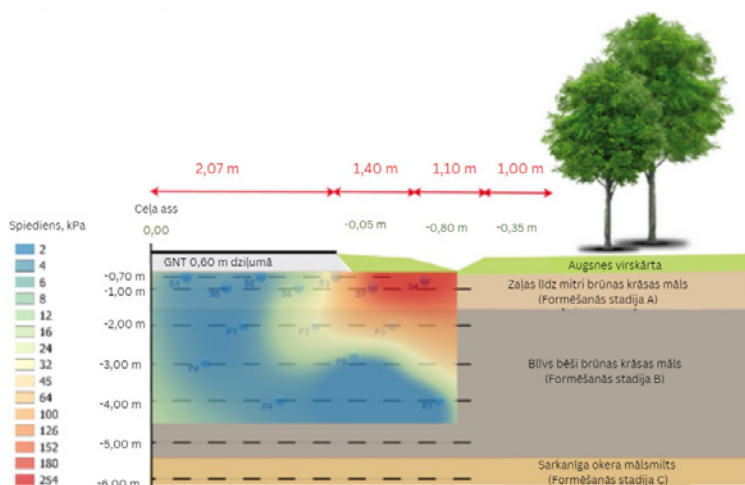
Temperatūras paaugstināšanās (it īpaši – karstuma viļņu) ietekmē var notikt apakšējā augsnes slāņa uzkaršana un kapilāri saistītā ūdens iztvaikošana, kas var izraisīt ceļa virsmas plaisāšanu (3.4. – 12. att.)



3.4. – 12. attēls.

Ceļa virsmas plaisāšana, temperatūras paaugstināšanās ietekmē.

Kā viens no lētākajiem risinājumiem šādā gadījumā tiek ieteikts izmantot blīvus ģeorežģus/ekrānus (screen), kas samazinātu ūdens iztvaikošanu un mazinātu nomaļu izžūšanu kā tas parādīts 3.4. – 13. att. Tomēr ģeorežģu ievietošanas efektivitāte ir atkarīga no apkārtesošās augsnes tipa un ģeorežģa ievietošanas dziļuma. Kā tas parādīts 3.4.-13. attēlā, ūdens koncentrācijas atšķirību dēļ radītie spriegumi mālainās augsnes pēc sausas vasaras sezonas ilgstoši saglabājas (līdz par vasaras sezonas beigām) vairāk nekā 2 m dziļumā, kas var būt par iemeslu turpmākai garenvirziena plaisu veidošanai.



3.4. – 13. attēls.

Ūdens koncentrācijas nevienādība mālainās augsnēs.

Izvērtējot ceļa bituminētos segumus, galvenais klimatiskais ietekmes faktors ir temperatūra, kas padara ceļa segumu mīkstāku, palielina risu veidošanās tendenci un samazina ceļa seguma ilgmūžību. Piemēram, problēmas ar ceļa seguma kušanu sāk parādīties arī Lielbritānijā (2017. gada karstuma viļņu ietekmē), Polijā un citur. Paaugstinātu ceļa seguma virsmas temperatūru var izraisīt arī citi klimata pārmaiņu rosināti efekti, piemēram, sausuma izraisīti mežu ugunsgrēki, kā arī vējš. Vienlaikus riska faktors Ziemeļu puslodē ir sniega nesumu veidošanās. Lai mazinātu šādu gadījumu iespējamību, ir rekomendēts ceļus būvēt uz 0,80 m paaugstinājuma.

Izvērtējot ceļa pamatkārtas jutīgumu, būtisku ietekmi atstāj tādi klimatiskie faktori kā nokrišņu intensitāte, temperatūra, vējš (gadījumā, ja nav bituminēta virsējā slāņa). Galvenais risks ar asfaltu nepārklātu ceļu gadījumā ir saistīts ar to, ka paaugstināta sausuma apstākļos pamatslānis var izžūt un smalkās daļiņas var tikt pakļautas transporta slodzes, vēja un izskalošanās ietekmei, un tā rezultātā pastiprināti veidojas ceļa seguma defekti.

Izvērtējot ceļa klātnes (*subbase*) jutīgumu Latvijas klimatiskajā zonā, būtiskāko ietekmi atstāj klimata pārmaiņu ietekmē palielinājusies nokrišņu intensitāte. Būtisks risks ir saistīts arī ar palielinātu sasalšanas/atkušanas periodu biežumu, kas veicina nosēdumu un plaisu veidošanos. Šajā kontekstā liela nozīme ir būvdarbos izmantotā materiāla daļiņu izmēriem, piemēram, sīkdisperss, mālains materiāls ir jutīgāks pret sasalšanu nekā rupjgraudains materiāls.

Iepriekš minēto pētījumu rezultātā PIARC Tehniskās komisijas darba grupa TC D4.1. ir izstrādājusi klimata ietekmes risku izvērtēšanas veidlapas darba variantu (3.4. – 14. att.).

Projekts TC D4.1				Datums:	
				Dalībnieks:	
				Valsts:	
				Reģions:	
Nepieciešamā informācija 1.grupas aprēķiniem					
Nokrišņu daudzums			Vējš		
	Gads	Max (mm/h)	Apskatāmais gads	Gads	Ātrums (m/s)
			Sagaidāmais Max		Sagaidāmais ātrums
Šobrīd			(mm/h)	Šobrīd	
Nākotnē				Nākotnē	
Nogāžu materiāla analīze			Vēju aizturošo nogāžu analīze		
Robežvērtība (mm/h)			Robežvērtība (m/s)		
≤ 400		Esošo materiālu izmantošana	0 - 8		Nav nepieciešamas izmaiņas
400 - 600		Stabilizētu materiālu izmantošana	8 - 11		Nav nepieciešami koku apstādījumi
600 - 900		Mākslīgi veidota aizsardzība	11 - 14		Nav nepieciešami krūmu apstādījumi
> 900		Nogāžu slīpuma atbilstības izvērtēšana	> 14		Jānodrošina aizsardzība pret vēja eroziju
Nogāžu slīpuma (leņķa) analīze					
Robežvērtība (mm/h)					
≤ 400		Nogāzes slīpums 1:1			
400 - 600		Nogāzes slīpums 1:1,5			
600 - 900		Nogāzes slīpums 1:2			
> 900		Nogāzes slīpums 1:2			
Piezīmes: Sarkanā informācija - jāaizpilda manuāli Zilā informācija - aprēķinās automatiski					

3.4. – 14. attēls. PIARC

Tehniskās komitejas darba grupas TC D4.1. izstrādātais klimata ietekmes faktoru izvērtēšanas veidlapas darba variants.

Ziņojumā “*International climate change adaptation framework for road infrastructure 2015R03 EN*” [40] PIARC eksperti piedāvā iteratīvas pieejas sistēmu, lai ceļu nozares organizācijām palīdzētu identificēt mainīgos klimatiskos riskus, noteiktu prioritātes un varētu izstrādāt efektīvus rīcības modeļus, iekļaujot veikto darbību izvērtējumu un secinājumus lēmumu pieņemšanas procesos.

PIARC piedāvā šādu sistēmas ietvaru:

1. posms – darbības ietvara, mainīgo lielumu, risku un datu identificēšana;
2. posms – risku novērtēšana un prioritāšu noteikšana;
3. posms – adaptācijas reakciju un stratēģiju izstrāde un izvēle;
4. posms – secinājumu integrēšana lēmumu pieņemšanas procesos.

3.5. Citi nozīmīgākie ārvalstu pētījumi

Papildus šo starptautisko institūciju aktivitātēm vispusīgus pētījumus par klimata pārmaiņām un transporta infrastruktūras pielāgošanos tām veikušas arī atsevišķas zinātnieku grupas. Piemēram, Lundas universitātes, Zviedrijas meteoroloģijas un hidroloģijas institūta un *RISE* Zviedrijas pētniecības institūta pētnieki savos pētījumos ir analizējuši klimata pārmaiņu iespējamo ietekmi uz tiltu drošību un veiktspēju, apkopojot vairāk nekā 190 pētījumu rakstu secinājumus [4], [42] un sniedzot pārskatu par klimata pārmaiņu iespējamiem riskiem uz tiltiem un citām transportbūvēm. Pētījumā dažādie riski ir iedalīti sešās galvenajās kategorijās.

- **Ilgzturības riski.** Palielinoties nokrišņu daudzumam, pieaugot gaisa temperatūrai, pieaugot relatīvajam gaisa mitrumam un oglekļa koncentrācijai atmosfērā, pieaug arī tiltos izmantoto būvmateriālu nolietojšanās un degradācijas ātrums [14, 43, 44]. Pētījumi rāda, ka pieaug betona karbonizācijas izraisītu betona bojājumu apjoms. Somijā veiktie pētījumi [45] parāda, ka augstāka oglekļa koncentrācija un lielāks nokrišņu daudzums izraisa ātrāku stieģrojuma korozijas sākšanos un lielāku aktīvās korozijas ilgumu. Šie riski attiecas arī uz tērauda tiltiem un tiltu tērauda daļām. Jāatzīmē arī risks, ko rada saules starojuma UV-B komponenta palielināšanās, kas būtiski ietekmē gaismas izraisīto sintētisko materiālu (plastmasas, gumijas, dažādi epoksīda bāzes pārklājumi utt.) un kokmateriālu bojājumus [46,47]. Vairāki autori [48] norāda riskus, ko rada bieža pretapledošanas sāls lietošana, kas samazina betona konstrukciju kalpošanas ilgumu.
- **Lietojamības riski** galvenokārt attiecas uz temperatūras pieauguma izraisītajiem konstrukciju bojājumiem un nodilumu. Pētījumā [49] tiek prognozēts, ka, pieaugot temperatūrai, notiks agrāka tiltu seguma veiktspējas samazināšanās. Cits autors [50] norāda, ka temperatūras paaugstināšanās rezultātā kumulatīvais risu dziļums ceļa segumā palielināsies. Temperatūras un mitruma izmaiņas ietekmēs arī līmētu un saspriegtu kokmateriālu konstrukcijās [51], kas var zaudēt daļu no sasprieguma spēka, ko izraisa temperatūras un koksnes mitruma saturs izmaiņas.
- **Ģeotehniskie riski** galvenokārt saistīti ar izskalojumiem, kas ir viens no biežākajiem tiltu bojājumu cēloņiem. Pētījumā [52] tiek prognozēts, ka 47 % no pasaules zemes virsmas piedzīvos lielāku vidējo gada noteci, kas rezultēsies straumes ātrumu pieaugumā un paātrinās izskalojumu veidošanos pie tiltu balstiem. Turklāt siltāks klimats nākotnē samazinās ūdens (kinemātisko) viskozitāti, kas varētu vēl vairāk palielināt izskalošanas

riskus [53]. Uz ģeotehniskiem riskiem attiecas arī tiltu un ceļu uzbēruma nogāžu izskalojumi un zemes nogrūvumi. Viens no galvenajiem nogāžu bojājumu un zemes nogrūvumu izraisītājiem ir intensīvas lietusgāzes. Pētījumos [15] ir parādīta nokrišņu intensitātes izmaiņu ietekme uz uzbēruma nogāzes stabilitāti dažādās teritorijās. Tika secināts, ka visu veidu nogāzēm pētītajās teritorijās ir sagaidāma samazināta drošība. Arī citi pētījumi norāda, ka klimata pārmaiņas negatīvi ietekmēs nogāžu stabilitāti un, iespējams, izraisīs biežākus zemes nogrūvumus. Pētījumā [54] secināts, ka nokrišņu daudzuma palielināšanās vai samazināšanās izraisīs gruntsūdens līmeņa izmaiņas, kas var paaugstināt pamatu sēšanās riskus. Klimata izmaiņu rezultātā paredzamais nokrišņu sezonālo atšķirību pieaugums, kā arī temperatūras paaugstināšanās var palielināt mālainu grunšu rukums un uzbriešanu (kūkumošanu) vasaras un ziemas sezonās, kas var izraisīt būvju pamatu deformācijas [54].

- **Dažādu vides iedarbju pieauguma risks** saistās ar vides radītu slodžu pieaugumu. Klimata izmaiņas var saistīties ar vēja stipruma pieaugumu dažādos reģionos, kas palielinās ekstremālu viļņu biežumu un augstumu jūrā un piejūras teritorijās [55]. Vēja stipruma pieaugums var ietekmēt tiltu dinamiku, īpaši tas attiecas uz vanšu un iekārto tiltu konstrukcijām. Pieaugot temperatūrai vai temperatūras izmaiņām rodas risks, ka projektēšanā izmantotās termiskās slodzes lielums pieaugs un pieaugs arī tiltu deformācijas. Deformācijas šuvēs un balstīklās veidosies lielākas deformācijas.
- **Ar ekstrēmām dabas notikumiem saistītie riski.** Viens no šādiem riskiem ir plūdu intensitātes un biežuma palielināšanās. Plūdi ir viens no postošākajiem apdraudējumiem ceļa infrastruktūrai. Pētījumā [56] apgalvots, ka viena no visdārgākajām klimata pārmaiņu sekām varētu būt iespējamā plūdu intensitātes un biežuma palielināšanās. Sagaidāma arī vēju intensitātes un biežuma risku palielināšanās. Atlantijas okeāna ziemeļdaļā ir palielinājušies intensīvi tropu cikloni, un ar vairāk nekā 50 % varbūtību ir iespējams, ka nākotnē būs vērojams to pieaugums. Ņemot vērā temperatūras paaugstināšanos un samazinātu nokrišņu daudzumu, dažās teritorijās ir paredzams ievērojams savvaļas ugunsgrēku biežuma un intensitātes pieauguma risks [57]. Šis pieaugums rada paaugstinātu risku tuvumā esošajiem tiltiem un ceļiem.

Operatīvie riski saistīti ar papildu ekspluatācijas izmaksu pieaugumu. Prognozētais snigšanas pieaugums dažās vietās var izraisīt ar sniega izvešanu saistīto izmaksu pieaugumu. No otras puses, šādu izmaksu samazināšanās ir sagaidāma vietās, kur klimata pārmaiņu rezultātā tiek prognozēta snigšanas samazināšanās [58]. Papildu izmaksu risks var veidoties ziemā, kad apledo tiltu elementi un tos nākas slēgt satiksmes drošības dēļ, piemēram, ja apledo vantis [59].

3.6. Galvenās jaunākās aktivitātes par pielāgošanos klimata pārmaiņām Latvijā

Neskatoties uz šajā pētījumā aprakstītajiem pētījumiem par klimata izmaiņām Latvijā jau sākot no pagājušā gadsimta 60 gadiem vai pat vēl agrāk [2, 3], joprojām ir pieejams ļoti maz informācijas par klimata pārmaiņām tieši transporta infrastruktūras kontekstā. Līdz ar to šajā nodaļā apkopoti pēc pētījuma autoru domām nozīmīgākie pēdējo gadu pētījumi par klimatu pārmaiņu ietekmi uz transporta infrastruktūru un tās pielāgošanos klimata pārmaiņām Latvijā.

Saskaņā ar VSIA LVC meteoroloģisko staciju datiem par 2001. līdz 2021. gadam [5], galvenie klimata faktori, kas potenciāli visvairāk ietekmēs transporta infrastruktūras Latvijā, būs šādi:

- ietekmēs infrastruktūras (piemēram, tiltu) projektēšanu un uzturēšanu; samazinās ceļu konstrukciju stabilitāti;
- **zemes nogruvumi** tiks novēroti arvien biežāk, īpaši vietās ar jaunu infrastruktūru, un jo īpaši pēc intensīviem un/vai ilgstošiem nokrišņiem, kas veicina teritoriju appludināšanu, samazina nogāžu stabilitāti, palielinot zemes nogruvuma riskus;
- **sausums un augsta vasaras temperatūra**, kas var izraisīt asfalta seguma plastiskās deformācijas (rises), tiltu un to konstrukciju bojājumus, paaugstināt ugunsgrēku riskus ceļmalās (īpaši ilgstošā sausuma periodā, kad novērots samazināts nokrišņu daudzums un karstuma viļņi); ilgstoši karstuma periodi izraisīs paātrinātu infrastruktūras nolietošanos (piemēram, rises, bitumena novecošanās u.c.);
- Piekrastes zonas (t. sk. upju grīvas) var ievērojami ietekmēt **jūras līmeņa celšanos**. Šī celšanās var ievērojami ietekmēt jūras līmeņa celšanās, kas samazinās piekrastes stabilitāti un radīs nepieciešamību pārskatīt ceļa infrastruktūras pacēluma pietiekamību. Nepietiekamas uzraudzības gadījumā ūdens ar laiku spēj izskalot ceļa segas konstruktīvos slāņus, izraisot seguma deformāciju;

- ziemas periodā **sniega nokrišņi** var radīt problēmas infrastruktūras uzturēšanā un ekspluatācijā. Temperatūras un mitruma izmaiņas, kā arī pretapledošanas materiālu izmantošana var veicināt ceļu un tiltu konstrukciju patērētāju bojāšanos; temperatūras ilgstošās svārstības ap 0 °C, kas ir īpaši izteikti pavasarī un rudenī, ietekmē ne tikai asfaltbetona, bet arī grants ceļus;
- sliktās drenāžas gadījumā var palielināties risu/iesēdumu skaits, kas var radīt sliktu ūdens novadīšanu no ceļa seguma.

2017. gadā ir veikts arī Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas pasūtīts pētījums "Risku un ievainojamības novērtējums un pielāgošanās pasākumu identificēšana būvniecības un infrastruktūras jomā" (izpildītājs – biedrība "Zaļā brīvība", 2017) [61].

Šajā pētījumā autoceļu ietekme tika vērtēta saistībā ar trīs apdraudējumiem:

- temperatūras izmaiņu ietekme;
- lietus plūdu ietekme;
- jūras uzplūdu un krasta erozijas ietekme.

Konstatēts, ka infrastruktūras plānošanas jomā klimata pārmaiņu radītie riski, kam Latvijā ir salīdzinoši ļoti augsta vai augsta īstenošanās varbūtība un lielākās negatīvākās sekas, ir lietusgāžu plūdu radīto bojājumu pieaugums ceļiem (kopā ar ceļu sasaluma perioda samazināšanos un nokrišņu pieaugumu šajā periodā). Savukārt pārējie riski izpaudīsies ar salīdzinoši zemākām sekām, bet tajā pašā laikā arī tiem ir iespējama ļoti augsta īstenošanās varbūtība.

3.6. – 2. tabula.

3. stratēģiskais mērķis – infrastruktūras spējas pielāgoties palielināšana

3. stratēģiskais mērķis. Infrastruktūra un apbūve ir klimatnoturīga un plānota atbilstoši iespējamiem klimata riskiem

Mērķis ir vērsts uz infrastruktūras un apbūves (ēku un būvju) klimatnoturības nodrošināšanu mainīgos, īpaši – ekstrēmos, klimata apstākļos.

Stratēģiskajā mērķī ietvertie rīcības virzieni:

RV 3.1. Zaļās infrastruktūras izmantošana klimata risku ietekmes mazināšanai;

RV 3.2. Inženierkomunikāciju sistēmas un infrastruktūras nodrošināšana un pielāgošana klimata ekstrēmiem;

RV 3.3. Būvju un ēku pielāgošana klimata pārmaiņu ietekmēm un slodzēm.

Kā trešais stratēģiskais mērķis iepriekš minētajā plānā ir attiecināts un vērsts uz infrastruktūras spēju pielāgoties klimata pārmaiņām palielināšanu. Stratēģiskajam mērķim ir izvirzīti trīs rīcības virzieni, kas galvenokārt vērsti uz dažādu infrastruktūras objektu klimatnoturīguma palielināšanu (3.6. – 1. tab.).

Politiskā līmenī Latvija kā ES dalībvalsts pastāvīgi īsteno ES Zaļā kursa politiku, tostarp arī klimata pārmaiņu jomā. Lai izvērtētu klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz transporta infrastruktūru, Latvija ir izstrādājusi plānu par pielāgošanos

klimata pārmaiņām laika posmam līdz 2030. gadam (MK noteikumi Nr. 380), kurā ir identificēts, ka Latvijā transporta infrastruktūras plānošanai ir būtiskas vairākas klimata pārmaiņu izpausmes, tai skaitā ekstrēmi (3.6. – 1. tab.):

- gada vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās, karstuma viļņu biežuma un ilguma pieaugums, meteoroloģiskās vasaras pagarināšanās, diennakts maksimālās temperatūras maksimālās vērtības paaugstināšanās;
- sala dienu un dienu skaita bez atkušņa samazināšanās;
- nokrišņu daudzuma palielināšanās un maksimālā vienas diennakts nokrišņu daudzuma palielināšanās, dienu skaita ar ļoti stipriem nokrišņiem palielināšanās, maksimālā piecu diennakšu nokrišņu daudzuma palielināšanās, virs normas strauju sniega nokrišņu palielināšanās;
- vidējā jūras ūdens līmeņa celšanās ilgtermiņā un krasta erozijas attīstība, kā arī gruntsūdeņa līmeņa svārstības, ko ietekmē nokrišņu un jūras ūdens līmeņa izmaiņas, kā arī upju noteces režīma izmaiņas.

3.6. – 1. tabula.

Klimata pārmaiņu riski un iespējamās sekas transporta infrastruktūras plānošanā

Rīks	Iespējamās sekas
Uzplūdu radīto bojājumu pieaugums ceļiem jūras piekrastē un upju grīvas pilsētās	Ceļu bojājumi jūras piekrastē (krasta erozija un applūšana), ceļu bojājumi upju grīvās; ceļu atjaunošanas nepieciešamība, tīrīšana vai slēgšana
Lietusgāzu plūdu radīto bojājumu pieaugums ceļiem (kopā ar ceļu sasaluma perioda samazināšanos)	Ceļu bojājumi pilsētās ar lietus kanalizācijas kapacitātes nepietiekamību, tuneļu applūšana; ceļu bojājumi ārpus pilsētām (galvenokārt grants ceļu iegrimšana vai aizskalošana, uzbērumu nestabilitāte, nogruvumu veidošanās); ceļu atjaunošanas un tīrīšanas nepieciešamība; vides piesārņojums; drošības un komforta samazināšanās; ceļu slēgšana
Asfalta pastiprināta kušana un citi ceļu seguma bojājumi	Ceļu bojājumi; satiksmes drošības pasliktināšanās

Kā trešais stratēģiskais mērķis iepriekš minētajā plānā ir atiecināts un vērsts uz infrastruktūras spēju pielāgoties klimata pārmaiņām palielināšanu. Stratēģiskajam mērķim ir izvirzīti trīs rīcības virzieni, kas galvenokārt vērsti uz dažādu infrastruktūras objektu klimatnoturīguma palielināšanu (3.6. – 1. tab.).

EK Kopīgo pētījumu centra (KPC) / (*The Joint research Centre, JRC*) elektroniskajā datu krātuvē (<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC72217>) [62] ES valstu līmenī pieejami dati par papildus izmaksām, ko radīs nepieciešamība adaptēties klimata pārmaiņām. Konstatēts, ka laika periodā no 2040. līdz 2100. gadam ceļu infrastruktūras adaptēšanai RCP 8.5 klimata pārmaiņu scenārijam nepieciešamās ikgadējās papildus izmaksas apkopotas 3.6.-3. un 3.6.-4 tabulās.

3.6. – 3. tabulā parādītas ikgadējās papildus izmaksas, kuras prognozētas, ievērojot nepieciešamību modificēt bitumena saistvielu sagaidāmās temperatūras paaugstināšanās dēļ.

3.6. – 3. tabula.

Temperatūras paaugstināšanās radītās ietekmes novērtējums Latvijai RCP 8.5 klimata pārmaiņu scenārijam

Periods	Papildu izmaksas, miljoni EUR/gadā
2040–2070	+0,02
2070–2100	+1,72

3.6. – 4. tabulā parādīts prognozētais ikgadējais izmaksu samazinājums ceļu infrastruktūras uzturēšanas darbiem ziemas periodā, kas sagaidāms paaugstinoties temperatūrai.

3.6. – 4. tabula.

Ziemas apstākļu ietekmes novērtējums Latvijai RCP 8.5 klimata pārmaiņu scenārijam

Periods	Izmaksu samazinājums, miljoni EUR/gadā
2040–2070	–0,2
2070–2100	–0,3

Pēc *Huizinga, J., de Moel, H. un Szewczyk, W.* izstrādātā modeļa plūdu izraisīto ceļa bojājumu izmaksas Latvijā ir vidēji ap 7 EUR m² (Eiropā vidēji – 24 EUR/m²). Salīdzinoši, saskaņā ar KPC PESETA projekta ziņojumu [63] 2040–2100 gada periodā, pieaugot gan vidējam nokrišņu daudzumam, gan ekstremālo gadījumu skaitam, transporta infrastruktūras uzturēšanas izmaksas atsevišķos Eiropas reģionos var pieaugt par 50–192 mlj. EUR gadā, kamēr riskam pakļautās infrastruktūras vērtība tiek novērtēta aptuveni par 18.5 miljoniem. Līdz ar to sagaidāms, ka līdz 2100 gadam arī Latvijā ceļa infrastruktūras uzturēšanas izmaksas, klimata pārmaiņu dēļ, ievērojami pieaugs.

Vienlaikus jūras uzplūdu un krasta erozijas ietekmes dēļ ikgadējais plūdu apraudējums ceļiem Latvijā prognozēts 0,4 miljoni EUR apmērā, ar ļoti augstu varbūtību [61]. Pieņemot ekstrēmu vētru (ar prognozēto atkārtotās biežumu – reizi 100 gados) un to izraisīto uzplūdu iespējamības palielināšanos, kā arī jūras līmeņa paaugstināšanos klimata pārmaiņu dēļ, apdraudētās transporta infrastruktūras aktīvu vērtība Eiropā prognozēta uz 210 mlj. EUR (gadījumā, ja jūras līmenis paaugstinās par 1 m) [62].

3.7 “Rail Baltic” pieredze

Lai iekļautu Baltijas valstis Eiropas dzelzceļa tīklā, kopš 2010. gada tiek īstenots “Rail Baltic” projekts, kurā tiek veikta dzelzceļa transporta infrastruktūras pielāgošanās klimata pārmaiņām analīze [64]. 3.7.–1. tabulā apkopots nozares ekspertu viedoklis par “Rail Baltic” infrastruktūras jutīgumu pret iespējamajām klimata pārmaiņām. Šajā jutīguma analīzē Latvijas ceļu administrācija (XVI aile) kā ar klimata pārmaiņām saistītu klimata apdraudējuma risku ar augstu ietekmi ir norādījuši grunts sasalšanu, savukārt ar vidēju ietekmi – snigšanu, karstuma viļņus, grunts nestabilitāti un noslīdējumus. Pārējie ar klimata pārmaiņām saistītie riski (vējš, pērkons, aukstuma viļņi, migla, plūdi, krusa, saķere, meža ugunsgrēki, sasalstošs lietus, sausums, kailsals, karsti) novērtēti kā zemi.

3.7.–1. tabula.

Jutīguma analīze (sarkana krāsa – augsta jutība, dzeltena krāsa – zema līdz vidēja jutība, balta krāsa – nav ievērojamas jutības)

Klimatiskais notikums/apdraudējums	–	=	≡	≥	>	V	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Sniegs																		
Vējš																		
Pērkons																		
Siltuma viļņi																		
Aukstuma viļņi																		
Augsnes sasalšana																		
Migla																		
Plūdi																		
Grunts nestabilitāte un noslīdeņi																		
Krusa																		
Adhēzija																		
Savvaļas ugunsgrēki																		
Atkala																		
Sausums																		
Apledojums																		
Karstums																		

I–Igaunijas dzelzceļš (infrastruktūras pārvalditājs), II – Elron (Igaunijas pasažieru pārvadātājs), III – Latvijas dzelzceļa Infrastruktūras departaments, IV–Latvijas dzelzceļa Pasažieru pārvadājumu departaments, V–Lietuvas dzelzceļa Drošības departaments, VI–Lietuvas dzelzceļa Kravu pārvadājumu departaments, VII–Lietuvas dzelzceļa Pasažieru pārvadājumu departaments, VIII–Lietuvas dzelzceļa Infrastruktūras ekspluatācijas un uzturēšanas departaments IX–Lietuvas dzelzceļa Infrastruktūras ekspluatācijas un uzturēšanas departaments), X – Network Rail pētījums, XI – Riksdagstryckeriet pētījums, XII – Banedanmark pētījums, XIII – Elering (Igaunijas augstsprieguma līniju operators), XIV–Igaunijas ceļu pārvalde, XV – Augstsprieguma tīkls (Latvijas augstsprieguma līniju operators), XVI–Latvijas ceļu administrācija, XVII–Lietuvas augstsprieguma līniju operators, XVIII–Lietuvas Autoceļu pārvalde.

4. Klimata pārmaiņu prognozes un galvenie ceļu un tiltu infrastruktūru ietekmējošie klimatiskie faktori

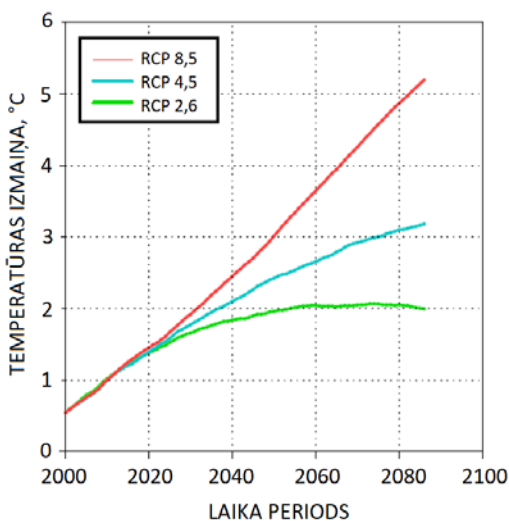
Klimata pārmaiņu prognozēšanai ir izstrādāti daudzi dažādu modeļu scenāriji, no kuriem plašāk izmantotie ir *RCP* un *SSP* scenāriji, kuru skaidrojums dots šī pētījuma 4. nodaļā. Ievērojot, ka LVĢMC jaunais Klimata pārmaiņu analīzes rīks ir izstrādes stadijā, šajā pētījumā izmantoti gan *RCP* (atspoguļo 2017. gada aprēķina datus), gan *SSP* scenāriji (parāda jaunākos klimata pārmaiņu modeļu rezultātus). Pētījumā izmantoti *RCP 2.6* (uz ilgtspēju, izaugsmi un vienlīdzību vērsta sabiedrība), *RCP 4.5* (nav būtisku izmaiņu no vēsturiskajiem sociālekonomiskajiem modeļiem) un *RCP 8.5* (strauji un neierobežoti pieaug ekonomikas un enerģijas patēriņš) scenāriji, kā arī *SSP2 4.5* (nav būtisku izmaiņu no vēsturiskajiem sociālekonomiskajiem modeļiem) un *SSP3 7.0* (pieaugoša reģionu sāncensība) scenāriji [3]. Jebkurā gadījumā prognoze veikta, sākot no 2023. gada, pamatojoties uz laika periodā no 1961. līdz 2023. gadam iegūtajiem datiem, un apskata potenciālās klimata pārmaiņas ilgstošā laika periodā (līdz 2100. gadam).

4.1. Latvijas klimata pārmaiņu prognoze līdz 2100. gadam

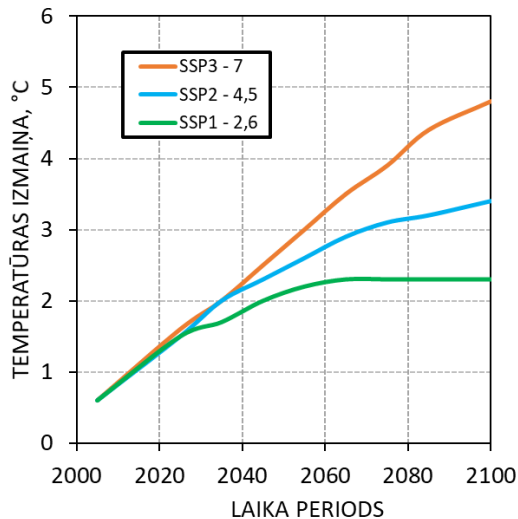
LVĢMC pētījumā [2, 3] apskatīti trīs klimata parametru – temperatūras, nokrišņu daudzuma un vēja ātruma – vēsturiskie dati no 1961. līdz 2010. gadam un veikta to izmaiņu prognoze līdz 2100. gadam. Līdz ar to šajā pētījumā uzmanība pievērsta šo klimata parametru analīzei un potenciālajai ietekmei uz ceļu un tiltu infrastruktūru prognozēto klimata pārmaiņu kontekstā.

4.1.1. Temperatūra

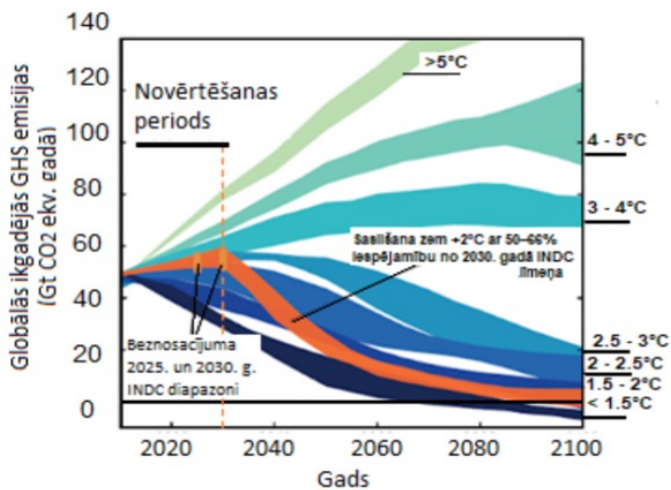
LVĢMC piedāvātie klimata attīstības scenāriji (4.1.1. – 1. att.), kas izstrādāti, pielāgojot starptautisko pētījumu datus Latvijas apstākļiem, būtiski neatšķiras no pasaulē atzītiem attīstības scenārijiem, piemēram, Parīzes nolīgumā minētajām prognozēm [65] (4.1.1. – 2. att.), kas apskata gaisa temperatūras pieauguma atkarību no SEG emisiju daudzuma. Saskaņā ar pieņēmumu, emisijām sasniedzot 120 Gt CO₂eq līmeni, gaisa temperatūra paaugstināsies par 5 °C, salīdzinot ar pirmsindustriālo references periodu [65]. Sākot no 1960. gada, pasaulē tiek novērota klimatiskā anomālija, kad gaisa temperatūra pieaug ar pārmērīgi strauju tempu, salīdzinot ar laika posmu no 1900. līdz 1960. gadam, tomēr nesniedzot viennozīmīgu viedokli par to, vai šāda anomālija varētu turpināties [66–69].



4.1.1. – 1. attēls. LVĢMC ziņojumā apskatītie RCP scenāriji [2].



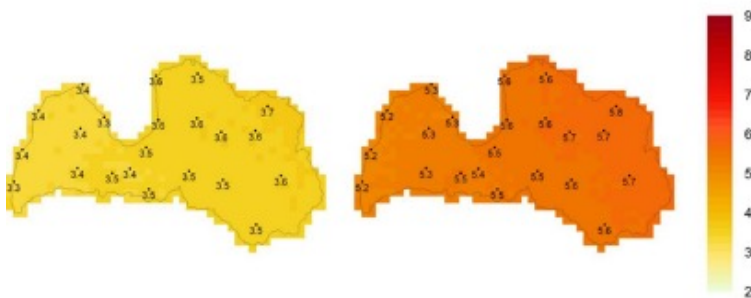
4.1.1. – 2. attēls. Šī pētījuma autoru aprēķinātie SSP scenāriji.



4.1.1 – 3. attēls.

Parīzes nolīgumā atrunātie globālās klimata attīstības scenāriji [65].

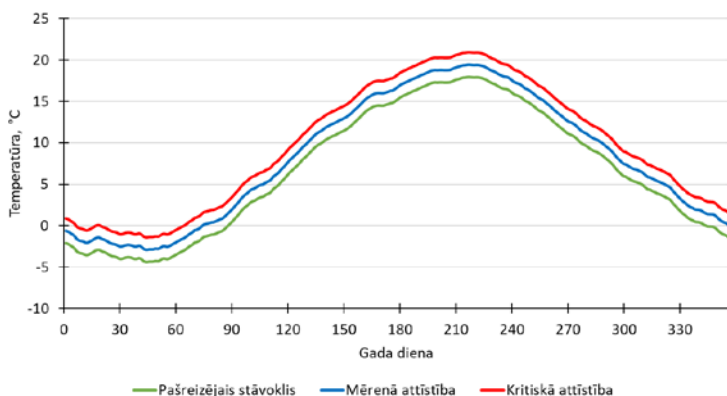
Apskatot gaisa vidējās temperatūras izmaiņas Latvijā (4.1.1. – 4. att.), prognozēts, ka tās būs salīdzinoši vienmērīgas, lai gan teritoriāli atšķirsies, valsts austrumu daļā uzrādot lielāku izmaiņu tendenci.



4.1.1. – 4. attēls.

Prognozētās gada vidējās gaisa temperatūras vērtību izmaiņas Latvijas teritorijā pēc RCP 4.5 (pa kreisi) un RCP 8.5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (2071.–2100. g. attiecībā pret 1961.–1990. g.) [2].

Vadoties no šīs prognozes, LVC pasūtītā pētījuma autori izstrādāja aktualizētu temperatūras izmaiņu prognozi, par atskaites punktu pieņemot 2023. gadu. Iegūtā 2100. gada temperatūras prognoze saglabājoties pašreizējam stāvoklim, kā arī temperatūrai pieaugot pēc klimata pārmaiņu mērenas un kritiskas attīstības scenārijiem, gada griezumā redzama 4.1.1. – 5. attēlā.



4.1.1. – 5. attēls.

Diennakts gaisa vidējās temperatūras prognozes Latvijā 2100. gadā saskaņā ar trīs attīstības scenārijiem (autoru izstrādāta prognoze).

Redzams, ka ticamākā mērenas attīstības scenārijā līdz 2100. gadam diennakts gaisa vidējā temperatūra pieaugs par 1,5 °C, salīdzinot ar pašreizējā stāvokļa temperatūru. Savukārt pesimistiskā scenārija gadījumā valsts diennakts vidēja gaisa temperatūra pieaugs par 3 °C (4.1.1. – 5. att.).

Šī pētījuma autoru iegūtie rezultāti līdzinās O. B. Christensen [70] pētījumam, kur Baltijas reģionā (t. sk. Latvijas teritorijā) prognozēta vasaras vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās par ~ 1,5–2,5 °C un ziemas vidējās temperatūras paaugstināšanās par ~ 2,5–4,5 °C. Tomēr šis vidējais gaisa temperatūras paaugstinājums ir mazāks, nekā citos pētījumos [2, 65] prognozētais, kur paredzēts, ka gaisa vidēja temperatūra pieaugs pat par ~ 2 °C RCP 2.6 scenārijā, ~ 3 °C RCP 4.5 scenārijā un ~ 5 °C RCP 8.5 scenārijā.

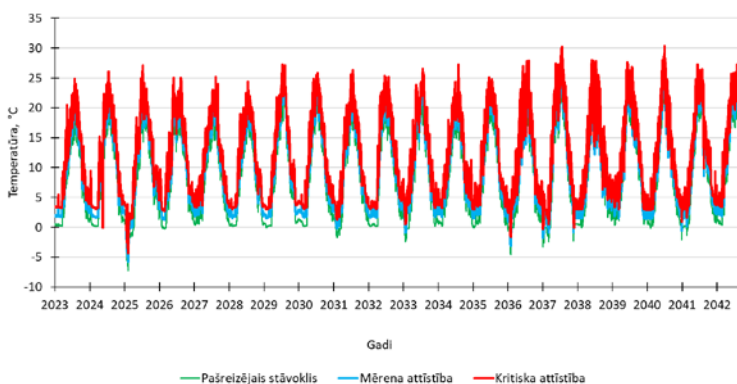
Līdz ar gaisa vidējās temperatūras paaugstināšanos izmaiņīsies arī gaisa minimālā un maksimālā temperatūra. Tiek prognozēts, ka gada vidējā minimālā gaisa temperatūra šī gadsimta pēdējos 30 gados pieaugs par 3,3–3,9 °C RCP 4.5 scenārijā un par 5,1–6 °C RCP 8.5 scenārijā. Sagaidāms, ka ziemas kļūs mērenākas, gaisa temperatūras arvien retāk samazināsies zem –10 °C. Izmaiņām būs novērojams teritoriālais raksturs – valsts rietumu daļā gaisa minimālā temperatūra paaugstināsies par 4,4–4,7 °C (RCP 4.5) vai 6,3–6,8 °C (RCP 8.5), austrumu daļā – par 5,1–5,4 °C (RCP 4.5) vai 7,5–7,8 °C (RCP 8.5). Vasaras sezonā (aprīlis–oktobris) gaisa vidējā minimālā temperatūra paaugstināsies par ~ 3 °C (RCP 4.5) vai ~5 °C (RCP 8.5). Vienlaikus prognozēts, ka gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra paaugstināsies par 3,3–3,6 °C (RCP 4.5) vai 5,1–5,6 °C

(RCP 8.5). Izmaiņas būs īpaši izteiktas ziemas periodā, kad sagaidāma maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās vidēji par 2,5–4 °C (RCP 4.5) vai 4–6 °C (RCP 8.5) [2].

Līdz ar minimālās gaisa temperatūras paaugstināšanos samazināsies dienu, kad gaisa temperatūra būs zem 0 °C, skaits. Atkarībā no klimata pārmaiņu scenārija LVĢMC pētījumā prognozēts, ka šādu dienu skaits 21. gadsimta nogalē samazināsies vidēji par 50 (RCP 4.5) līdz 80 (RCP 8.5) dienām, salīdzinot ar laika periodu no 1960. līdz 2010. gadam (78–157 dienas). Pastāv varbūtība, ka šāda apjoma izmaiņas būs novērojamas jau laika posmā no 2041. līdz 2070. gadam.

Paaugstinoties gaisa temperatūrai, samazināsies arī dienu bez atkušņa skaits. Kā norāda LVĢMC pētījuma autori [2], ja līdz 2040. gadam vidēji Latvijā vēl varētu būt aptuveni 40–50 dienas bez atkušņa, tad saskaņā ar RCP 8.5 scenāriju laika posmā no 2071. līdz 2100. gadam šis skaits samazināsies līdz 20 dienām.

Analizējot temperatūras pieauguma ietekmi uz ceļa segumu, ir acīmredzams, ka zemu temperatūru ietekme mazināsies, tomēr, visticamāk, pieaugs sasalšanas un atkušņas ciklu skaits. Šajā sakarā šī pētījuma autori veica grunts sasalšanas temperatūras izmaiņu prognozi turpmāko 20 gadu periodam, par atskaites periodu pieņemot 2023. gadu, izmantojot iepriekš izstrādāto modeli (2.1.4–1. vienādojums). 4.1.1. – 6. attēlā redzami grunts temperatūras 20 cm dziļumā katram klimata pārmaiņu scenārijam. Attēlā parādīta stundas temperatūras izmaiņu dinamika turpmāko 20 gadu laikā.



4.1.1. – 6. attēls.

Grunts temperatūras 20 cm dziļumā prognozes Daugavpils stacijā (autoru izveidota prognoze).

Novērtējot iegūtās prognozes, ir redzams, ka kopā ar gaisa temperatūras pieaugumu pieaugs arī vidējā temperatūra gruntī. Ja vēsturiski gandrīz katru gadu bija novērojami gadījumi, kad grunts temperatūra 20 cm dziļumā šķērso 0 °C robežu (2.1.4. – 3. att.), tad apskatītajos nākotnes scenārijos (mērenā attīstība un kritiskā attīstība) šādu novērojumu gandrīz nav. Mērenās attīstības scenārijā Daugavpils stacijā būtu reģistrēti tikai 1277 gadījumi, savukārt kritiskās attīstības scenārijā – tikai

437 gadījumi. Var teikt, ka reizi trijos gados grunts sasals vidēji uz astoņām dienām pēc kārtas vai, aprēķinot vidējo dienu skaitu, vienā gadā ~ 3 dienas.

4.1.2. Nokrišņi

Līdz šim vidējais nokrišņu daudzums valstī ir bijis 484–827 mm gadā. Kā norāda LVĢMC pētījuma autori [2], vidējais nokrišņu daudzums Latvijā līdz 2100. gada beigām būs palielinājies par 10–15 %, salīdzinot ar laika posmā no 1971. līdz 2000. gadam novēroto vidējo vērtību. Teritoriālās analīzes rezultāti liecina, ka visvairāk šīs izmaiņas būs novērojamas Kurzemes centrālajā daļā un austrumu reģionos. Sezonālo nokrišņu daudzums īpaši pieaugs ziemas periodā (oktobris–marts), kad sagaidāms 24–37 % palielinājums (RCP 4.5) līdz 35–51 % palielinājums (RCP 8.5).

4.2. LVĢMC prognozes par būves ietekmējošo meteoroloģisko parametru izmaiņām

4.2.1. Izmantotās prognozes

2.4. nodaļā apskatītas būvnormatīvu regulētu meteoroloģisku parametru izmaiņas no 2001. gada līdz šim brīdim, kas balstītas LVĢMC veiktajā datu apstrādē. Šiem pašiem parametriem sagaidāmās nākotnes izmaiņu prognozes atrodamas LVĢMC 2017. gadā izstrādātajā un 2024. gadā atjauninātajā “Klimata rīkā”.

4.2.2. Konstruksiju aprēķinos lietojamās temperatūras izmaiņu prognozes

Nākotnes klimata izmaiņas reprezentējošos modeļos netiek rēķinātas gaisa ekstrēmās temperatūras vērtības, kas tiks sasniegtas ar noteiktu varbūtību (piemēram, 1 % jeb reizi 100 gados). Tas izskaidrojams ar šim nolūkam parasti izmantoto Gumbela teorētisko varbūtību sadalījumu, kas balstās vēsturisko datu aprakstīšanā, bet nav korekts procesa modelēšanai, ja sagaidāmas statistisko rādītāju izmaiņas (respektīvi, klimata izmaiņas).

4.2.2. – 1. un 4.2.2. – 2. tabulā apkopotas LVĢMC “Klimata rīka” datu kopu “Diennakts minimālās temperatūras minimālā vērtība” un “Diennakts maksimālās temperatūras maksimālā vērtība” nākotnes prognozes, tās iedalot 30 gadu intervālos – 2025., 2055. un 2085. gads.. Prognozes veidotas, izmantojot attiecīgo kopu vēsturisko novērojumu vidējās vērtības. Līdz ar to tā nesniedz datus par iestāšanās varbūtību, bet ļauj novērtēt attīstības tendences. LVĢMC “Klimata rīkā” pieejami vēsturiskie dati līdz 2023. gadam; izmaiņu tendences līknes konstruētas, sākot no 2004. gada.

4.2.2. – 1. tabula.

Diennakts minimālās temperatūras minimālās vērtības prognoze

Nr. p. k.	Stacija	T°C, min./min.						Pieaugums				
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0		
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085	
1	Bauskas novads	-19,6	-17,0	-15,4	-19,7	-15,9	-12,7	2,6	4,2	3,8	7,0	
2	Cēsu novads	-20,9	-18,1	-16,7	-21,0	-17,3	-13,8	2,8	4,2	3,7	7,2	
3	Rēzeknes novads	-2,1	-19,1	-17,8	-22,1	-18,2	-14,7	3,0	4,3	3,9	7,4	
4	Ventspils novads	-12,6	-10,7	-9,6	-12,5	-9,9	-7,5	1,9	3,0	2,6	5,0	
5	Rīgas pilsēta	-17,9	-15,4	-13,9	-18,0	-14,4	-11,2	2,5	4,0	3,6	6,8	
								vid.	2,6	4,0	3,6	6,8
								max	3,1	4,4	4,0	7,5
								min	1,7	2,7	2,4	4,6

4.2.2. – 2. tabula.

Diennakts maksimālās temperatūras maksimālās vērtības prognoze

Nr. p. k.	Stacija	T°C, maks./maks.						Pieaugums				
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0		
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085	
1	Bauskas novads	33,5	34,8	35,6	34,0	35,7	37,8	1,3	2,1	1,7	3,8	
2	Cēsu novads	32,1	33,4	34,3	32,6	34,3	36,3	1,3	2,2	1,7	3,7	
3	Rēzeknes novads	33,1	34,4	35,3	33,6	35,4	37,2	1,3	2,2	1,8	3,6	
4	Ventspils novads	28,6	29,7	30,4	28,7	30,2	32,0	1,1	1,8	1,5	3,3	
5	Rīgas pilsēta	32,8	34,0	34,9	33,3	34,9	37,0	1,2	2,1	1,6	3,7	
								vid.	1,3	2,1	1,7	3,6
								max	1,4	2,3	1,9	3,8
								min	1,1	1,8	1,5	3,2

4.2.2. – 1. un 4.2.2. – 2. tabulās apkopotie dati uzrāda tendenci palikt siltākam. Turklāt ekstremālās negatīvās temperatūras samazināsies straujāk (līdz 2085. gadam samazinājums par vidēji 4,0 °C pēc SSP2 4.5 scenārija un 6,8 °C pēc SSP3 7.0 scenārija), bet ekstremālās ekstermālās pozitīvās temperatūras pieaugs mērenāk (līdz 2085. gadam pieaugums par vidēji 2,1 °C pēc SSP2 4.5 scenārija un 3,6 °C pēc SSP3 7.0 scenārija). Kopumā tas liecina, ka temperatūras ekstremālo vērtību amplitūdai ir tendence samazināties.

4.2.3. Ziemas perioda garuma izmaiņu prognoze

Ar klimata pārmaiņām saistīts ziemas perioda samazinājums ir raksturojams ar sala dienu skaita un bezatkušņa dienu skaita izmaiņām. 4.2.3. – 1. un 4.2.3. – 2. tabulā apkopotie dati par šo parametru izmaiņu prognozēm 22 novērojumu stacijās atbilstoši LVĢMC "Klimata rīkam", periodu iedalot 30 gadu intervālos: 2025., 2055. un 2085. gads.

4.2.3. – 1. tabula.

Sala dienu skaita izmaiņas prognoze

Nr. p. k.	Stacija	Sala dienu skaits						Pieaugums			
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauskas novads	110,0	92,0	83,0	110,0	86,0	67,0	-18	-27	-24	-43
2	Cēsu novads	120,0	103,0	93,0	121,0	97,0	75,0	-17	-27	-24	-46
3	Rēzeknes novads	119,0	103,0	94,0	120,0	96,0	75,0	-16	-25	-24	-45
4	Ventspils novads	95,0	75,0	65,0	95,0	70,0	49,0	-20	-30	-25	-46
5	Rīgas pilsēta	98,0	81,0	72,0	99,0	76,0	56,0	-17	-26	-23	-43
	vid.	109,8	92,6	83,2	110,4	86,6	65,8	-17,3	-26,6	-23,8	-44,6
	max	122	106	96	123	99	78	-15	-25	-22	-43
	min	86	67	58	87	62	41	-20	-30	-26	-48

4.2.3. – 2. tabula.

Dienų bez atkušņa skaita izmaiņas prognoze

Nr. p. k.	Stacija	Dienų skaits bez atkušņa						Pieaugums			
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauskas novads	41,0	30,0	26,0	42,0	29,0	18,0	-11	-15	-13	-24
2	Cēsu novads	51,0	40,0	36,0	54,0	38,0	26,0	-11	-15	-16	-28
3	Rēzeknes novads	54,0	43,0	38,0	55,0	40,0	28,0	-11	-16	-15	-27
4	Ventspils novads	29,0	19,0	15,0	29,0	16,0	9,0	-10	-14	-13	-20
5	Rīgas pilsēta	38,0	28,0	25,0	39,0	26,0	16,0	-10	-13	-13	-23
	vid.	43,7	33,0	28,7	44,6	30,8	20,1	-10,8	-15,0	-13,8	-24,5
	max	57	46	40	58	43	30	-9	-12	-10	-17
	min	24	15	12	24	13	7	-13	-17	-16	-28

LVĢMC datubāzēs ir uzkrāta informācija par temperatūras svārstībām ap 0 °C (2.1.2. nod.), taču nav veikta tās apstrāde un prognozes. Temperatūras svārstības ap 0 °C ir saistītas ar nepieciešamo betona un asfalta kvalitātes klasi. Sasalšanas/atkuššanas tendences novērtēšanai var lietot starpību starp sala dienu skaitu (temperatūra ir bijusi zem 0 °C) un dienu bez atkušņa skaitu (temperatūra nav pacēlusies virs 0 °C). Šāds aprēķins ir nosacīts, jo izslēdz gadījumus, kad vienas diennakts laikā ir bijušas vairākas svārstības ap 0 °C. Šī ir atšķirība, salīdzinot ar 5.1.2. nodaļā iekļauto novērtējumu. Vienlaikus jāatzīmē, ka betona un asfalta siltuma uzņemšanas spēja nav tik strauja, lai veidotos vesels sasalšanas/atkuššanas cikls laikā, kad temperatūra ir tuvu 0 °C. Aprēķins redzams 4.2.3. – 3. tabulā. Tajā pārliecinoši saskatāma atkušņu skaita samazināšanās tendence – 60 gadu periodā kritums par 18 % līdz 31 % (attiecīgi SSP2–4.5 un SSP3–7.0 scenārijam).

4.2.3. – 3. tabula.

Atkušņu skaita izmaiņas prognoze (nosacīts aprēķins kā starpība starp sala dienu un bezatkušņa dienu skaitu)

Nr. p. k.	Stacija	Nosacīts atkušņu skaits						Pieaugums			
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauskas novads	69	62	57	68	57	49	-7	-12	-11	-19
2	Cēsu novads	69	63	57	67	59	49	-6	-12	-8	-18
3	Rēzeknes novads	65	60	56	65	56	47	-5	-9	-9	-18
4	Ventspils novads	66	56	50	66	54	40	-10	-16	-12	-26
5	Rīgas pilsēta	60	53	47	60	50	40	-7	-13	-10	-20
	vid.	66,1	59,6	54,5	65,8	55,8	45,7	-6,5	-11,6	-10,0	-20,1
	max	73	67	62	74	63	53	-3	-8	-7	-16
	min	60	51	45	59	48	34	-10	-16	-14	-28

4.2.4. Veģetācijas perioda izmaiņu prognoze

Līdz ar iepriekš aprakstīto tendenci par gaisa temperatūras pieaugumu un ziemas perioda saīsinājumu, sagaidāms, ka pieaugs vasaras garums un veģetācijas periods.

4.2.4. – 1. tabulā apkopoti dati par veģetācijas perioda izmaiņām 22 novērojumu stacijās atbilstoši LVĢMC “Klimata rīkam”, prognozi sadalot 30 gadu periodos: 1995.–2025., 2025.–2055. un 2055.–2085. gads. Ar jēdzienu “veģetācijas periods” jāsaprot dienu skaits gadā starp periodiem, kad pirmo un pēdējo reizi novērotā diennakts vidējā temperatūra ir virs +5 °C vismaz sešas dienas pēc kārtas.

4.2.4. – 1. tabula.

Veģetācijas dienu skaita izmaiņas prognoze

Nr. p. k.	Stacija	Veģetācijas dienu skaits						Pieaugums			
		SSP2–4.5			SSP3–7.0			SSP2–4.5		SSP3–7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauskas novads	212,0	225,0	234,0	212,0	231,0	254,0	13	22	19	42
2	Cēsu novads	202,0	215,0	223,0	201,0	220,0	240,0	13	21	19	39
3	Rēzeknes novads	205,0	215,0	224,0	205,0	221,0	238,0	10	19	16	33
4	Ventspils novads	225,0	245,0	258,0	222,0	253,0	285,0	20	33	31	63
5	Rīgas pilsēta	216,0	228,0	237,0	216,0	235,0	258,0	12	21	19	42
	vid.	211,0	224,4	233,8	210,4	230,4	252,9	13,4	22,8	20,1	42,5
	max	230	253	270	228	262	294	23	40	34	67
	min	200	211	219	199	215	232	10	19	15	32

Sagaidāms, ka 60 gadu periodā veģetācijas periods palielināsies par 11 % līdz 20 % (attiecīgi SSP2–4.5 un SSP3–7.0 scenārijiem).

4.2.5. Intensīvu nokrišņu izmaiņu prognoze

LVĢMC prognozēs pēc SSP scenārijiem patlaban ir pieejami dati par gada kopējo nokrišņu summu un dienu, kad ir bijuši stipri nokrišņi, skaitu gada laikā. Tādi nav piemēroti analīzes veikšanai par autoceļu infrastruktūru ietekmējošām intensīvā lietussgāzēm.

Tāpēc izmantota LVĢMC "Klimata rīkā" RCP scenārijam iekļautajā atmosfēras nokrišņu izmaiņu prognoze parametram "Maksimālais vienas dienas nokrišņu daudzums", ar to saprotot maksimālo gada laikā novēroto vienas diennakts nokrišņu daudzumu. Šis ir īsākais "Klimata rīkā" pieejamais nokrišņu analīzes periods, tādēļ no pieejamiem datiem tas vislabāk raksturo intensīvas lietavas. Par īsākiem periodiem, piemēram, 10 min. vai 30 min., LVĢMC dati nav pieejami. 60 min. periodu novērtējums dots 2.2.2. nodaļā. Jāatzīmē, ka patlaban būvnormatīvā LBN 003–19 "Būvklimatoloģija" [22] īsākais nokrišņu datu periods ir viens mēnesis. LVĢMC plānos ietilpst tuvākajos gados papildināt statistiku ar intensīvu nokrišņu prognozēm īsākiem laika periodiem, kas būs izmantojami precīzākai ūdens novades sistēmas projektēšanai; līdzīgi tiek plānots arī papildināt īslaicīgu vēja brāzmu prognožu datubāzi.

LVĢMC pieejami nokrišņu dati un prognoze par 50 novērojumu stacijām, tomēr, saglabājot šajā pētījumā iepriekš lietoto valsts teritorijas pārklājumu, 4.2.5. – 1. tabulā apkopoti dati par piecām stacijām, sadalot prognozi 30 gadu periodos: 1995.–2025., 2025.–2055. un 2055.–2085. gads

4.2.5. – 1. tabula.

Maksimālā vienas dienas nokrišņu daudzuma izmaiņu prognoze

Nr. p. k.	Stacija	Maks. vienas dienas nokrišņu daudzums, mm						Pieaugums			
		RCP 4.5			RCP 8.5			RCP 4.5		RCP 8.5	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauska	33	33	34	33	35	39	0	1	2	6
2	Cēsis (Priekuļi)	34	34	35	36	37	39	0	1	1	3
3	Rēzekne (Griškāni)	36	36	37	37	38	41	0	1	1	4
4	Ventspils	42	40	45	42	44	48	-2	3	2	6
5	Rīga	33	33	35	34	34	36	0	2	0	2
	vid.	34,8	34,4	36,6	35,7	36,5	39,3	-0,5	1,8	0,8	3,6
	max	42	40	45	42	44	48	1	4	3	6
	min	31	30	32	32	33	35	-2	0	-1	1

Sagaidāms, ka 60 gadu periodā diennakts nokrišņu daudzums palielināsies par 5 % (RCP 4.5) līdz 10 % (RCP 8.5).

4.2.6. Vēja ātruma izmaiņu prognoze

LVĢMC prognozēs pēc SSP scenārijiem patlaban ir pieejami dati par vētraiņo dienu skaitu gadā, kas nav piemērots parametrs vēja spiediena analīzei uz tiltu konstrukcijām.

No LVĢMC "Klimata rīkā" [4] iekļautajām vēja ātruma izmaiņu prognozēm tiks lietots parametrs "Maksimālās vēja brāzmas", ar to saprotot gada maksimālās vēja brāzmas. Vēja brāzma nav tiešā veidā saistāma ar standartos uzrādīto fundamentālo vēja pamatātrumu, tomēr dod priekšstatu par izmaiņu tendencēm.

4.2.6. – 1. tabulā apkopoti dati par maksimālām vēja brāzmas ātruma izmaiņām piecās novērojumu stacijās, prognozi sadalot 30 gadu periodos: 1995.–2025., 2025.–2055. un 2055.–2085. gads.

4.2.6. – 1. tabula

Maksimālā vēja brāzmas ātruma izmaiņas prognoze

Nr. p. k.	Stacija	Maksimālā vēja brāzma, m/s						Pieaugums			
		RCP 4.5			RCP 8.5			RCP 4.5		RCP 8.5	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1	Bauska	20,0	19,4	19,3	19,3	19,8	19,8	-0,6	-0,7	0,5	0,5
2	Cēsis (Priekuļi)	18,4	18,2	18,3	18,1	18,4	18,6	-0,2	-0,1	0,3	0,5
3	Rēzekne	19,6	19,2	19,1	19,2	19,5	19,9	-0,4	-0,5	0,3	0,7
4	Ventspils	23,9	23,9	23,9	23,2	23,8	24,2	0,0	0,0	0,6	1,0
5	Rīga	20,2	19,8	19,8	19,6	20,1	20,2	-0,4	-0,4	0,5	0,6
	vid.	20,4	20,1	20,1	19,9	20,4	20,5	-0,3	-0,3	0,5	0,7
	max	24	24	24	23	24	24	0	0	1	1
	min	18	18	18	17	18	18	-1	-1	0	1

Maksimālās vēja brāzmas vērtībai sagaidāma pretrunīga nākotnes izmaiņu prognoze: RCP 4.5 scenārijā sagaidāms ~ 1,5 % samazinājums, savukārt RCP 8.5 scenārijā – pieaugums par 3,3 %. Vēja spiediens uz virsmu fizikāli ir proporcionāls vēja ātruma kvadrātam, tādēļ attiecīgās sagaidāmās spiediena izmaiņas ir ~ 3 % samazinājums RCP 4.5 scenārijā un ~ 7 % palielinājums RCP 8.5 scenārijā.

4.3. Klimata pārmaiņu kopsavilkums

Pēc starptautiski pieņemtajiem *RCP 2.6*, *RCP 4.5*, *RCP 8.5*, *SSP2 4.5* un *SSP3 7.0* scenārijiem analizējot klimata pārmaiņas Latvijā kopumā, kā arī dažādos Latvijas reģionos atsevišķi, var konstatēt, ka līdz 2100. gada beigām ir sagaidāma gan gaisa vidējās temperatūras, gan temperatūras pozitīvo un, it īpaši, negatīvo ekstrēmu paaugstināšanās un atkušņu skaita samazināšanās tendence. Vienlaikus pārējo tiltu un ceļu infrastruktūru potenciāli ietekmējošo klimata parametru – vēja, nokrišņu, veģetācijas perioda ilguma – izmaiņas notiks mazākā mērā. Ievērojot šos secinājumus, šī ziņojuma 5. nodaļā ir dota analīze par tiltu konstrukcijas ietekmējošiem klimata faktoriem, savukārt 6. nodaļā – analīze par autoceļus ietekmējošiem klimata faktoriem. Šajās nodaļās ir apzināti potenciālajām klimata pārmaiņām pakļautie tiltu un autoceļu kritiskie elementi un atbilstoši veikta tiltu konstrukciju un autoceļu jutīguma un ievainojamības analīze. Vienlaikus šajās nodaļās ir sniegts kopsavilkums par tiltu un ceļu ekspertu anketēšanas rezultātiem.

5. Tiltu konstrukcijas ietekmējošie klimatiskie faktori

5.1. Gaisa temperatūras ekstremālo vērtību amplitūdas ietekme

5.1.1. Gaisa temperatūras ietekmētie tiltu elementi

Temperatūras svārstības tiltu konstrukcijās primāri ietekmē deformācijas šuvēm un balstīklām uzņemamo horizontālo pārvietojumu amplitūdu. Tie ir vai nu rūpnieciski (piemēram, tērauda deformācijas šuves, elastomēra vai tērauda balstīklas), vai arī uz vietas izgatavoti elementi (piemēram, asfalta deformācijas šuves), kas jāprojektē nomaināmi, jo to kalpošanas laiks ir īsāks nekā pamatkonstrukcijas kalpošanas laiks. Rūpnieciskiem elementiem kalpošanas laiks parasti ir robežās no 15 gadiem līdz 50 gadiem, asfalta deformācijas šuvēm – ap 7–10 gadi. Izņēmumi ir atsevišķiem lielajiem tiltiem izmantotās tērauda veltņa tipa balstīklas, kuru kalpošanas laiks paredzēts visam būves mūžam.

Lai arī patlaban ekspluatācijā atrodas daudzi padomju laikos būvēti tilti, tomēr iepriekš aprakstīto iemeslu dēļ to deformācijas šuves un balstīklas var uzskatīt par nokalpojušām un nomaināmām. Tādēļ šajā pētījumā tiks apskatīta tikai aktuālā Eirokodeksa normās noteiktā termiskās ietekmes aprēķina metodika, kas jāizmanto gan jaunu, gan esošo būvju pārbūves projektos.

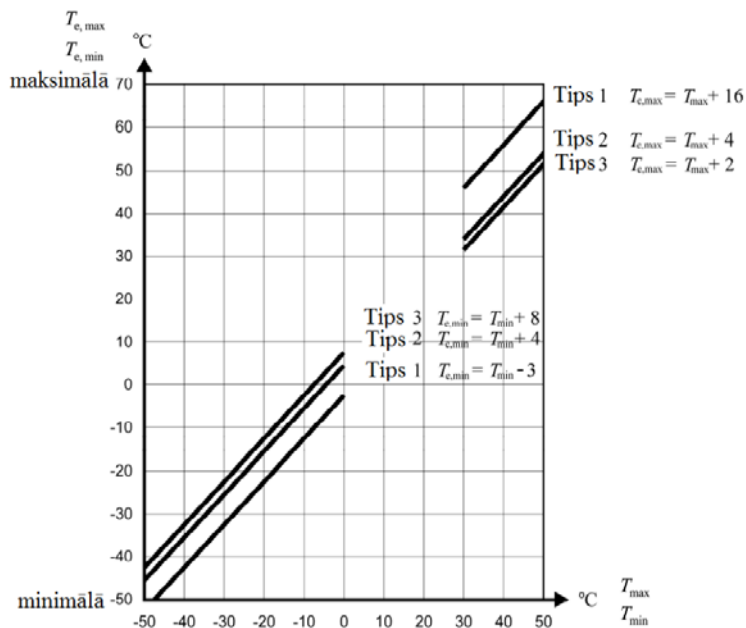
Atsevišķām tiltu konstrukciju statiskajām shēmām temperatūras izmaiņu radītās izplešanās un saraušanās deformācijas var radīt arī papildu piepūles.

5.1.2. Termiskās ietekmes aprēķina metodika

Termiskās ietekmes radīto deformāciju aprēķinu tiltu konstrukcijām regulē standarta LVS EN 1991-1-5 "1. Eirokodekss. Iedarbes uz konstrukcijām. 1–5. daļa: Vispārīgās iedarbes. Termiskās iedarbes" (turpmāk: EC1-1-5) 6. nodaļa [24]. Atkarībā no laiduma konstrukcijai izmantotā būvmateriāla tilti tiek iedalīti trīs grupās, tām ir atšķirīgas aprēķina pieejas:

- 1. tips – tērauda konstrukcijas;
- 2. tips – kompozīta (tēraudbetona) konstrukcijas;
- 3. tips – betona konstrukcijas.

Gaisa temperatūras adaptēšanas (jeb sasīšanās un atdzišanās) ātrumu aprakstītajiem tiltu būvmateriālu tipiēm raksturo 5.1.2. – 1. attēlā (no EC1-1-5) redzamās aprēķina temperatūras T_e korekcijas, kur T_{max} un T_{min} ir ēnas gaisa temperatūras maksimums un minimums.



5.1.2. – 1. attēls.

Tilta vienmērīgās temperatūras komponentes T_e atkarība no ēnas gaisa temperatūras T dažādiem tiltu tipiem (avots: LVS EN 1991–1–5).

Temperatūras ietekmi uz tiltiem var klasificēt divās grupās atkarībā no elementiem, kas tiek ietekmēti:

- ietekme uz nesošo konstrukciju iekšējo piepūļu pārdaļīšanos; šis efekts realizējas tikai atsevišķām tiltu statiskajām shēmām – rāmjiem, lokiem, kopnēm un vanšu sistēmas tiltiem; uz piepūlēm siju tiltos temperatūras deformācijām ietekmes nav;
- ietekme uz deformācijas šuvju un balstīklu pārvietojumiem; dimensionējot šos elementus, jālieto papildu 20 °C komponente, ar kuru tiek pazemināta minimālā negatīvā temperatūra un paaugstināta maksimālā pozitīvā temperatūra (amplitūda pieaug par 40 °C), kā to nosaka EC1–1–5 p.6.1.3.3.(3) 2. piezīme.

Tiltu temperatūras pārvietojumu aprēķinā kā izejas dati tiek lietotas minimālās un maksimālās ēnas gaisa temperatūras vērtības, kas ir reglamentētas būvnormatīvos (5.4.2. nod.).

5.1.2. – 1. tabulā apkopota aprēķinātā būvnormatīvā LBN 003–19 “Būvklimatoloģija” [22] dotā ēnas gaisa temperatūras svārstību amplitūda, kas raksturo tilta deformācijas šuvei un balstīklai nepieciešamos pārvietojumu parametrus. Analizējot temperatūras amplitūdas prognozētās vērtības (t.i., ar 2 % un 10 % varbūtību), jāsecina, ka tām gandrīz vienmēr ir tendence samazināties. Izņēmums ir tikai 10 % varbūtība Liepājā, taču jāatzīmē, ka šī ir novērojumu stacija ar viszemāko amplitūdas absolūto vērtību.

5.1.2. –1. tabula.

Gada ēnas gaisa temperatūras amplitūdas izmaiņas

Nr. p. k.	Vieta	Gada ēnas gaisa temperatūras amplitūda								
		LBN 003-15 (un EC1-1-5 NP)			LBN 003-19			Pieaugums (2001-2019)		
		abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %	abs.	2 %	10 %
1	Ainaži	70,3	69,4	64,1	70,8	68,6	63,9	0,5	-0,8	-0,2
2	Alūksne	70,7	70,6	63,8	70,7	68,2	62,9	0	-2,4	-0,9
3	Daugavpils	79,6	77,0	68,5	78,3	73,9	68,5	-1,3	-3,1	0
4	Dobele	71,7	71,7	65,3	71,7	69,2	64,4	0	-2,5	-0,9
5	Liepāja	66,6	64,5	57,6	68,5	64,0	58,3	1,9	-0,5	0,7
6	Mērsrags	70,8	68,9	62,7	70,8	68,3	62,3	0	-0,6	-0,4
7	Priekulī	73,0	71,7	63,4	73,0	69,4	63,3	0	-2,3	-0,1
8	Rīga	68,5	68,1	63,2	69,4	67,4	62,0	0,9	-0,7	-1,2
9	Stende	70,4	68,9	61,9	70,4	66,8	61,3	0	-2,1	-0,6
10	Zilāni	72,7	72,4	65,3	71,4	69,1	64,5	-1,3	-3,3	-0,8
	vid.	71,4	70,3	63,6	71,5	68,5	63,1	0,07	-1,83	-0,44
	max	79,6	77,0	68,5	78,3	73,9	68,5	1,9	-0,5	0,7
	min	66,6	64,5	57,6	68,5	64,0	58,3	-1,3	-3,3	-1,2

Tiltu projektēšanas praksē – gan iekšējo piepūļu aprēķinā, gan deformācijas šuvju un balstīklu dimensionēšanā – pieņemts izmantot temperatūras ekstrēmumu absolūto vērtību amplitūdu. Lai arī šo elementu kalpošanas laiks pieļautu lietot 2 % vērtību (iestāšanās varbūtība reizi 50 gados), tomēr tādiem ģeometriskiem parametriem kā, piemēram, spraugas platums starp laiduma galu un balsta sienīņu, jānodrošina konstrukcijas netraucēta pārvietošanās visā tās kalpošanas laikā. Attiecīgi deformācijas šuve jāprojektē šīs spraugas pārsegšanai.

Gaisa temperatūras izmaiņu ietekmes novērtēšanai laika periodam no 2001. līdz 2019. gadam izmantots 5.1.2. –1. tabulā fiksētais absolūtās temperatūras amplitūdas vidējais pieaugums, kas ir 0,1 °C.

5.1.3. Temperatūras nākotnes izmaiņu ietekme uz tiltiem

Analizējot 5.1.2. nodaļā apkopotās temperatūras izmaiņu prognozes, ir veikts vispārināts attīstības tendenču novērtējums dažādiem SSP scenārijiem un laika periodiem. Vispārinātā novērtējumā pieņemtā temperatūras amplitūda apkopota 5.1.3. – 1. tabulā.

5.1.3. – 1. tabula.

Gaisa temperatūras amplitūdas izmaiņas un korekcija pa tiltu tipiem (SSP scenāriji)

Ekstremālās temperatūras	Vēsturiskās izmaiņas (2001–2019), °C	Nākotnes prognoze, °C				Tilta materiāla korekcija (5.1.2. – 1. att.), °C		
		SSP2–4.5		SSP3–7.0		1. tips	2. tips	3. tips
		2025–2055	2025–2085.	2025–2055.	2025–2085.			
negatīvās	+0,15	+2,6	+4,0	+3,5	+6,8	-3	+4	+8
pozitīvās	+0,22	+1,3	+2,1	+1,7	+3,6	+16	+4	+2
amplitūdas izmaiņas	+0,07	-1,3	-1,9	-1,9	-3,1	+19,0	0,0	-6,0

5.1.2. tabulā dots vispārināts temperatūras izmaiņu novērtējums tiltu konstrukcijām.

Reprezentatīvi apskatītas divas novērojumu stacijas – Daugavpils un Liepāja, kurās atbilstoši EC1–1–5 NP novērota lielākā un mazākā ziemas un vasaras ekstrēmo temperatūru amplitūda. Izceltas divas aprēķinu situācijas:

- A – temperatūras deformāciju ietekme uz piepūlēm neesošajos elementos (raksturīgi rāmju, loku, kopņu, vanšu un līdzīgiem tiltiem);
- B – deformācijas šuvju un balstīklu dimensionēšana.

5.1.2. – 2. tabulā apskatīti trīs tiltu būvmateriālu tipi. Salīdzinājums veikts attiecībā pret spēkā esošā standarta EC1–1–5 NP noteiktajām temperatūras vērtībām, kas atbilst 2001. gada Latvijas būvnormatīvam LBN-003 “Būvklimatoloģija” [20].

5.1.2. – 2. tabula.

Temperatūras izmaiņu ietekmes uz tiltu konstrukcijām novērtējums

Aprēķina situācija*	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ (ECT-1-5 NP)	Tilta tips	Aprēķina temperatūras diapazons, $^\circ\text{C}$ 2001						Izmaiņas					
			2001	2019	2055		2085		2019.	2055		2085		
					SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP2-4.5	SSP3-7.0		SSP2-4.5	SSP3-7.0			
Daugavpils	A	79,6	1	98,6	98,7	97,4	96,8	96,8	95,5	0,07 %	-1,3 %	-1,8 %	-1,8 %	-3,1 %
			2	79,6	79,7	78,4	77,8	77,8	76,5	0,09 %	-1,6 %	-2,3 %	-2,2 %	-3,9 %
			3	73,6	73,7	72,4	71,8	71,8	70,5	0,10 %	-1,7 %	-2,4 %	-2,4 %	-4,2 %
	B	119,6	1	138,6	138,7	137,4	136,8	136,8	135,5	0,05 %	-0,9 %	-1,3 %	-1,3 %	-2,2 %
			2	119,6	119,7	118,4	117,8	117,8	116,5	0,06 %	-1,0 %	-1,5 %	-1,5 %	-2,6 %
			3	113,6	113,7	112,4	111,8	111,8	110,5	0,06 %	-1,1 %	-1,6 %	-1,6 %	-2,7 %
Liepāja	A	66,6	1	85,6	85,7	84,4	83,8	83,8	82,5	0,08 %	-1,4 %	-2,1 %	-2,1 %	-3,6 %
			2	66,6	66,7	65,4	64,8	64,8	63,5	0,11 %	-1,9 %	-2,7 %	-2,7 %	-4,6 %
			3	60,6	60,7	59,4	58,8	58,8	57,5	0,12 %	-2,0 %	-3,0 %	-3,0 %	-5,1 %
	B	106,6	1	125,6	125,7	124,4	123,8	123,8	122,5	0,06 %	-1,0 %	-1,4 %	-1,4 %	-2,4 %
			2	106,6	106,7	105,4	104,8	104,8	103,5	0,07 %	-1,2 %	-1,7 %	-1,7 %	-2,9 %
			3	100,6	100,7	99,4	98,8	98,8	97,5	0,07 %	-1,2 %	-1,8 %	-1,8 %	-3,0 %
								vid.	0,08 %	-1,4 %	-2,0 %	-2,0 %	-3,3 %	
								max.	0,12 %	-0,9 %	-1,3 %	-1,3 %	-2,2 %	
								min.	0,05 %	-2,0 %	-3,0 %	-3,0 %	-5,1 %	

Aprēķina situācijas:

A – konstrukciju iekšējo piepūļu aprēķins;

B – deformācijas šuvju un balstīklu dimensionēšana.

Ar šajā nodaļā veikto datu apkopojumu un aprakstītajiem pieņēmumiem ir definējami šādi galvenie secinājumi:

- laika posmā no 2001. līdz 2019. gadam ir novērots minimāls aprēķinos pieņemamās temperatūras amplitūdas pieaugums; tā radītā ietekme uz attiecīga slogojuma radītām piepūlēm tilta konstrukcijā nepārsniedz 0,12 %, bet uz deformācijas šuvju un balstīklu pārvietojumiem ietekme ir līdz 0,07 %;
- ar klimata pārmaiņām pamatotās prognozes rāda, ka temperatūru amplitūdai ir tendence nedaudz samazināties, kas skaidrojams ar to, ka ekstrēmi zemu (negatīvu) temperatūru iespējamība samazinās straujāk, bet augstu (pozitīvu) temperatūru iespējamība pieaug lēnāk;
- lai arī deformācijas šuvju un balstīklu kopējo pārvietojumu pieaugums nav sagaidāms, tomēr jāņem vērā, ka ekstrēmi augstu (pozitīvu) temperatūru iespējamība palielinās un tādēļ pieaug risks, ka esošās deformācijas šuves var pilnībā "aizvērties ciet", bet esošās balstīklas – tilta izplešanās virzienā iziet ārpus maksimālā to pārvietojumu diapazona; no jauna projektējamām deformācijas šuvēm rekomendējams paredzēt palielinātu spraugu starp konstrukcijām;

- nākotnes temperatūras izmaiņām sagaidāma lielāka proporcionālā ietekme reģionos, kuros līdzšinējā temperatūras izmaiņu amplitūda bija mazāka (raksturīgi piejūras reģionos, kuros klimats ir mērenāks);
- temperatūras izmaiņu proporcionālā ietekme ir lielāka betona konstrukcijām (tiltu 3. tips), zemāka – tērauda konstrukcijām (1. tips), jo pēdējām jau pēc līdzšinējās aprēķinu metodikas tiek lietotas augstākas korekciju vērtības.

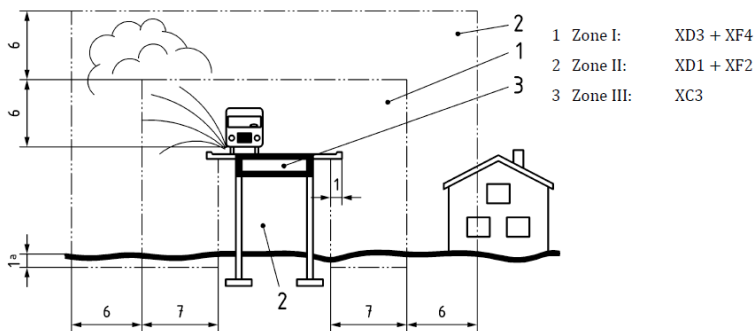
Šī pētījuma autoru rekomendācijas sagaidāmo temperatūras izmaiņu adaptēšanai tiltu konstrukciju projektēšanā:

- 1) standarta LVS EN 1991-1-5 [24] nacionālajā pielikumā NP iekļautās tiltu aprēķinos pieņemamās temperatūras nomainīt ar LBN 003-19 “Būvklimatoloģija” [22] dotajām;
- 2) šo temperatūru starpības (amplitūdas) vērtības izmantot arī no jauna projektējamiem tiltiem, tomēr deformācijas šuvju un balstīklu uzstādīšanu paredzēt ar aprēķinu, ka pārvietojums tilta izplešanās virzienā tuvākajos 60 gados var pieaugt par vērtību, kas atbilst max. +3,8 °C; pieņemot elementa uzstādīšanu būvniecības laikā +10 °C temperatūrā, spraugas platums būtu jāpalielina par ~ 10 %;
- 3) šādi apsvērumi jāņem vērā, arī aprēķinot termālo efektu radītās piepūles;
- 4) aprakstītajai temperatūras izmaiņu attīstībai nav ietekmes uz tiltu deformācijas šuvju un balstīklu izmaksām.

5.2. Ziemas perioda garuma ietekme

Būtiska ziemas perioda garuma ietekme uz betona tiltu ilgmūžību saistīta ar pretapledošanas vielu lietošanas intensitāti. Ietekmētās tilta zonas shematiski redzamas 5.2. – 1. attēlā (no standarta LVS EN 1992-1-1 “Betona konstrukciju projektēšana. Vispārīgi noteikumi un noteikumi ēkām, tiltiem un inženierbūvēm”, 2023. g. (Eirokodeksu otrā paaudze) [71]; turpmāk EC2).

Norādītā vides ietekmes klase XD3 ir lietota tiltu daļām, kas pakļautas hlorīdus saturošu vielu šļakatām (no pretapledošanas vielām), bet XF saistīta ar sasalšanas un atkuššanas cikliem. XF2 lieto zonās, kas ir pakļautas sasalšanai un pa gaisu pārnestām pretapledošanas vielām; XF4 – ja iespējama sasalšana un tiešas pretapledošanas vielu šļakatas. Projektēšanā šīm vides ietekmes klasēm ir ietekme uz minimālo nepieciešamo betona stiprības klasi un uz stieģrojuma aizsargkārtas biezumu. Savukārt betona ražošanā tās uzliek ierobežojumus betona sastāvam, kā arī paredz papildu salturības laboratoriskās pārbaudes.



5.2. – 1. attēls.

Pretapledošanas vielām pakļautie tilta elementi un to darba apstākļiem atbilstošās ārējās vides iedarbes klases, attālumus doti metros, m (avots: LVS EN 1992-1-1) [71].

Uzskaitītajos normatīvos netiek operēts ar pretapledošanas vielu lietošanas intensitāti – minētie kritēriji jāievēro, ja šādas vielas vispār tiek lietotas. Līdz ar to paredzamās klimata izmaiņas, kas saistītas ar ziemas perioda saīsināšanos, neatstās tiešu ietekmi uz tiltu projektēšanu – vides ietekmes klases un no tām izrietošie risinājumi jā saglabā līdzšinējie.

Tomēr no 4. nodaļā apkopotajām prognozēm ir iespējams formulēt spriedumus par pretapledošanas vielu lietošanas intensitāti uz autoceļiem (jeb XD vides ietekmes klases lietojumu betona konstrukcijām). Pieņemot, ka šāda veida ziemas uzturēšanas darbi notiek periodā, kad temperatūra ir zem 0 °C, to biežuma izmaiņas var pielīdzināt 4. nodaļā dotajam sala dienu skaitam. Sagaidāms, ka 60 gadu periodā gada vidējais sala dienu skaits samazināsies par 24 % līdz 48 % (attiecīgi RCP 4.5 un RCP 8.5 scenārijiem). Orientējoši sagaidāms līdzvērtīgs pretapledošanas vielu lietošanas apjoma kritums, tādējādi samazinot nelabvēlīgo ietekmi uz betona ilgmūžību.

Izvērtējot 4. nodaļā iegūto atkušņu skaita samazinājuma prognozi, šī pētījuma autoru rekomendācija sagaidāmo ziemas perioda garuma samazinājuma adaptēšanai tiltu konstrukciju projektēšanā ir lietot līdzšinējo un standartā EC2 noteikto praksi pretapledošanas vielu un sasāļšanai pakļautām betona konstrukcijām. Prognozētajām klimata pārmaiņām šajā kontekstā ir sagaidāma labvēlīga ietekme uz tiltu ilgmūžību.

Ziemas perioda garuma izmaiņu ietekme uz būvniecības un uzturēšanas stadijām apskatīta jutīguma analizē (5.6. – 1. nod.).

5.3. Veģetācijas perioda izmaiņu ietekme

Veģetācijas perioda pieauguma rādītājam nav tiešas ietekmes uz tilta konstrukciju nestspēju vai ilgmūžību. Toties sagaidāms ir ikdienas uzturēšanas darbu apjoma pieaugums vasaras periodā, kas saistīts ar apauguma noņemšanu (pļaušanu) no konusiem, ceļa uzbēruma nogāzēm u.c. tilta tuvumā esošām teritorijām.

Šī pētījuma autoru rekomendācijas sagaidāmo veģetācijas perioda pieauguma adaptēšanai tiltu konstrukciju uzturēšanā: plānot apjomīgākus apauguma pļaušanas darbus, kam būs negatīva ietekme uz šī pasākumu izmaksām.

Kā labvēlīgu aspektu vasaras perioda pagarinājumam var izkristalizēt iespējamu tiltu būvdarbu sezonas pagarinājumu nākotnē.

Uz tilta projektēšanas un būvniecības pasākumiem veģetācijas perioda izmaiņām nav ietekmes.

5.4. Nokrišņu daudzuma izmaiņu ietekme

Nokrišņu apjomam ir ietekme uz tilta brauktuves ūdens novades sistēmas kapacitāti, kā arī intensīvu lietus gāžu gadījumā tas var veicināt nogāžu nostiprinājumu u.c. aprīkojuma elementu izskalošanos.

Izvērtējot 4. nodaļas secinājumus par intensīvu nokrišņu izmaiņām, šī pētījuma autoru rekomendācijas sagaidāmo nokrišņu apjoma pieauguma adaptēšanai tiltu konstrukcijām ir šādas:

- projektējot un izbūvējot tilta lietus novades sistēmu, rēķināties ar nokrišņu apjoma pieaugumu par 5–10 % (4.2.5. nod. 2.5. nod.; prognoze balstīta diennakts nokrišņu daudzuma izmaiņās un būs jāpārskata pēc tam, kad LVĢMC publicē publicēs datus par īsākiem periodiem);
- tilta ikdienas uzturēšanas darbos pastiprinātu uzmanību pievērst intensīvu lietusgāžu radītiem nogāžu nostiprinājumu defektiem, kā arī potenciāliem izskalojumiem zonās, kur tiek koncentrēts no brauktuves savāktais lietus ūdens (kolektori, teknes, straumes slāpētāji u.c.).

Prognozētajam nokrišņu apjoma pieaugumam var būt neliela nelabvēlīga ietekme uz tilta būvdarbu un uzturēšanas darbu izmaksām.

5.5. Vēja brāzmu ātruma izmaiņu ietekme

Būvnormatīvos noteiktās fundamentālā vēja pamatātruma vērtības dotas 2.4.3. nodaļā. To radītais spiediens uz tiltu konstrukcijām jāaprēķina pēc EC1–1–4 [23], 8. nodaļā dotās metodikas, ņemot vērā konstrukcijas un aprīkojuma elementu ģeometriju, augstumu virs zemes, apvidus nelīdzenuma kategoriju un citus konkrētas konstrukcijas raksturlielumus.

Izvērtējot 4. nodaļā nodaļā apkopotās vēja brāzmu izmaiņu prognozes, šī pētījuma autoru rekomendācija sagaidāmo vēja ietekmes izmaiņu adaptēšanai tiltu konstrukcijām ir dzēst projekta aprēķinos pieņemt līdz 7 % drošības rezervi. Vēja spiedienam ir vērā ņemama ietekme tikai tiltu konstrukcijām

ar lieliem vertikāliem laukumiem (piemēram, trokšņa aizsargsienas) un liela laiduma iekārtām vai vanšu sistēmām. Šīm būvēm sagaidāms neliels izmaksu pieaugums papildu drošības rezerves izvērtēšanai.

5.6. Tiltu jutīguma uz klimata pārmaiņām analīze

Izmantojot 1.4. nodaļā. nodaļā aprakstīto iespējamības un ietekmes skalu, veikts novērtējums tiltu jutīgumam uz klimata izmaiņām. Tajā apkopoti tikai tie prognozējamie klimata izmaiņu notikumi, kuriem pētījuma autoru ieskatā ir vērā ņemama ietekme uz tiltu konstrukciju nestepēju vai to ilgmūžību. Dati iegūti, aptaujājot sertificētus tiltu būvniecības jomas speciālistus: projektētājus, būvuzraugus, būvdarbu vadītājus un pasūtītājus – plānotājus. Aptaujā piedalījās 29 respondenti. Detalizēti aptaujas rezultāti apkopoti 10.8. pielikumā.

Jutīguma novērtējums dots 5.6. – 1. tabulā, kurā iekļauta arī ietekmētā tilta dzīves cikla stadija. Krāsu skala atbilst riska līmenim: zaļa – zems risks; dzeltena – vidējs risks; sarkana – augsts risks. Jāatzīmē, ka aptaujas rezultāti vairumam jautājumu svārstās samērā plašā amplitūdā, tādēļ 5.6. – 1. tabulā uzrādītie vidēji ietekmes un iespējamības rādītāji jāvērtē dzēst kontekstā ar to izkliedi, ko raksturo katra respondenta individuāli novērtētais riska līmenis. Izkliedi raksturo 5.6. – 1. attēlā redzamā diagramma.

Kā vispārējs aptaujas rezultātu secinājums jāizceļ, ka tikai retos gadījumos respondenti kādu ar klimata pārmaiņām saistītu risku tiltu konstrukcijām ir novērtējuši kā zemu (šādu vērtējumu nevienā jautājumā nav devuši vairāk nekā 14 % aptaujāto). Tas gan ir saistīts ar apstākli, ka aptaujā mērķtiecīgi iekļauti tādi iespējamie notikumi, kuriem šī pētījumā autori saskata vērā ņemamu ietekmi uz tiltiem.

Ar visaugstāko risku novērtēti notikumi, kas saistīti ar nokrišņu un gaisa mitruma pieaugumu. Savukārt gaisa temperatūras izmaiņu ietekmi uz tiltiem speciālistu vērtē kā mazāk bīstamu, bet atsevišķos komentāros pat izcelta pozitīva ietekme, jo temperatūras paaugstināšanās rezultātā var samazināties pretapledojuuma vielu lietojums.

5.6. – 1. tabula.

Risku jutīguma analīzes apkopojums tiltiem

Nr. p. k.	Ar klimata izmaiņām saistīts notikums	Iespējamās sekas	Seku iestāšanās*		Dzīves cikla stadija**		
			iespējamība	ietekme	P	B	E/U
A1	Nokrišņu apjoma pieaugums īsā laika periodā (intensīvas lietusgāzes)	Uz pāļiem balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā	1	3	-	-	X
A2		Uz dabīgā pamatojuma balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā	1	3	X	X	X
A3		Krasta vai nogāžu nostiprinājumu deformācijas izskalojumu rezultātā	2	2	X	X	X
A4		Izsmelta tilta ūdens novades sistēmas caurlaides spēja; sistēmas detaļu bojājumi	2	2	X	X	X
B1	Gaisa temperatūras paaugstināšanās (gan ekstremālās, gan vidējās vērtības)	Defomācijas šuvju darba diapazona nepietiekamība	2	2	-	X	X
B2		Balstīklu darba diapazona nepietiekamība	2	2	-	X	X
B3		Temperatūras deformāciju radītas kritiskas piepūles tilta konstrukcijās	1	2	X	-	X
C1	Gaisa t° svārstību ap 0 °C skaita pieaugums	Betona elementu bojājumi, palielinātā sasalšanas atkuššanas ciklu skaita dēļ	1	1	X	X	X
D1	Veģetācijas perioda pagarināšanās	Intensīvāk veidojās apaugums uz nogāžu nostiprinājumiem u.c. elementiem	3	1	-	-	X





Nr. p. k.	Ar klimata izmaiņām saistīts notikums	Iespējamās sekas	Seku iestāšanās*		Dzīves cikla stadija**		
			iespējamība	ietekme	P	B	E/U
E1	Vēja brāzmu ātruma pieaugums	Papildu slodze uz vējam pakļautām virsmām	0	2	X	-	0
E2		Vanšu sistēmu svārstības	2	3	X	-	X
F1	Relatīvā gaisa mitruma pieaugums	Paātrinās betona karbonizācijas procesi	2	2	X	X	X
F2		Koka elementu bojājumi, trūpēšana	1	2	-	-	X

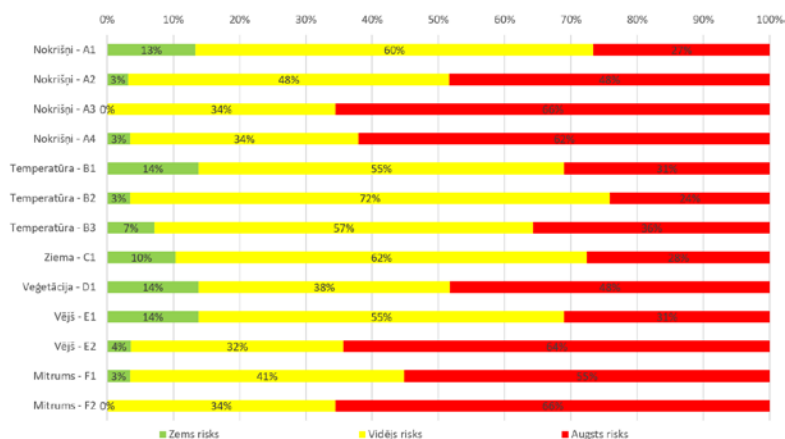
* Nozares ekspertu aptaujas rezultāti un pētījuma autoru pieņēmumi (Pa), kas pamatoti arī ar klimata pārmaiņu prognozēm [27].

** Dzīves cikla stadijas: P – plānošana, projektēšana; B – būvniecība; E/U – ekspluatācija, uzturēšana. Ietekmes apzīmējumi:

“-” neietekmē;

“X” – ietekmē;

“0” – tieši neietekmē, bet rīcība var būt nepieciešama.



5.6. – 1. attēls.

Tiltu speciālistu aptaujā novērtētā riska līmeņa izkliede.

Atbilstoši 5.6. – 1. tabulas numerācijai tālāk tekstā dots komentārs par riska novērtēšanā pieņemtajiem iespējamības un ietekmes līmeņiem, iekļaujot arī pētījuma aptaujas respondentu komentārus.

A1. Latvijas projektēšanas praksē lieto pieņēmumu, ka balsta slodzes pilnībā uzņem pāļi; šādā gadījumā grunts sablīvējumam ap režģogu un potenciālajiem izskalojumiem nav būtiskas ietekmes uz pamata nestspēju. Līdz ar to, lai arī izskalojumi var rasties, tomēr iespējamība, ka tie izraisīs pamata deformācijas, ir ļoti zema. Neraugoties uz to, pēc plūdiem radušies defekti ap balstiem ir jānovērš ar augstu prioritāti, jo izskalošanās procesam var būt tendence progresēt.

60 % aptaujas respondentu risku novērtējuši kā vidēju.

- A2.** Balsti uz dabīgā pamata (jeb masīvo balstu) tiltiem Latvijā tiek lietoti relatīvi maz; tiltiem pār ūdensšķērslī – retos gadījumos un tikai tad, ja pamatā ir cieti ieži. Turklāt šādi pamati parasti ir ieguldīti samērā lielā dziļumā. Līdz ar to izskalojumu veidošanās iespējamība ap šāda tipa balstiem vērtēta kā neliela. Ja tomēr veidojas izskalojums pie balsta, kas nav balstīts uz pāļiem, tad ir augsts risks pamatnei deformēties, kas var radīt kritiskus visas konstrukcijas bojājumus. Šādi defekti jānovērš nekavējoties. Arī projekta risinājumos šāda tipa balstiem jāpievērš lielāka uzmanība preterozijas risinājumiem ap pamatiem.
Vienāds skaits respondentu – pa 48 % – risku novērtējuši kā vidēju vai augstu.
- A3.** Parasti nogāžu nostiprinājuma elementiem nav ar tilta konstrukciju nestspēju saistītu funkciju. Sliktākajā scenārijā var veidoties pieeju ceļa uzbēruma vai konusu nogāžu noslīdējumi u. tml. defekti.
66 % respondentu risku vērtē kā augstu.
- A4.** Aizpildoties ūdens novades sistēmai no tilta, sagaidāms īslaicīgs apgrūtinājums – applūdusi brauktuve. Toties ar augstu prioritāti būtu jālabo ūdens novades sistēmas defekti, kuru rezultātā ūdens nekontrolēti piekļūst korozijai pakļautiem elementiem (deformācijas šuves; ūdens koncentrēti tek uz betona elementiem u. c.).
62 % respondentu risku vērtē kā augstu.
- B1.** Sagaidāms, ka kopējais deformācijas šuves darba diapazons nemainīsies, bet pārvirzīsies uz “silto pusi”; atbilstoši jākorrigē šuves pozīcija uzstādīšanas brīdī. Sliktākie scenāriji: papildu spiediens uz balstu; šuves komponentu bojājumi. Pārsvarā šāda ietekme nav kritiska no nestspējas viedokļa, tomēr ilgākā laika periodā var ietekmēt arī citus tilta elementus. Defekta novēršana ir visai apjomīga – deformācijas šuves maiņa, pārsegtās spraugas palielināšana (piemēram, pārbūvējot gala balsta sienīņu).
55 % respondentu risku vērtē kā vidēju.
- B2.** Līdzīgi apsvērumi kā deformācijas šuves novērtējumā, tomēr defektu novēršana ir komplicētāka, jo balstiklu nomaiņa saistīta ar laiduma pacelšanu.
72 % respondentu risku vērtē kā vidēju.
- B3.** Atbilstoši Eirokodeksu normatīviem temperatūras radītās piepūles tiek rēķinātas ar lielām rezervēm; turklāt ekstrēmai temperatūrai ir jānoturas vairākas dienas, lai adaptētos konstrukcijā. Latvijā lielākā daļa tiltu ir dzelzsbetona, kas ir materiāls ar lēnāku sasilšanas/atdzīšanas ātrumu. Līdz ar to kritisku piepūļu veidošanās temperatūras deformāciju dēļ vērtējama ar zemu iestāšanās varbūtību.
57 % respondentu risku vērtē kā vidēju.

- C1.** Sasalšanas/atkušanas ciklu skaits ir būtisks betona konstrukciju ilgmūžību ietekmējošs faktors. Šīs ietekmes radīti defekti uzreiz nav kritiski tilta nestspējai, bet var to ietekmēt, ja ilgstoši netiek laboti (noārdās betona aizsargkārtā un sākas stieģrojuma korozijas process). 62 % respondentu risku vērtē kā vidēju.
- D1.** Pagarinoties veģetācijas periodam, jārēķinās ar apjomīgākiem ikdienas uzturēšanas darbiem (apauguma noņemšana konstrukciju tuvumā). Var būt ietekme uz ūdens novades grāvju caurlaidspēju, ja tie netiek atbilstoši kopti. Šo faktoru radītiem defektiem nav ietekmes uz tiltu konstrukciju nestspēju. Aptaujas respondentu komentāros izcelta arī iespējamā ietekme – velēnas ātrāka veidošanās uzlabos nogāžu noturību. 48 % respondentu risku vērtē kā augstu, 38 % – kā vidēju.
- E1.** Vēja slodzei gandrīz nekad nav dominējošas ietekmes uz tiltiem. Var būt neliela ietekme uz vanšu sistēmu svārstībām, taču tām tikai retos gadījumos ir ar nestspēju saistīta ietekme. 55 % respondentu risku vērtē kā vidēju.
- E2.** Vanšu un iekārtām sistēmām bīstamas uzspiestās svārstības saistītas ar pašsvārstību frekvenci, kas ir katrai konstrukcijai individuāli nosakāma. Tomēr vēja spēka amplitūdas pieaugums palielina arī iespējamību nonākt kritiskas iedarbes apgabalā. Vanšu svārstības galvenokārt saistītas ar komforta kritēriju pārsniegšanu un var ietekmēt mezglu ilgmūžību. Tūlītēja ietekme uz būves nestspēju iespējama tikai retos specifiskos gadījumos. 64 % respondentu risku vērtē kā augstu.
- F1.** Relatīvais gaisa mitrums saistīts ar betona karbonizācijas ātrumu un var ietekmēt betona aizsargkārtas biezumu. Esošajām būvēm var būt nepieciešami biežāki betona virsmu remontdarbi un aizsargpārklājumu atjaunošana. Īpaši jāizceļ respondenta komentārs par relatīvā gaisa mitruma robežvērtībām, pie kurām karbonizācija vairs neattīstās. Tādējādi šīm klimatiskajām izmaiņām ir iespējama arī pozitīva ietekme uz betona ilgmūžību. 55 % respondentu risku vērtē kā augstu, 41 % – kā vidēju.
- F2.** Koka elementu ilgmūžība vienmēr ir kritisks faktors un reti kad ir salīdzināma ar citu būvmateriālu (betons, tērauds) veiktspēju. Tādēļ praksē tiem tiek pievērsta pastiprināta uzmanība. Kokmateriāli kā nesošie elementi pārsvarā tiek izmantoti tikai gājēju tiltiem. 66 % respondentu risku vērtē kā augstu.

5.7. Kopsavilkums par klimata pārmaiņu ietekmes uz tiltiem kvantitatīvo novērtējumu

Kopsavilkums par sagaidāmo klimata pārmaiņu ietekmi uz tiltu konstrukcijām dots 5.7. – 1. tabulā (prognozes, kurām pētījuma autoru ieskatā ir nebūtiska ietekme, ietonētas zaļā krāsā, mērena ietekme – dzeltenā krāsā).

5.7. – 1. tabula.

Klimata pārmaiņu ietekmes uz tiltiem novērtējums

Meteoroloģiskais parametrs	Statistiskā vērtība	Tilta elements, ko ietekmē	Ietekmes nozīmīgums	Dzīves cikla stadija *				Skaidrojums
				P	B	U	R	
Caisa temperatūra	Ekstrēmo vērtību amplitūda	Deformācijas šuves, balstiklas	Nebūtisks (nelabvēlīgs)	X	X		X	Nav sagaidāms deformācijas šuvēm un balstiklām uzņemamo pārvietojumu diapazona būtisks pieaugums. Tomēr jārēķinās, ka šo elementu darbības apgabals pārvietojas tuvāk pozitīvajām temperatūrām, kas jāņem vērā, uzstādot un regulējot balstiklas un deformācijas šuves (it īpaši, ja šie darbi notiek zemā temperatūrā). Rekomendējams par ~ 10 % palielināt ar deformācijas šuvi pārsedzamās spraugas.
Caisa temperatūra	Temperatūras	Temperatūras deformāciju radītas piepūles	Nebūtisks (nelabvēlīgs)	X		X		Ietekme iespējama tikai tiltiem ar rāmja, loku, kopnes vai vanšu statisko shēmu. Nav sagaidāms šī efekta izraisītā piepūļu diapazona pieaugums. Tomēr jārēķinās, ka kopumā ietekmes robežas pārvietojas pozitīvas temperatūras izraisītas izplešanās virzienā, kam var būt efekts, ja buves elementi tiek ieslēgti kopdarbībā zemā temperatūrā (respektīvi, būvdarbi veikti ziemas apstākļos).
Caisa temperatūra	Sala dienu skaits (ziemas perioda garums)	Konstrukciju ilgmūžība; pretkorozijas aizsargpārklājumi	Mērens (labvēlīgs)		X		X	Nākamo 60 gadu laikā ziemas uzturēšanas periodam ir tendence saīsināties par 24 % līdz 48 % (atkarībā no RCP scenārija). Līdz ar to sagaidāma pretapledošanas vielu izmantošanas daudzuma samazināšanās, labvēlīgi ietekmējot arī betona konstrukciju ilgmūžību. Patlaban jāturpina līdzšinējā prakse, projektējot betona vides ietekmes klases un stieģojuma aizsargkārtas.



Vējs	Nokrišņi		Gaisa temperatūra	Gaisa temperatūra	Meteoroloģiskais parametrs
	Krasta nostiprinājumi	Nokrišņu summa īsā periodā (lietusgāzes)			
Vēja brāzmas ātrums		Nokrišņu summa īsā periodā (lietusgāzes)	Veģetācijas periods	Gaisa temperatūra	Statistiskā vērtība
Elementi, kuriem jāuzņem vēja slodze	Krasta nostiprinājumi	Ūdens atvades sistēma	Tilta pieejas	Betona salturība	Tilta elements, ko ietekmē
Nebūtisks (nelabvēlīgs)	Mērens (nelabvēlīgs)	Mērens (nelabvēlīgs)	Nebūtisks (nelabvēlīgs)	Mērens (labvēlīgs)	Ietekmes nozīmīgums
X		X			P
X		X			B
	X	X	X	X	U
X	X	X		X	R
Nākamo 60 gadu laikā ir iespējams vēja brāzmu radītā spiediena uz konstrukciju virsmām pieaugums līdz ~ 7 % (RCP 8.5 scenārija). Rekomendējams elementiem, kuriem vēja slodzei ir būtiska ietekme (piemēram, trokšņa aizsargsienas), paredzēt atbilstošu nestspējas rezervi.	Nokrišņu daudzuma pieaugums īsā laika periodā (lietusgāzes) paaugstina nogāžu nostiprinājumu izskalojuma risku. Rekomendējams ņākotnē šim efektam pievērst pastiprinātu uzmanību tiltu inspekciju un uzturēšanas darbos, kā arī savlaicīgi novērst radušos bojājumus.	Nākamo 60 gadu laikā ir sagaidāms diennakts maksimālā nokrišņu daudzuma palielinājums par 5 % līdz 10 % (atkarībā no RCP scenārija). Tilta ūdens novades sistēmas elementus (gūlijas, kolektori, teknes) rekomendējams projektēt, izvērtējot šādu ņākotnes ūdens daudzuma pieaugumu.	Nākamo 60 gadu laikā ir sagaidāma veģetācijas perioda pagarināšanās par 10 % līdz 18 % (atkarībā RCP scenārija), palielinot būves uzturēšanas darbus, kas saistīti ar plaušanu un apauguma noņemšanu. Šai tendencei nav ietekmes uz konstrukciju nestspēju vai ilgmūžību.	Nākamo 60 gadu laikā sasāšanās/atkušanas ciklu skaitam ir tendence saīsināties par 19 % līdz 38 % (atkarībā no RCP scenārija), labvēlīgi ietekmējot arī betona konstrukciju ilgmūžību. Patlaban jāturpina līdzšinējā prakse, projektējot betona vides ietekmes un salturības klases.	Dzīves cikla stadija *
Skaidrojums					

* Dzīves cikla stadijas:
 P – plānošana, projektēšana;
 B – būvniecība;
 U – uzturēšana;
 R – remonts, rekonstrukcija.

5.8. Tiltu elementu ievainojamības analīze

Identificētie tiltu infrastruktūras kritiskie elementi, kas pakļauti klimatisko faktoru izmaiņu ietekmei:

- deformācijas šuves;
- balstīklas;
- pamatu konstrukcijas;
- betona un tērauda aizsargpārklājumi;
- betona ilgmūžība (salturība un karbonizācija);
- tilta ūdens novades sistēma;
- konusus u.c. nogāžu nostiprinājumi.

Novērtēta šādu klimata apdraudējumu risku ietekme (atlasīti riski, kuru ietekmes novērtējums jutīguma analīzē bija 1; 2 vai 3; rezultātā – visas ietekmes):

- intensīvi nokrišņi;
- gaisa temperatūras ekstrēmumu izmaiņas uz silto pusi; kopējās amplitūdas izmaiņas;
- ziemas perioda izmaiņas (sala dienu un bezatkušņa dienu skaits);
- vēja brāzmas;
- veģetācijas perioda izmaiņas;
- gaisa relatīvā mitruma izmaiņas.

Risku vadības analīzē izmantoti tie paši kritēriji kā ceļu infrastruktūras ievainojamības nodaļā. Tiltu elementus ietekmējošajiem klimatiskajiem parametriem prognozētās izmaiņu tendences dotas šīs nodaļas sākumā. Analīze – no 5.8. – 1. līdz 5.8. – 6. tabulā.

5.8. – 1. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze. Intensīvi nokrišņi

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildus pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteoroloģisko staciju datu analīze.		Jāizvērtē apstākļi, ka intensīvu lietusgāžu iedarbībā būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta, kas var izraisīt līguma termiņu kavēšanu.
Projektēšana	Jāpielāgo projekta risinājumi: – virsmas ūdens novades sistēmas caurlaides spēja; – ūdens šķēršļu hidroloģisko procesu analīze (augstākie ūdens līmeņi u.c.).	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Ūpju hidroloģiskie procesi analizējami katrā konkrētā situācijā individuāli.		Jāpārskata ūdens novades projektēšanas nosacījumi, palielinot ūdens novades sistēmu caurlaidību, kā arī nogāžu un tekņu nostiprinājumus, lai paaugstinātu to noturību intensīvu lietus ūdeņu novadīšanai. Pasākumu ieviešanas nepieciešamību nosaka praksē novērotās defektu attīstības tendences (tiltu inspekciju analīze).
Būvniecība	Īslaicīgi apgrūtināti specifiski būvdarbi: betonēšana, krāsošana, hidroizolācijas ieklāšana. Darbi upē jāplāno, rēķinoties ar straujām ūdens līmeņa svārstībām pēc lietussgāzes vai atkušņa laikā. Var būt ierobežots pagaidu tiltu vai pontonu izmantošanas spektrs.	Jārēķinās, ka atsevišķu būvdarbu tehnoloģiju lietošana var būt apgrūtināta. Būvlaukuma sagatavošana izbūvēto konstrukciju operatīvai pasargāšanai intensīvu nokrišņu gadījumā.		Nav.
Ekspluatācija	Īslaicīgi applūdināta brauktuve. Nogāžu nostiprinājumu izskalojumi.	Nav.		Nav
Uzturēšana	Regulāra ūdens novades sistēmas mezglu apsekošana; defektu savlaicīga novēršana.	Konstatēto defektu savlaicīga novēršana.		Jānodrošina ūdens novadsistēmu uzturēšana funkcionālā stāvoklī, regulāri to apsekojot un tīrot. Operatīvi jānovērš lietussgāžu rezultātā radītie bojājumi (izskalojumi, nogrumumi, uzbērumu nestabilitāte), atbilstoši un savlaicīgi veicot atjaunošanu un tīrīšanu.

5.8. – 2. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Gaisa temperatūras ekstrēmumu izmaiņas uz silto pusi;

kopējās amplitūdas izmaiņas

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildus pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteorostaciju datu analīze.		Jāizvērtē apstākļi, ka augstu gaisa temperatūru iedarbībā būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta, kas var izraisīt līguma termiņu kavēšanu. Maigākas ziemas var ļaut arī pagarināt būvdarbu sezonu.
Projektēšana	Jāpielāgo projekta risinājumi: – deformācijas šuvju un balstīklu darba diapazons; – konstrukciju piepūli aprēķins.	Konstrukciju projektēšanā izmantojamās temperatūras vērtības regulē būvnormatīvi. Jāseko līdzī iespējamām izmaiņām. Jāseko līdzī bitumena hermētiku ekspluatācijas defektiem un jāanalizē citu materiālu izmantošanas iespējas.		Nav.
Būvniecība	Nelabvēlīgie: – paaugstinātas gaisa temperatūras ietekme uz būvdarbos iesaistīto personālu; – paaugstinātas temperatūras ietekme uz svaiga betona kopšanu (pasākumi pret agru plaisu rašanos no rukuma). Labvēlīgie: – būvdarbu sezonas pagarināšanās.	Jārēķinās, ka atsevišķu būvdarbu tehnoloģiju lietošana var būt apgrūtināta. Īpaša vērtība pievēršama betonēšanas plānošanai un svaiga betona kopšanas pasākumiem.		Jāizvērtē riski, kas saistīti ar līguma termiņu iespējamu kavēšanu. Sagaidāms, ka būs nepieciešami papildu pasākumi betonēšanas un svaiga betona kopšanas procesā (cietēšanas un dehidratācijas palēnināšanas piedevas, temperatūras režīma ievērošana).
Ekspluatācija	Bitumenu saturošu materiālu mīkstēšana: – asfalta deformācijas šuves; – šuvju hermētiķi.	Nav.		Nav.





letekmētais process	ledarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	letekme: neliela vidēja augsta	leteicamie papildus pasākumi vai pasākumi nākotnē
Uzturēšana	Ar temperatūras izmaiņām saistītu kustīgu elementu regulāra apsekošana: – deformācijas šuves un balstīklas; – bitumenu saturoši materiāli.	Konstatēto defektu savlaicīga novēršana.		Ja konstatēti rūpnieciski izgatavotu deformācijas šuvju vai balstīklu defekti, jāreķinās, ka šo elementu remonts vai nomaiņa ir dārgs un komplicēts pasākums, kas jāplāno savlaicīgi – iekļaujams kompleksā būves pārbūves projektā.

5.8. – 3. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Ziemas perioda izmaiņas (sala dienu un bezatkušņa dienu skaits)

letekmētais process	ledarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	letekme: neliela vidēja augsta	leteicamie papildus pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju datu analīze. Rekomendējams sākt reģistrēt gadījumus, kad tiltu saturošs ceļa posms tiek apstrādāts ar pretapledošanas vielām.		Maigākas ziemas var ļaut pagarināt būvdarbu sezonu. Analizēt kopsakarības starp pretapledošanas vielu lietošanas intensitāti un betona elementu bojājumu attīstību.
Projektēšana	Pielāgot projektā iekļaujamās prasības. Kas ietekmē būvmateriālu ilgmūžību.	Betona salturības prasību un lietoto aizsargpārklājumu efektivitātes izvērtēšana.		Nav.
Būvniecība	Iespējama būvdarbu sezonas pagarināšanās.	Nav.		Nav.





Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojami ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildu pasākumi vai pasākumi nākotnē
Eksploatācija	Pretapledojuuma vielu ietekme uz konstrukciju aizsargpārklājumiem un ilgmūžību kopumā.	Nav.		Iespējama labvēlīga ietekme, samazinoties sasalšanas/atkuššanas ciklu skaitam un pretapledojuuma vielu lietošanas intensitātei.
Uzturēšana	Aizsargpārklājumu degradēšanās.	Konstatēto defektu savlaicīga novēršana. Tiltu elementu kopšana pēc ziemas perioda – drošības barjeru mazgāšana, deformācijas šuvju kustīgo un hermētiskumu nodrošinošo elementu tīrīšana, ūdens novades sistēmas tīrīšana.		Nav.

5.8. – 4. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Vēja brāzmas

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojami ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildu pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju datu analīze.		Nav.
Projektēšana	Vēja slodžu un vanšu sistēmu svārstību analīze.	Konstrukciju projektēšanā izmantojamās vēja slodzes regulē būvnormatīvi. Jāseko līdzī iespējamām izmaiņām.		Nav.
Būvniecība	Nav.	Nav.		Nav.
Eksploatācija	Ietekme iespējama tikai uz vanšu un iekārtas sistēmas tiltiem.	Vanšu un iekārtas sistēmas tiltiem uzstādīt meteostaciju un svārstības reģistrējošas monitoringa iekārtas.		Nav.
Uzturēšana	Būtiskas nelabvēlīgas ietekmes gadījumā var būt nepieciešams uzstādīt vanšu svārstības slāpējošus elementus.	Nav.		Nav.

5.8. – 5. tabula

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Veģetācijas perioda izmaiņas

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildu pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju datu analīze.		Nav.
Projektēšana	Nav.	Nav.		Nav.
Būvniecība	Nav.	Nav.		Nav.
Ekspluatācija	Iespējama ūdens novades sistēmas elementu aizsērēšana. Ūdensteču aizaugšana var veicināt straumes un gultnes izmaiņas un ar to saistītos izskalojumus.	Konstatēto defektu savlaicīga novēršana..		Nav.
Uzturēšana	Ar apauguma noņemšanu saistīto uzturēšanas darbu apjoma pieaugums.	Nav.		Sagaidāms, ka vērā ņemami pieaugīs pļaušanas darbu apjoms tiltu tuvumā esošajās uzbērums nogāzēs.

5.8. – 6. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.
Gaisa relatīvā mitruma izmaiņas

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela vidēja augsta	Ieteicamie papildu pasākumi vai pasākumi nākotnē
Plānošana	Nav.	Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju datu analīze.		Nav.
Projektēšana	Pielāgot projektā iekļaujamās prasības. Kas ietekmē būvmateriālu ilgmūžību..	Nav.		Gaisa relatīvā mitruma paaugstināšanās ietekme uz betona karbonizācijas procesiem nav viennozīmīga (lineāra). Analizēt faktiskās ekspluatācijā konstatētās tendences.
Būvniecība	Nav.	Nav		Nav.
Ekspluatācija	Ietekme uz betona elementu karbonizācijas ātrumu un aizsargkārtas degradēšanos.	Konstatēto defektu savlaicīga novēršana.		Nav.
Uzturēšana	Betona elementu virsmas defektu remonts.	Nav.		Gaisa relatīvā mitruma paaugstināšanās ietekme uz betona karbonizācijas procesiem nav viennozīmīga (lineāra). Betona virsmas defektu remonta apjomus pielāgot faktiskajām izmaiņu tendencēm.

6. Autocelus ietekmējošie klimatiskie faktori

6.1. Autoceļu jutīguma analīze

Ņemot vērā 4. nodaļas secinājumus, galvenie klimata parametri, kas var ietekmēt autoceļus Latvijā, ir paaugstināta gaisa temperatūra vasarā, biežākas temperatūras svārstības ap 0°C un intensīva apledošuma veidošanās ziemā, intensīvi nokrišņi, jūras līmeņa celšanās un krastu erozija, kā arī ekstremāli laikapstākļi (vētras, negaisi). Dati par ceļu jutīgumu pret klimata izmaiņām iegūti, aptaujājot 39 sertificētus ceļu būvniecības jomas speciālistus: projektētājus, būvuzraugus, būvdarbu vadītājus un pasūtītājus – plānotājus. Aptaujai apkopoti tikai tie prognozējamie klimata izmaiņu notikumi, kuriem pētījuma autoru ieskatā ir vērā ņemama ietekme uz ceļu konstrukciju nestspēju vai to ilgmūžību. Detalizēti aptaujas rezultāti apkopoti 10.9. pielikumā. Risku novērtējums ceļu jutīgumam pret klimata izmaiņām veikts, izmantojot 1.4. nodaļā aprakstīto iespējamības un ietekmes skalu. Šo klimata parametru un ar tiem saistīto iespējamo klimata pārmaiņu risku sagaidāmā ietekme uz autoceļiem apkopota 6.1. – 1. tabulā, iekļaujot arī ietekmētā ceļa dzīves cikla stadiju. Krāsu skala atbilst riska līmenim: zaļa – zems risks; dzeltena – vidējs risks; sarkana – augsts risks. Jāatzīmē, ka aptaujas rezultāti vairumam jautājumu svārstās samērā plašā amplitūdā, tādēļ 6.1. – 1. tabulā uzrādītie vidēji ietekmes un iespējamības rādītāji jāvērtē arī kontekstā ar to izkliedi, ko raksturo katra respondenta individuāli novērtētais riska līmenis. Izkliedi raksturo diagramma (6.1. – 1. att.).

Kā vispārējs aptaujas rezultātu secinājums jāizceļ tas, ka tikai retos gadījumos respondenti kādu ar klimata pārmaiņām saistītu risku ceļu konstrukcijām ir novērtējuši kā zemu (šādu vērtējumu nevienā jautājumā nav devuši vairāk par 17 % aptaujāto). Tas gan ir saistīts ar apstākli, ka aptaujā mērķtiecīgi iekļauti tādi iespējamie notikumi, kuriem šī pētījumā autori saskata vērā ņemamu ietekmi uz ceļiem.

Ar visaugstāko risku novērtēti notikumi, kas saistīti ar paaugstinātu gaisa temperatūru un plūdiem. Savukārt jūras līmeņa svārstības un vētru ietekmi vairums speciālistu vērtē kā mazāk bīstamu.

Klimata pārmaiņu riski, kuru ietekme uz ceļiem pētījuma autoru ieskatā vērtējama kā vidēja vai zema, aptaujā netika iekļauti, bet to izvērtējums risku jutīguma analīzes apkopojumā ir iekļauts.

6.1. – 1. tabula.

Risku jutīguma analīzes apkopojums. Autoceļi

Nr. p. k.	Ar klimata izmaiņām saistīts notikums	Iespējamās sekas	Seku iestāšanās*		Dzīves cikla stadija**		
			Iespējamība	Ietekme	P	B	E/U
A1	Augsta gaisa temperatūra	Būvdarbu veikšana personālam var būt apgrūtināta.	2	2	-	X	-
A2		Atsevišķu tehnoloģiju lietošana uz laiku var būt neiespējama (piemēram, virsmas apstrāde).	3	3	X	X	-
A3		Asfalta seguma deformācijas riski.	3	2	0	-	X
A4		Virsmas apstrādes izsvīdumu, izblīdumu u.c. defektu riski.	3	3	0	-	X
B1	Temperatūras svārstības ap 0 °C	Nesaistītu minerālmateriālu segas kārtu materiāla pastiprināta sabiršana (sadrupšana) sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā.	3	2	0	-	X
B2		Asfalta seguma dilumkārtu defektu apjomu pieaugums sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā.	2	2	0	-	X
B3		Grants seguma dilumkārtas defektu apjomu pieaugums sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā.	3	2	0	-	X
C1	Intensīvs apledojums	Investīcijas ziemas dienesta aprīkojumā būs nepieciešamas vismaz līdzīgā vai lielākā apjomā kā patlaban.	2	2	0	-	-
C2		Pieaugums nepieciešamība veikt preventīvus atledošanas pasākumus.	2	2	X	-	X
C3		Vēlams izstrādāt precīzākus apledojuma prognozēšanas algoritmus un rīkus	2	2	X	-	-
D1	Intensīvi nokrišņi (lietus)	Būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta gan pienācīgai ūdens novadīšanai no būvlaukuma (neappludinot pieguļošās teritorijas), gan uzbūvēto konstrukciju un elementu aizsardzībai.	3	3	-	X	-
D2		Atsevišķu tehnoloģiju lietošana uz laiku var būt neiespējama (piemēram, zemes darbi).	2	2	-	X	-
D3		Ūdens novades sistēmu caurlaidība var būt nepietiekama.	2	2	X	-	X
D4		Autoceļu nogāžu un grāvju nostiprinājumi var būt nepietiekami.	3	3	X	-	X



6. Autoceļus ietekmējošie klimatiskie faktori



Nr. p. k.	Ar klimata izmaiņām saistīts notikums	Iespējamās sekas	Seku iestāšanās*		Dzīves cikla stadija**		
			Iespējamība	Ietekme	P	B	E/U
E1	Plūdi upēs	Autoceļu un to elementu daļēji vai pilnīgi bojājumi (izskalojumi).	2	3	-	-	-
E2		Daļēji uzbūvētu konstrukciju bojājumi, būvniecības termiņu kavējumi.	2	2	-	X	-
F1	Jūras līmeņa paaugstināšanās	Nepieciešamība esošos autoceļu posmus pārbūvēt jaunā vietā.	1	2	X	-	-
F2		Nepieciešamība esošos autoceļu posmus nostiprināt pret jūras invāziju.	2	3	X	-	-
G1	Vētras	Satiksmes kustības ierobežojumi vēja iedarbībā radītu bojājumu dēļ.	2	2	-	-	X
G2		Vēja gāzti koki uz brauktuves un ceļa nodalījuma joslā.	3	1	-	-	X
G3		Trešo pušu komunikāciju un būvju bojājumi, kas ietekmē ceļa lietotājus.	1	1	-	-	X
G4		Lielo informācijas zīmju bojājumi.	2	2	0		X
G5		Satiksmes organizācijas ceļa zīmju bojājumi.	2	2			X
G6		Krastu erozija, kā rezultātā radušies autoceļu infrastruktūras bojājumi.	2	2	X	-	X
Pa1		Zema gaisa temperatūra	Skat. B1-B3, C1-C3	2	0	-	-
Pa2	Paaugstināts gaisa mitrums / migla	Lielāka ietekme attiecībā uz satiksmes drošību.	2	0	-	-	-
Pa3	Intensīva snigšana	Ierobežotu laika periodu apgrūtināta ceļu lietošana.	1	2	-	-	X
Pa4	Vējš	Skat. G1-G6	3	0	-	-	-
Pa5	Negaiss – apstākļu kombinācija: vētra vai stiprs vējš, intensīvs lietus, intensīva snigšana vai krusa, iespējamās arī zibens izlādes un pērkons	Skat. G1-G6	1	2	-	-	X
Pa6	Sausums	Grants segumu putēšana (vasarā).	1	1	-	-	X
Pa7	Ugunsgrēki	Parasti ilgstoši paaugstināta temperatūra (karstuma viļņi), samazinātu nokrišņu un neuzmanīgas vai kaitnieciskas antropogēnas darbības kombinācija.	1	1	-	-	X

6. Autoceļus ietekmējošie klimatiskie faktori



Nr. p. k.	Ar klimata izmaiņām saistīts notikums	Iespējamās sekas	Seku iestāšanās*		Dzīves cikla stadija**		
			Iespējamība	Ietekme	P	B	E/U
Pa8	Lapkritis	Pazemināta saķere aleju posmos vai posmos, kuru tuvumā atrodas lapu koki, krūmi (rudenī).	3	0	-	-	X
Pa9	Zemes nogruvumi	Karsta kritenes Skaistkalnes, Allažu, Saldus, Līgatnes apkārtnē, ietekme tikai konkrētajā vietā.	1	2	-	-	X
Pa10	Zemestrīces	Latvija atrodas seismiski neaktīvā zonā, zemestrīču epicentri atrodas ārpus Latvijas, līdz 2100 būtiskas zemestrīces, kas varētu tikt saistītas ar ceļu bojājumiem nav sagaidāmas.	0	0	-	-	-
Pa11	Lavīnas	Latvijā nav lavīnu veidošanās procesu priekšnoteikumu.	0	0	-	-	-

* Nozares ekspertu aptaujas rezultāti un pētījuma autoru pieņēmumi (Pa), kas pamatoti arī ar klimata pārmaiņu prognozēm [27].

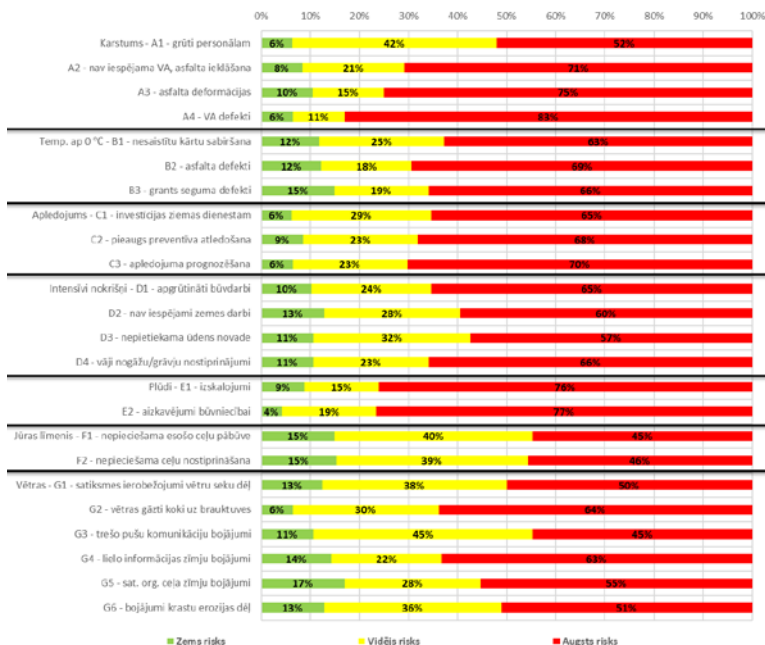
** Dzīves cikla stadijas: P – plānošana, projektēšana; B – būvniecība; E/U – ekspluatācija, uzturēšana. Ietekmes apzīmējumi:

“–” – neietekmē;

“X” – ietekmē;

“0” – tieši neietekmē, bet rīcība var būt nepieciešama.

Klimata pārmaiņu ietekmes uz ceļiem risku novērtējums (pēc speciālistu aptaujas datiem)



6.1. – 1. att. Ceļu speciālistu aptaujā novērtētā riska līmeņa izklāde.

Ceļu speciālistu komentāru apkopojums attiecībā uz katru aptaujā novērtētā riska līmeni dots tālāk tekstā.

(A) Augstas gaisa temperatūras izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem.

Periodi ar paaugstinātu gaisa temperatūru virs +25 °C ik pa laikam iestājas, tāpēc Latvijas vasarām tā ir pazīstama dabas parādība un ceļu darbiniekiem tas nav un nebūs pārsteigums vai nebijusi pieredze. Šāda pieredze ir. Jau patlaban vasaras periodā, kad ir paaugstināta gaisa temperatūra, asfaltēšanas darbi tiek plānoti nakts laikā. Piemēram, ir arī novērtots, ka, ja gaisa temperatūra ir virs +28 °C, asfaltbetona ieklāšanas operatora darba vietā temperatūra var sasniegt pat ap +50 °C. Jau patlaban tiek lietoti materiāli un piedevas, kas nodrošina asfalta konstrukciju atbilstošu kalpotspēju paaugstinātas temperatūras apstākļos. Jau patlaban ir novērojams, ka bitumena izsvīdumu izveidošanās iespējamība paaugstinās. Jau patlaban ceļu speciālisti saskaras ar to, ka klimata izmaiņu rezultātā tiek ietekmēta būvniecības sezona, kā arī paaugstināta apkārtējā gaisa temperatūra liek ieviest korekcijas darbu izpildes grafikos.

Jārēķinās ar to, ka nākotnē šādi paaugstinātas gaisa temperatūras periodi var kļūt regulārāki un garāki, kas var prasīt veikt vēl varāk uzmanības šādu izmaiņu izvērtēšanai paredzēto uzdevumu veiksmīgai izpildei.

Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 70 % respondentu.

A1 – būvdarbu veikšana personālam var būt apgrūtināta. Paaugstināta gaisa temperatūra var radīt apgrūtinājumus personālam, veicot ceļu darbus, līdz ar to darba devējiem jāveic pasākumi, lai nodrošinātu normatīviem atbilstošus darba apstākļus, realizējot nepieciešamos pasākumus (darba vietu aprīkojums, darba grafika pielāgošana u. tml.), lai tiktu ievērotas veselības un darba drošības normatīvajos dokumentos noteiktās prasības. Risku kā augstu novērtējuši 52 % respondentu.

A2 – atsevišķu tehnoloģiju lietošana uz laiku var būt neiespējama (piemēram, virsmas apstrāde). Ja ir paaugstināta apkārtējā gaisa temperatūra, var kļūt neiespējama tādu darbu veikšana, kur tiek izmantotas bitumena saistvielas, piemēram, virsmas apstrāde, kā arī karstais asfalts. Ir svarīgi to izvērtēt jau plānošanas un projektēšanas stadijā, izstrādājot darbu veikšanas grafikus, kā arī var būt nepieciešams pilnveidot tehnoloģiskos risinājumus. Risku kā augstu novērtējuši 71 % respondentu.

A3 – asfalta seguma deformācijas riski. Jārēķinās, ka nākotnē var būt nepieciešams pārskatīt prasības asfalta maisījumu projektēšanai, piemēram, modificējot prasības riteņu sliežu testam, jāreķinās, ka var rasties papildu slogs segumu uzturēšanā, gan radot papildu defektus (seguma izsvīdumi,

plastiskas deformācijas, t. sk. rises), gan var rasties arī nepieciešamība noteikt satiksmes ierobežojumus ceļu posmos ar bituminētu segumu, lai nepieļautu seguma sagraušanu. Risku kā augstu novērtējuši 75 % respondentu.

A4 – virsmas apstrādes izsvīdumu, izblīdumu u.c. defektu riski. Jārēķinās, ka nākotnē var būt nepieciešams pārskatīt prasības virsmas apstrādes projektēšanai, piemēram, pārejot uz cietāku bitumenu lietošanu vai kā obligātu nosakot bitumenu modificējošu piedevu lietošanu, kas padarītu saistvielu inertāku pret paaugstinātām gaisa temperatūrām, kā arī jāērēķinās ar pārējiem riskiem, kas, runājot par asfalta segumiem, minēti iepriekš. Risku kā augstu novērtējuši 83 % respondentu.

(B) Temperatūras svārstību ap 0 °C izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem:

Ar apkārtējā gaisa temperatūras daudzkārtējām svārstībām ap 0 °C ziemas periodā saskaramies jau patlaban. Tā ir tipiska parādība Latvijas klimatam vismaz pēdējā gadsimta laikā, ar ko saskaramies regulāri un pastāvīgi. Paredzams, ka šādu temperatūras svārstību ap 0 °C ciklu skaits nākotnē arvien pieaugs. Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 66 % respondentu.

B1 – nesaistītu kārtu sabiršana (nesaistītu minerālmateriālu segas kārtu materiāla pastiprināta sabiršana (sadrupšana) sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā). Ar saistvielām nesaistīta materiāla konstruktīvajai kārtai sasalstot un atkūstot, to veidojošā materiāla vājākās daļiņas sairst (pastiprināti, ja ir kombinācijā ar paaugstināta mitruma iedarbību), ar laiku arvien pazeminot ceļa konstrukcijas kopējo kalpotspēju – noturību, nestspēju. No Latvijā lietotajiem materiāliem visjutīgākie pret šādiem temperatūras cikliem pārsvarā ir vietējā dolomīta materiāli. Ar šo saistītās problēmas ir zināmas un tiek risinātas, kā arī tās jāturpina risināt, pilnveidojot prasības nesaistītu materiālu būvizstrādājumu specifiskācijām, kā arī pilnveidojot aktuālās prasības būvmateriālu un būvizstrādājumu lietojumam atkarībā no to izcelsmes un paredzamās satiksmes intensitātes, balstoties uzkrātajā pieredzē un aktuālajās pētījumu atziņās. Risku kā augstu novērtējuši 63 % respondentu.

B2 – asfalta defekti (asfalta seguma dilumkārtu defektu apjomu pieaugums sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā). Sasalšanas/atkušanas cikli – īpaši kombinācijā ar ūdens iedarbību un attiecībā uz segumiem – rada paaugstinātus riskus asfalta segumu defektiem – plaisas, izdrupumus, bedrītes (korelāciju starp bedrīšu remontdarbiem un klimata parametriem – 10.10. pielikumā). Defektu veidošanās procesus ietekmē arī tas, kādi izejmateriāli lietoti asfalta maisījumu sastāvā, cik viendabīga ir ieklātās kārtas asfalta maisījuma struktūra, kāds ir sablīvējums, līdzenums, kāda ir savienojumu šuvju kvalitāte, kāds satiksmes sastāvs un intensitāte, kā arī liela nozīme ir seguma vecumam. Problemātika ir pazīstama, un pieredze ir uzkrāta ievērojama, jāturpina pilnveidoties. Risku kā augstu novērtējuši 69 % respondentu.

B3 – grants seguma defekti (grants seguma dilumkārtas defektu apjomu pieaugums sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā). Arī grants segumiem sasalšanas/atkušanas cikli – īpaši kombinācijā ar ūdens iedarbību – rada paaugstinātus riskus grants segumu defektiem. Palielinoties apkārtējās gaisa temperatūras svārstību ap 0 °C ciklu skaitam, pastāv risks, ka ievērojami pasliktināsies grants segumu lietošanas ērtums un iespējamība. Var nākties noteikt satiksmes ierobežojumus arvien vairāk un garākos periodos, kā arī var būt apgrūtināta grants segumu uzturēšana pieņemamā ekpluatācijas līmenī (nav iespējama vai neefektīva ceļa planēšana/profilēšana, līdz ar to slikts līdzenums, bedrainība u. tml.). Risku kā augstu novērtējuši 66 % respondentu.

(C) Intensīva apledojuuma izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem.

Apledojuums uz autoceļiem ziemas periodā Latvijas klimatiskajos apstākļos ir tipiska parādība. Arī intensīva apledojuuma veidošanās (sasasalstošs lietus, t. sk. arī pozitīvās apkārtējā gaisa temperatūrās), iespējams, ne katru ziemu, bet ik pa laikam ir novērojama. Tāpēc iepriekšējā pieredze ir, un pārsteigums tas nav. Taču mainās tehnoloģijas, un tā rezultātā patlaban tiek nodrošināta daudz labāka ceļu lietojamība ziemas periodā, salīdzinot ar situāciju pirms vairākiem gadiem. Mainās arī sabiedrība, tās vēlmes un gaidas attiecībā uz ceļu lietošanas pieejamību, nepārtrauktumu un drošumu, tāpēc pastāvīgi ir jānodrošina sabiedrības izglītošana par drošu braukšanu ziemas apstākļos, kā arī jānodrošina savlaicīga informācija par jebkādiem paredzamiem klimatiskajiem ekscesiem, arī attīstot aktuālās informācijas par ceļu stāvokli operatīvu izvietojumu satiksmes navigācijas rīkos.

Atkarībā no sabiedrības pieprasījuma un gatavības ieguldīt, iespējams, būs nepieciešams modificēt un noteikt augstāka līmeņa prasības gan Ministru kabineta noteikumos, gan līgumos attiecībā uz ziemas dienesta reaģēšanas laiku, atledošanas līdzekļu izlietojuma daudzuma limitēšanu vai nelimitēšanu (kas ir arī nesaraucamā saistībā ar apkārtējās vides aizsardzību), atvēlēto laika periodu atledošanas pasākumu izpildei, sasniegto definētos ceļu lietošanas kvalitātes kritērijus u. tml.

Nākotnē var attīstīties esošās vai mainīties ziemas uzturēšanas tehnoloģijas, kā arī var tikt ieviestas kādas jaunas pieejas vai tehnoloģiskie risinājumi, kas preventīvi neitralizē vai samazina apledojuumu, līdz ar to ieviešot korekcijas šodienas skatījumā.

Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 68 % respondentu.

C1 – investīcijas ziemas dienestam. Investīcijas ziemas dienesta aprīkojumā būs nepieciešamas vismaz līdzīgā vai lielākā apmērā, nekā tas ir patlaban. Paredzams, ka ziemas periods nekur nepazudīs, bet ziemas pakāpeniski kļūst siltākas, būs

biežākas temperatūras svārstības ± 0 °C, tiek prognozēts lielāks nokrišņu daudzums (visticamāk, pārsvarā nokrišņiem arvien lielākā mērā realizējoties lietūs, nevis sniega veidā), tāpēc investīcijas ziemas dienesta aprīkojumā arvien būs nepieciešamas. Risku kā augstu novērtējuši 65 % respondentu.

C2 – preventīva atledošana. Pieaugs nepieciešamība veikt preventīvus atledošanas pasākumus. Kā minēts iepriekš, paredzams, ka sabiedrības vēlmes pēc droši lietojamiem ceļiem, visticamāk, arvien pieaugs un, veicot preventīvus atledošanas pasākumus, to var nodrošināt. Tas prasa kopumā lielāku atledošanas līdzekļu izlietojumu, kā arī darbaspēka, mehānismu un iekārtu papildu noslodzi. Tas var prasīt piesaistīt vismaz par 20–40 % lielāku finansējuma apjomu, salīdzinot, ar situāciju, ja tiek reaģēts tikai pēc nokrišņu iestāšanās. Risku kā augstu novērtējuši 68 % respondentu.

C3 – apledošana prognozēšana. Vēlams izstrādāt precīzākus apledošana prognozēšanas algoritmus un rīkus.

Ieteicams risināt jautājumus par dažādu jau patlaban pieejamu rīku datu apvienošanu, kā arī, iespējams, jaunu datu rīku, datorprogrammu vai aplikāciju ieviešanu, apvienojot meteoroloģiskos datus, ceļu meteostaciju sensoru datus (tostarp, palielinot to pārklājumu un aprīkojot ar papildu sensoriem, piemēram, segas konstrukcijas sasaluma dziļuma un mitruma līmeņa monitorēšanai), ieviešot dronus un/vai augstas kvalitātes satelīta attēlu izmantošanu, attīstot prognožu, ziemas uzraudzības un uzturēšanas darbu koordinācijas tehnoloģijas, tādējādi veidojot visaptverošus rīkus, kas palīdzētu efektīvāk prognozēt apledošanu un nodrošināt drošākus ceļus ziemā. Risku kā augstu novērtējuši 70 % respondentu.

(D) Intensīvu nokrišņu izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem.

Intensīvas lietusgāzes mēdz būt arī patlaban. Ik pa laikam tiek izskalotas ceļu nogāzes, kā arī gadās, ka tiek izskalots kāds ceļa posms. Visumā ar ūdens atvadi no ceļa klātnes būtisku problēmu patlaban nav. Tas, kam jāpievērš uzmanība un jāpilnveido, ir ceļu nomaļu un nogāžu nostiprināšanas efektivitātes paaugstināšana, kā arī tuvākajos 5–10 gados jāpārskata ūdens novades sistēmu aprēķina metodika, lai jau projektēšanas stadijā korekti izvērtētu ūdens masas pienācīgu atvadi, kas veidojas intensīvu nokrišņu rezultātā īsā laika periodā.

Lielākā problēma patlaban ir ūdens atvades sistēmas ārpus ceļa konstrukcijas, kas ļoti bieži nenodrošina paredzētos ūdens atvades parametrus. Piemēram, meliorācijas sistēmu pārvaldību regulē Meliorācijas likums, kā arī Ministru kabineta "Meliorācijas sistēmas ekspluatācijas un uzturēšanas noteikumi", bet realitātē šis ūdens atvades sistēmas pārsvarā netiek pienācīgi uzturētas un koptas, lai būtu nodrošināta to paredzētā funkcionalitāte. Un šī ir valsts nozīmes problēma, kas būtu jārisināt nekavējoties.

Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 62 % respondentu.

D1 – apgrūtināti būvdarbi. Būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta gan pienācīgai ūdens novadīšanai no būvlaukuma (neappludinot pieguļošās teritorijas), gan uzbūvēto konstrukciju un elementu aizsardzībai.

Risku kā augstu novērtējuši 65 % respondentu.

D2 – nav iespējami zemes darbi. Latvijā samērā tipiska ir mālaina grunts, kas izmirstot žūst lēnām un līdz ar to var kavēt darbu izpildi, jo pārmitrinātu grunti nav iespējams sablīvēt. Ceļa zemes klātnes būvniecībā ieteicams ieviest hidraulisko saistvielu lietošanu, kas pavērtu iespēju nodrošināt grunts sablīvēšanu, gan arī padarītu šādi apstrādātu grunti inertāku pret mitruma iedarbību ceļa ekspluatācijas periodā. Risku kā augstu novērtējuši 60 % respondentu.

D3 – nepietiekama ūdens novade. Ūdens novades sistēmu caurlaidība var nebūt pietiekama. Kā minēts iepriekš, tuvāko 5–10 gadu laikā ir jāpārskata ūdens novades sistēmu aprēķina metodika, lai nodrošinātu ūdens masas pienācīgu atvadi, kas rodas intensīvu nokrišņu rezultātā īsā laika periodā. Risku kā augstu novērtējuši 57 % respondentu.

D4 – Autoceļu nogāžu un grāvju nostiprinājumi var būt nepietiekami. Jau patlaban nogāžu un grāvju nostiprināšanai tiek lietoti gan ģeosintētiskie, gan hibrīdmateriāli, gabioni, atbalstsienas, nostiprinājumu sistēmas un kombinēti risinājumi. Pieredze darbam ar jaunākajiem materiāliem un sistēmām ir. Nākotnē akcentējama uzmanība tam, lai paredzētie un realizētie nostiprinājumi būtu pietiekami efektīvi intensīvu nokrišņu gadījumā. Risku kā augstu novērtējuši 66 % respondentu.

(E) Plūdu upēs izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem.

Plūdi upēs ir tipiska parādība Latvijā, kas dažkārt atkārtojas pat vairākas reizes gadā. Paredzams, ka kopumā šī Latvijas klimatiskajiem apstākļiem tipiskā parādība arī saglabāsies. Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 77 % respondentu. Šis ir visaugstāk novērtētais risks.

E1 – autoceļu un to elementu daļēji vai pilnīgi bojājumi (izskalojumi). Pieredze un zināšanas par plūdu apdraudētajām teritorijām ir. Šis ir ceļu pārvaldībā pastāvīgi risināms jautājums, regulāri plānojot ceļu nostiprināšanu vai citus pasākumus, kas pakāpeniski ļautu mazināt apdraudētos ceļu posmus un būves. Risku kā augstu novērtējuši 76 % respondentu.

E2 – būvniecības riski: daļēji uzbūvētu konstrukciju bojājumi, būvniecības termiņu aizkavējumi. Arī šeit jāizmanto esošā pieredze un zināšanas, lai pēc iespējas izvērtētu plūdu riskus jau būvdarbu plānošanas stadijā, paredzot adekvātus aizsardzības pasākumus vai izstrādājot plūdu apdraudējumu prognozēm pakārtotus darbu veikšanas grafikus. Risku kā augstu novērtējuši 77 % respondentu.

(F) Jūras līmeņa paaugstināšanās iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem.

Patlaban jūras līmeņa paaugstināšanās nav izjūtama kā apdraudējums, bet tālākā nākotnē, pēc 30–40 gadiem, ar to var nākties saskarties un rēķināties lielākā mērā, nekā tas ir patlaban, piemēram, šādos ceļu posmos: autoceļš P111 pie Jūrkalnes, autoceļš A1 pie Vitrupes, Ainažu iela Saulkrastos. Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 46 % respondentu.

F1 – nepieciešamība esošos autoceļu posmus pārbūvēt jaunā vietā. Patlaban šādas nepieciešamības nav, bet nākamo 30–40 gadu laikā šāda nepieciešamība var rasties.

Risku kā augstu novērtējuši 45 % respondentu. Līdztekus G3 šis ir viszemāk novērtētais risks.

F2 – nepieciešamība esošos autoceļu posmus nostiprināt pret jūras invāziju. Patlaban šādas nepieciešamības nav, bet nākamo 30–40 gadu laikā šāda nepieciešamība var rasties. Risku kā augstu novērtējuši 46 % respondentu.

(G) Vētru izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi).

Ceļa zemes nodalījuma josla bieži ir attīrīta, bet problēmas sagādā blakus esošajās teritorijās esošie meži un koki. Koka garums ir ap 25–30 m, un šāds koks var uzkrīst uz ceļa. Piemēram, 2024. gada ziemā, kad sniegs izraisīja koku noliekšanos, uz ceļa un masveidā radīja satiksmes traucējumus, turklāt izraisīja arī ļoti daudzus elektrolīniju bojājumus. Līdzīgi – lielākā vai mazākā mērā – to izraisa arī vētras vai stiprs vējš. Stipras vēja brāzmas arī patlaban nodara regulārus bojājumus satiksmes organizācijas infrastruktūrai. Cik lielā mērā vētras ietekmē un turpmāk salīdzinoši ietekmēs ceļa īpašniekus un lietotājus, precīzi nevar prognozēt, jo nav piejāmu apkopotu datu par vētru esošo ietekmi vai radītajiem zaudējumiem, bet saskaņā ar prognozēm šeit nav sagaidāmas kādas būtiskas izmaiņas klimata pārmaiņu ietekmē; tāpēc var uzskatīt, ka esošā pieredze ir pietiekama, lai plānveidīgi pilnveidotu rīcības modeļus un aizsardzības spējas vētru radīto negatīvo seku pakāpeniskai mazināšanai. Riska kopējo ietekmi kā augstu novērtējuši 55 % respondentu.

G1 – satiksmes kustības ierobežojumi vēja iedarbībā radītu bojājumu dēļ. Lielāki vai mazāki satiksmes traucējumi stipra vēja un vētru laikā patlaban un arī tuvākajā nākotnē praktiski ir neizbēgami. Risku kā augstu novērtējuši 50 % respondentu.

G2 – vēja gāzti koki uz brauktuves un ceļa nodalījuma joslā. Ceļa infrastruktūras tuvumā esoši koki, īpaši novecojuši vai bojāti koki, var radīt apdraudējumu satiksmes drošībai, jo pastāv iespējamība, ka tie var nogāzties uz brauktuves vai ceļa nodalījuma joslā. Ceļu uzturēšanas dienestiem jānodrošina, lai ceļa nodalījuma joslā netiktu pieļauta koku audžu attīstība, kā arī jāveic savlaicīga bīstamo koku apsekošana un aizvākšana. Risku kā augstu novērtējuši 64 % respondentu.

G3 – trešo pušu komunikāciju un būvju bojājumi, kas ietekmē ceļa lietotājus. Šāda iespējamība pastāv. Piemēram, vētras ietekmē vai kādu ekstrēmu kombinētu klimatisko norišu iedarbības rezultātā var sagrūt ceļu tuvumā esošas vai ceļus šķērsojošas citu īpašnieku mākslīgās būves, gaisa elektrolīnijas un citas būves, bet tas būs atsevišķās lokālās vietās, kas līdz ar to nav uzskatāms par būtisku risku.

Risku kā augstu novērtējuši 45 % respondentu. Līdztekus F1 šis ir viszemāk novērtētais risks.

G4 – lielo informācijas zīmju bojājumi. Bojājumi ir iespējami un notiek. Tuvākajā nākotnē ieteicams pārskatīt un pārliecināties par aprēķinos lietojamajām vēja slodzēm, stiprinājumu konstruktīvajiem risinājumiem, to atbilstību, kā arī specifiskāciju prasībām attiecībā uz zīmju novietojuma ģeometriskajiem parametriem, to pieļaujamajām izmaiņām ekspluatācijas gaitā. Risku kā augstu novērtējuši 63 % respondentu.

G5 – satiksmes organizācijas ceļa zīmju bojājumi. Risku kā augstu novērtējuši 55 % respondentu.

G6 – krastu erozija, kā rezultātā notiek autoceļu infrastruktūras bojājumi. Risks pastāv, bet patlaban vēl nav ikdienas aktualitāte. Problemātika ir līdzīga ar jūras līmeņa paaugstināšanās prognozēm, atšķirība ir tajā, ka noteiktu klimatisko apstākļu sakritības gadījumā var izveidoties situācija, kad īsā laika periodā krastu erozija progresē ļoti strauji, kas var likt pievērsties kādu autoceļu vai to posmu nostiprināšanai vai pārbūvei jau daudz pārskatāmākā un tuvākā nākotnē. Risku kā augstu novērtējuši 51 % respondentu.

6.2. Autoceļu ievainojamības analīze

Klimatisko faktoru ietekmes uz Latvijas valsts autoceļu infrastruktūru analīze veikta, izmantojot iepriekš veikto pētījumu [8, 19] datus un atziņas, pielāgojot un interpretējot tās atbilstoši Latvijas apstākļiem un specifikai. Ievainojamības analīze tika veikta tiem autoceļu infrastruktūras kritiskajiem elementiem, kas visvairāk varētu būt pakļauti klimatisko faktoru ietekmei klimata pārmaiņu rezultātā:

- bituminēti segumi (asfalts, virsmas apstrāde u. tml.);
- grants segumi;
- ceļa segas;
 - » zemes klātne;
 - » ceļa ūdens novades sistēma (nomales, zemes klātnes iekšējās un ārējās nogāzes, grāvji, caurtekas, drenāža);
 - » tuvu ceļam pieguļošā veģetācija (zāle, krūmi, koki);
 - » ceļa zīmes un aprīkojums;
 - » ceļa horizontālie apzīmējumi.

Šo autoceļu infrastruktūras kritisko elementu plānošanai, projektēšanai, būvniecībai, ekspluatācijai un uzturēšanai klimata pārmaiņu kontekstā tika identificēti riski, kuru ietekmes novērtējums 6.1. sadaļā aprakstītajā jutīguma analizē bija 1, 2 vai 3.

Katra identificētā izvērtējamā klimata pārmaiņu riska parametri, ietekmes, sekas un paredzamās aktivitātes šo risku novēršanai vai mazināšanai apkopoti šīs nodaļas apakšnodaļās.

6.2.1. Augsta gaisa temperatūra (vasara)

Reģistrētie klimatiskie faktori un prognozes pēc SSP scenārijiem apkopoti 6.2.1.–1. un 6.2.1.–2. tabulā. Šeit un turpmāk konkrētās teritorijas izvēlētas ar mērķi, lai raksturotu dažādus Latvijas apgabalus. Klimatiskie reģistrētie un prognožu dati par citiem Latvijas novadiem un pilsētām ir pieejami klimata portālā "Līdzšinējo un nākotnes klimata pārmaiņu risks" [4]. Dati aktualizēti saskaņā ar 2024. gada decembri portālā izvietoto informāciju. Ir iespējamās atšķirības ar vēlāk izvietotiem papildinātiem un precizētiem datiem.

6.2.1.–1. tabula.

Vasaras dienu skaits

Teritorija	Dienų skaits, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra ir augstāka par +25 °C			
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100		
		SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0
Rīga	27	35 / 42	37 / 53	38 / 68
Ventspils novads	12	13 / 18	15 / 28	15 / 41
Bauskas novads	30	41 / 47	43 / 59	44 / 74
Cēsu novads	21	29 / 34	31 / 46	32 / 60
Rēzeknes novads	26	38 / 44	40 / 57	42 / 72

6.2.1.–2. tabula.

Tropisko nakšu skaits

Teritorija	Naktis, kurā minimālā gaisa temperatūra ir augstāka par +20 °C			
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100		
		SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP1–2.6
Rīga	1	3 / 5	1	3 / 5
Ventspils novads	0	1 / 2	0	1 / 2
Bauskas novads	0	2 / 2	0	2 / 2
Cēsu novads	0	1 / 2	0	1 / 2
Rēzeknes novads	0	2 / 3	0	2 / 3

Konstatēts, ka klimata pārmaiņu ietekmē pieaugs karsto dienu skaits, kā arī palielināsies maksimālā gaisa temperatūra vasarā. Šo klimata pārmaiņu potenciālā ietekme uz autoceļu infrastruktūru apkopota 6.2.1.–3. tabulā.

6.2.1. – 3. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Augstas gaisa temperatūras periodi (vasara)

letekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/vidēja/augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Plānošana		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Jāveic datu apkopošana. LVÇMC un LVC meteo staciju dati.		Jāizvērtē tas, ka karstuma iedarbībā būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta vai atsevišķu tehnoloģiju lietošana var būt neiespējama (piemēram, virsmas apstrāde), kas var izraisīt līguma termiņu kavēšanu. Nepieciešami pētījumi par virsmas apstrādes efektivitātes uzlabošanu, kā arī asfalta maisījumu pretestības plastisko deformāciju paaugstināšanos karstuma periodos.
Projektēšana	Tuvākajā periodā nav papildu ietekmes, bet turpmāk riski šādām ietekmēm pieaug.	Nav		Ieteicams izvērtēt karsto dienu paaugstināto iedarbību, paredzot un projektējot asfalta segumus un virsmas apstrādi Zemgalē un Latgalē. Ieteicams pārskatīt prasības asfalta maisījumu projektēšanai, kā arī lietošanai atkarībā no reģiona. Ieteicams pārskatīt arī prasības virsmas apstrādei un tās lietošanas nosacījumiem. Jāizvērtē riski, kas saistīti ar līguma termiņu iespējamu kavēšanu. Nepieciešami pētījumi par iespējamiem tehnoloģiskajiem risinājumiem asfalta kārtu ieklāšanas un virsmas apstrādes darbu veikšanai arī tad, kad ir paaugstināta apkārtējā gaisa temperatūra.
Būvniecība	Paaugstināta karstuma iedarbība būvdarbos iesaistītajam personālam. Tehnoloģiju izmantošanas ierobežojumi pārāk liela karstuma dēļ, piemēram, virsmas apstrāde, asfalta kārtu ieklāšana.	Būvuzņēmējiem jāmazina karstuma izraisītā ietekme uz personālu, veicot atbilstošus pasākumus, kā arī ievērojot veselības un darba drošības normatīvos dokumentus. Darbu izpildes grafiki jāizstrādā, izvērtējot periodus, kad konkrētu tehnoloģiju izmantošana karstuma dēļ nav iespējama.		



Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/vidēja/augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Ekspluatācija	Asfalta segumu mīkstēšana, kas samazina to noturību, rada palielošas deformācijas, kā arī pasliktina ceļa lietojamību un satiksmes drošību.	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi.		Tas pats, kas sadaļā "Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi".
Uzturēšana	Virsmas apstrādes sīkšķembu zudumi, izsvīdumu, izblīdumu un citu defektu veidošanās, kas apgrūtina braukšanas apstākļus un rada citas neērtības ceļu lietotājiem.	Iestājoties karstuma viļņiem, ceļu uzturētājiem jābūt gataviem operatīvi sekot ceļu stāvoklim, nepieciešamības gadījumā veicot pasākumus satiksmes drošības nodrošināšanai, kā arī veicot neatliekamus remontdarbus (piemēram, izsvīdumu likvidēšanu).		Nepieciešams realizēt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par karstuma viļņu negatīvo ietekmi uz autoceļu segumiem, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas darbu nepieciešamību.

6.2.2. Temperatūras svārstības ap 0 °C (ziema), t. sk. intensīvs apledojums

Reģistrētie klimatiskie faktori un prognozes pēc SSP scenārijiem apkopoti 6.2.2. – 1. un 6.2.2. – 2. tabulā.

6.2.2. – 1. tabula.

Sala dienu skaits

Teritorija	Dienų skaits, kad diennakts minimālā gaisa temperatūra ir zemāka par 0 °C		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2–4,5	SSP3–7,0
Rīga	106	91 / 72	91 / 56
Ventspils novads	99	87 / 65	87 / 49
Bauskas novads	122	103 / 83	103 / 67
Cēsu novads	137	114 / 93	113 / 75
Rēzeknes novads	138	113 / 94	112 / 75

6.2.2. – 2. tabula.

Dienu skaits bez atkušņa

Teritorija	Dienu skaits, kad diennakts maksimālā gaisa temperatūra ir zemāka par 0 °C		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2–4,5	SSP3–7,0
Rīga	42	34 / 25	35 / 16
Ventspils novads	35	25 / 15	24 / 9
Bauskas novads	46	37 / 26	38 / 18
Cēsu novads	59	48 / 36	48 / 26
Rēzeknes novads	60	49 / 38	50 / 28

Tipiski apledošanas veidošanās mēneši ir decembris, janvāris, februāris. Mazāka apledošanas veidošanas iespējamība ir oktobrī, novembrī, martā un aprīlī. Ļoti reti epizodisks apledojums iespējams septembrī un maijā. Vienlaikus ik gadu ziemas periodā lielākā vai mazākā mērā tiek fiksēts sasalstošs lietus.

Klimata pārmaiņu ietekmē, paaugstinoties vidējai gaisa temperatūrai, tiek prognozēts, ka ziemas periodā pieaugs temperatūras svārstības ap 0 °C, veicinot intensīva apledošanas veidošanos. Vienlaikus tiek prognozēts nokrišņu pieaugums ziemas periodā, kas var papildus veicināt intensīva apledošanas veidošanos.

Šo klimata pārmaiņu potenciālā ietekme uz autoceļu infrastruktūru apkopota 6.2.2. – 3. tabulā.

6.2.3. – 3. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze.

Temperatūras svārstības ap °C (ziema)

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/ vidēja/ augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Plānošana	Tuvākajā periodā nav papildu ietekmes, bet turpmāk riski kādām ietekmēm pieaug.	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteo staciju dati.		Jāpilnveido prasības nesaistītiem minerālmateriāliem, kas tiek lietoti ceļa segas konstruktīvajās kārtās, lai pēc iespējas samazinātu vāju ieslēgumu saturu, kaas strauji sabirst sasalšanas un atkuššanas ciklu iedarbībā vai būvniecības laikā, piemēram, sablīvēšanas procesā. Jāizvērtē, ka pieaugs segumu avārijas defektu remontdarbu apjoms, kam jāparedz gan finansējums, gan infrastruktūras resursi. Nepieciešami pētījumi segumu materiālu izstrādei vai segumu iekļāšanas tehnoloģisko procesu uzlabošanai, kas nodrošinātu labāku segumu pretestību mitruma un paaugstināta daudzuma sasalšanas/atkuššanas ciklu iedarbībai. Jāievieš zemes klātnes grunts pastiprināšana ar hidrauliskajām saistvielām. Arī nākotnē pastāvīgi būs nepieciešamas investīcijas ziemas dienesta aprīkojumā. Jāprecizē nepieciešamās izmaksas. Ieteicams realizēt pētījumu par dažādu atledošanas līdzekļu, materiālu, tehnoloģiju efektivitāti un efektivitātes/izmaksu korelāciju, akcentējot arī ekoloģiskas atledošanas iespējas (metodes vai materiālus).
Projektēšana		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi.		Papildu uzmanība jāpievērš projektējamo autoceļu segu konkrētajiem apstākļiem piemērota mitruma režīma nodrošināšanai, kā arī projektējamās autoceļa konstrukcijas kopējās noturības paaugstināšanai.
Būvniecība	Nav identificēta būtiska ietekme.	Nav		Jāadaptē tehnoloģijas grunts pastiprināšanai ar hidrauliskajām saistvielām.





Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/ vidēja/ augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Eksploatācija	<p>Nelabvēlīga ietekme uz autoceļu segumiem, salīdzinoši pieaugs to bojājumu apjoms. Pieaugs pazeminātas ceļa segas nestspējas periodi. Tuvākajā periodā nav papildu ietekmes, jo Latvijā šādas temperatūras svārstības pie $\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir tipiskas, bet turpmāk riski kādām papildu ietekmēm pieaugs. Intensīvs apledojums pazemina satiksmes drošību. Operatīvi jānodrošina atledošanas pasākumi, kas arī patlaban ir tipiski Latvijas klimatiskajiem apstākļiem.</p>	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi		Nepieciešams realizēt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par temperatūru svārstību ap $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ietekmi uz autoceļu segumiem un intensīva apledojuma bīstamību, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas darbu nepieciešamību.





Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/ vidēja/ augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Uzturēšana				<p>Liela iespējamība, ka būs nepieciešams ieviest satiksmes ierobežojumus garākos periodos, nekā tas ir patlaban – tipiski pavasarī.</p> <p>Var prognozēt, ka salīdzinoši lielāks būs nepieciešamo seguma remontdarbu apjoms, kā arī lielāks avārijas seguma defektu remontdarbu apjoms būs jāveic ziemas periodā.</p> <p>Jāpaplašina ceļu tīkls, kurā realizējami preventīvi atledošanas pasākumi, balstoties operatīvajās laika apstākļu prognozēs.</p> <p>Jāsniedz skaidrojumi par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas darbu nepieciešamību un raksturu.</p>

6.2.3. Intensīvi nokrišņi (intensīvs lietus, intensīva snigšana, krusa)

Reģistrētie klimatiskie faktori un prognozes pēc SSP scenārijiem apkopoti 6.2.3.–1., 6.2.3.–2. un 6.2.3.–3. tabulā.

6.2.3.–1. tabula.

Nokrišņu daudzums vasaras sezonā

Teritorija	Nokrišņu summa vasarā, mm		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2 4,5	SSP3 7,0
Rīga	680,6	762,7 / 798,9	746,7 / 806,5
Ventspils novads	712,9	741,0 / 786,2	728,5 / 798,7
Bauskas novads	647,4	760,6 / 793,8	742,9 / 799,1
Cēsu novads	769,3	805,6 / 839,5	788,2 / 847,5
Rēzeknes novads	646,3	781,6 / 814,0	759,6 / 818,0

6.2.3. – 2. tabula.

Nokrišņu daudzums ziemas sezonā

Teritorija	Vidējā vērtība sniega segas biezumam (oktobris–aprīlis), cm		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2 4,5	SSP3 7,0
Rīga	4	3 / 2	3 / 1
Ventspils novads	2	2 / 1	2 / 1
Bauskas novads	4	2 / 2	2 / 1
Cēsu novads	6	5 / 3	5 / 3
Rēzeknes novads	6	5 / 3	5 / 2

6.2.3. – 3. tabula.

Dienu skaits ar stipriem nokrišņiem

Teritorija	Dienu skaits, kad diennakts kopējais nokrišņu daudzums ir vismaz 10 mm		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2 4,5	SSP3 7,0
Rīga	16	18 / 19	18 / 22
Ventspils novads	17	18 / 21	18 / 23
Bauskas novads	15	17 / 18	17 / 20
Cēsu novads	19	19 / 22	19 / 23
Rēzeknes novads	15	18 / 19	16 / 20

Klimata pārmaiņu ietekmē palielināsies vidējais nokrišņu daudzums, īpaši ziemas periodā. Izvērtējot to, ka biežāk sa-
gaidāmi ekstrēmi klimatiskie apstākļi, pieaugs iespējamība
veidoties palielinātām ūdens plūsmām, īslaicīgi pārslogojot
gan ūdens novades sistēmas, gan arī veicinot plūdu veidoša-
nos upēs, gan sniega kušanas, gan intensīvu lietavu rezultātā.

Šo klimata pārmaiņu potenciālā ietekme uz autoceļu infra-
struktūru apkopota 6.2.3. – 4. tabulā.

6.2.3. – 4. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze. Intensīvi nokrišņi

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/vidēja/augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Plānošana	Tuvākajā periodā nav papildu ietekmes, bet turpmāk riski kādām ietekmēm pieaug. Riski ūdens novades sistēmu pārplūdei un atteicei, var tikt izskalotas autoceļu nogāzes, kā arī paaugstināta apjoma ūdens plūsmu vietās var tikt aizskalota visa ceļa konstrukcija. Pieaug plūdu iespējamība gan sniega kušanas, gan arī intensīvu lietavu rezultātā.	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Datu apkopošana LVGMC un LVC meteo staciju dati.		Jāizvērtē, ka intensīvu lietusgāžu iedarbībā būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta vai atsevišķu tehnoloģiju lietošana var nebūt iespējama (piemēram, zemes darbi), kas var izraisīt līguma termiņu kavēšanu.
Projektēšana		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi.		Jāpārskata ūdens novades projektēšanas nosacījumi, palielinot ūdens novades sistēmu caurlaidību, kā arī autoceļa nogāžu un grāvju nostiprinājumus, lai paaugstinātu to noturību intensīvu lietus ūdeņu novadīšanai. Jāizvērtē riski, kas saistīti ar līguma termiņu iespējamu kavēšanu.
Būvniecība		Jārēķinās, ka atsevišķu būvdarbu veikšana vai tehnoloģiju lietošana var būt apgrūtināta vai neiespējama, piemēram, zemes darbi. Paaugstināta vēriba jāpievērš būvdarbu stadijām, lai pēc iespējas nodrošinātu intensīvu lietavu ūdens drošu un efektīvu novadīšanu, netraumējot jau uzbūvētos vai daļēji uzbūvētos elementus, kā arī parūpējoties, lai šādu ūdeņu novade nebojātu vai neiznīcinātu blakus esošos īpašumus, būves un teritorijas.		Nav.



Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/vidēja/augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Ekspluatācija		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi.		Nav.
Uzturēšana				<p>Jānodrošina ūdens novadsistēmu uzturēšana funkcionālā stāvoklī, regulāri apsekojot un iztīrot grāvjus, caurtekas, teknes, kanalizācijas caurules u. tml., uzturot autoceļa nodalījuma joslu un nogāzes brīvu no krūmiem un kokiem (arī satiksmes drošības nodrošināšanas apsvērumu dēļ). Jāpārskata sadarbības principi ar blakus esošo zemju īpašniekiem, kuru zemēs notiek ūdeņu novadīšana. Operatīvi jānovērš lietusgāžu rezultātā radītie bojājumi (izskalojumi, ceļu aizskalošana, nogruvumi, uzbērumu nestabilitāte), atbilstoši un savlaicīgi veicot ceļu atjaunošanu un tīrīšanu, aizsērējumu un vides piesārņojuma likvidēšanu, drošības un komforta atjaunošanu u.c., ierobežojot un regulējot satiksmes kustību. Nepieciešams realizēt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par intensīvu lietusgāžu ietekmi uz autoceļu konstrukcijām, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas darbu nepieciešamību un raksturu.</p>

6.2.4. Jūras līmeņa paaugstināšanās, krastu erozija

Reģistrētie klimatiskie faktori un prognozes

- Jūras līmeņa pieaugums:
 - » klimatiskās normas periodā + 1,5 cm pret pirms-industriālo periodu;
 - » SSP2–4.5 prognoze gadsimta beigām + 32,6 cm;
 - » SSP3–7.0 prognoze gadsimta beigām + 50,3 cm.
- Krasta līnijas atkāpšanās (piemēri):
 - » SSP1–2.6 prognoze gadsimta beigām; stāvraksts pie Jūrkalnes – 21 m;
 - » SSP3–7.0 prognoze gadsimta beigām: pie Saulkrastiem un Mazirbes – 113 m; pie Klapkalnciema – 40 m; stāvraksts pie Jūrkalnes – 33 m.

Klimata pārmaiņu ietekmē lielākajā daļā Latvijas krasta dominēs salīdzinoši nelielas krasta izmaiņas ar ātrumu līdz ± 2 m/gadā. Īpaši izteikti erozijas procesi virs 5 m/gadā notiks vairāk nekā 7 kilometros Latvijas piekrastes, intensīva krasta virzība jūras virzienā notiks 6 kilometros Latvijas piekrastes.

Šo klimata pārmaiņu potenciālā ietekme uz autoceļu infrastruktūru apkopota 6.2.4.-1. tabulā.

6.2.4. – 1. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze. Jūras līmeņa paaugstināšanās, krastu erozija

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/ vidēja/ augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Plānošana	Tuvākajā periodā nav papildu ietekmes, bet turpmāk riski kādām ietekmēm pieaug. Krasta erozijas un applūšanas ietekmē ir iespējami bojājumi ceļiem jūras piekrastē un upju grīvās.	Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju dati.		Nepieciešams monitorēt aktuālās klimatiskās ietekmes un prognozes. Jāapzina krasta erozijas un applūšanas riskam pakļautos ceļu posmus un platības, jāidentificē to prioritāte. Apstiprinoties klimatisko pārmaiņu prognozēm, jāveic prioritāri apdraudēto ceļu posmu pārbūves vai nostiprināšanas būvprojektu pasūtīšana un būvdarbu realizācija. Ieteicams veikt pētījumu, kurā identificētu apdraudētos apgabalus un būves, kā arī veiktu analīzi par optimālākajiem iespējamajiem risinājumiem – pārbūve, pastiprināšana vai, iespējams, arī nojaukšana, kā arī apzinātu iespējams tehnoloģiskos risinājumus un to lietošanas potenciālu gadījumos, ja kādas no tehnoloģijām Latvijā praktiski netiek lietotas.
Projektēšana				Ja nākotnē tiek paredzēta apdraudēto ceļu posmu pastiprināšana, jāiegūst kompetence šādu risinājumu projektēšanai (piemēram, ceļš kā aizsargbūve krasta erozijas apturēšanai vai ceļš kā būve teritoriju aizsardzībai pret applūšanu).
Būvniecība				Nepieciešamības gadījumā nākotnē būs jāiegūst kompetence tehnoloģiju realizācijai, kas paredzētas ceļu posmu nostiprināšanai pret krasta eroziju vai plūdiem.
Ekspluatācija		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi.		Nākotnē, ja būs aktuāli, jāpielāgojas kādiem iespējamiem specifiskiem risinājumiem, kuru ekspluatācija un uzturēšana varētu būt atšķirīga. Ārkārtēju klimatisko notikumu gadījumos nepieciešams nekavējoties veikt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par nodarītajiem bojājumiem autoceļu konstrukcijām, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas vai atjaunošanas darbu nepieciešamību un raksturu.
Uzturēšana				

6.2.5. Vētras, negaisi

Reģistrētie klimatiskie faktori un prognozes pēc SSP scenārijiem apkopoti 6.2.5.–1. un 6.2.5.–2. tabulā.

6.2.5.–1. tabula.

Gada vidējais vēja ātrums

Teritorija	Diennakts vidējā vēja ātruma vidējā vērtība, m/s		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2–4,5	SSP3–7,0
Rīga	3,2	3,4 / 3,4	3,4 / 3,4
Ventspils novads	3,6	4,2 / 4,2	4,2 / 4,1
Bauskas novads	2,9	3,3 / 3,3	3,3 / 3,2
Cēsu novads	3,0	3,1 / 3,1	3,1 / 3,0
Rēzeknes novads	2,8	2,9 / 2,9	2,9 / 2,8

6.2.5.–2. tabula.

Vētrains dienu skaits gadā

Teritorija	Dienų skaits, kad diennakts vidējais vēja ātrums ir vismaz 10,8 m/s		
	1991–2020	2021–2050 / 2071–2100	
		SSP2–4,5	SSP3–7,0
Rīga	0	0 / 0	0 / 0
Ventspils novads	2	11 / 10	11 / 10
Bauskas novads	0	0 / 0	0 / 0
Cēsu novads	0	0 / 0	0 / 0
Rēzeknes novads	0	0 / 0	0 / 0

Klimata pārmaiņu ietekmē nav gaidāmas būtiskas izmaiņas. Tomēr, izvērtējot to, ka biežāk sagaidāmi ekstrēmi klimatiskie apstākļi, pieaug iespējamība, ka iedarbojoties vairākiem ekstrēmiem klimata notikumiem vienlaikus (stiprs vējš, vētra, intensīvs lietus, krusa, intensīva snigšana un zibens izlādes, kas ir atmosfēras elektriskās izlādes, kas rodas, elektriskajiem lādiņiem mākoņos izlādējoties pret zemi vai citiem objektiem, un kuras pavada pērkona radītie akustiskie efekti), kļūst apjomīgākas un postošākas.

Šo klimata pārmaiņu potenciālā ietekme uz autoceļu infrastruktūru apkopota 6.2.5.–3. tabulā.

6.2.5. – 3. tabula.

Ietekmes (ievainojamības) analīze. Vētras, negaisi

Ietekmētais process	Iedarbība un sekas	Esošie / tuvākajā laikā plānojamie ietekmes mazināšanas pasākumi	Ietekme: neliela/vidēja/augsta	Ieteicamie pasākumi nākotnē
Plānošana		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi. Datu apkopošana. LVĢMC un LVC meteostaciju dati.		Nepieciešams monitorēt aktuālās klimatiskās ietekmes un prognozes. Nākotnē, iespējams, jāplāno papildu finansējums šādu klimatisko ietekmju seku novēršanai, kā arī jāizstrādā algoritmi rīcībai stihiju iestāšanās gadījumiem un to radīto seku novēršanai.
Projektēšana	Nav papildu ietekmes, jo netiek prognozēts vētru vai vēja stipruma pieaugums, bet, pieaugot vētru un negaisu intensitātei, var pieaugt ceļu bojājumu apjoms.			Nav nepieciešami kādi specifiski pasākumi.
Būvniecība		Tuvākajam periodam nav nepieciešami kādi īpaši pasākumi		
Ekspluatācija				Nav paredzamas, ka nākotnē būs jāpielāgojas biežākai klimatisko stihiju pārvarēšanai un seku novēršanai, bet ieteicams attīstīt un pilnveidot esošos gan agrās brīdināšanas, gan seku pārvarēšanas modeļus un algoritmus. Ārkārtēju klimatisko notikumu gadījumos nepieciešams nekavējoties veikt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par nodarītajiem bojājumiem autoceļu konstrukcijām, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas vai atjaunošanas darbu nepieciešamību un raksturu.
Uzturēšana				

7. Ieteikumi

7.1. Ieteikumi klimata datu iekļaušanai aktīvu pārvaldības sistēmā

Efektīvai ceļu aktīvu pārvaldībai ir liela nozīme valsts autoceļu tīkla uzturēšanā un attīstībā. Ceļu aktīvu pārvaldības sistēmā ieteicams iekļaut datus, reģistrējot ceļiem nodarītos bojājumus, kas radušies ekstrēmu klimatisko apstākļu dēļ, fiksējot gan klimatiskos faktorus, gan saistībā ar tiem nodarīto zaudējumu apjomus, kā arī faktiski izlietoto finansējumu radīto bojājumu novēršanai un tā avotus.

Tāpat saistībā ar klimatisko ekstrēmu izraisītu defektu veidošanos ir iespējami arī citi zaudējumi, ko ieteicams aprēķināt un uzskaitīt, kas saistīti gan ar ceļu apgrūtinātu vai neiespējamu lietošanu īsāku vai garāku laika periodu, gan arī satiksmes drošības pazemināšanos, t. sk. satiksmes negadījumiem.

Ir ieteicama klimatisko faktoru un to iedarbībā veidojušos defektu, nodarīto bojājumu, to apjoma un izmaksu uzskaitē un iekļaušana aktīvu pārvaldības sistēmā, aktualizējot aktīvu nolietojumu un vērtību. Vienlaikus ir ieteicams sistēmā reģistrētajiem notikumiem (defektiem) paredzēt iespēju fiksēt arī klimatiskās iedarbības veidu un nozīmīgumu, ja klimatiskie faktori, iespējams, ir bijuši defektu iemesls. Ieteicams datus ievadīt pastāvīgi, nekavējoši pēc to iegūšanas, aprēķināšanas un apkopošanas.

Klimatisko faktoru saistības ar iespējamiem defektiem un ieteicamajiem reģistrējamajiem parametriem piemērs dots 7.1. tabulā.

7. – 1. tabula.

Klimatisko faktoru saistība ar iespējamiem defektiem un ieteicamajiem reģistrējamajiem parametriem

Ceļa infrastruktūras bojājums	Bojājumu izraisošais klimatiskais faktors	Ieteicamie reģistrējamie/monitorējamie klimata parametri
Asfalta segumu bojājumi (piemēram, rises u.c. plastiskas deformācijas), virsmas apstrādes defekti (piemēram, izsvīdumi, sīkšķembu zudumi).	Paaugstināta gaisa temperatūra.	<ul style="list-style-type: none"> • Apkārtējā gaisa temperatūra. • Seguma temperatūra. • Paaugstinātās temperatūras perioda ilgums.
Asfalta segumu bojājumi (piemēram, bedrītes), virsmas apstrādes defekti (piemēram, sīkšķembu zudumi).	Paaugstināti nokrišņi.	<ul style="list-style-type: none"> • Nokrišņu daudzums. • Nokrišņu perioda ilgums.
	Apkārtējā gaisa temperatūras svārstības ap 0 °C.	<ul style="list-style-type: none"> • Apkārtējā gaisa temperatūra. • Cikliskums virs/zem 0 °C. perioda ilgums.
Ceļa brauktuve (uz ceļiem sagāzti koki, ceļazīmju un cita ceļu aprīkojuma bojājumi).	Stiprs vējš, vētra.	<ul style="list-style-type: none"> • Vēja ātrums. • Vēja raksturs (pamatvējš, brāzmas).
Ceļa klātne, ceļa būves un aprīkojums (izskalojumi, iegruvumi).	Intensīvs lietus.	<ul style="list-style-type: none"> • Nokrišņu daudzums. • Nokrišņu perioda ilgums.
	Plūdi.	<ul style="list-style-type: none"> • Plūdu izcelsme. • Plūdu līmenis. • Plūdu perioda ilgums.
	Jūras krastu erozija.	<ul style="list-style-type: none"> • Iemesls. • Raksturojums.
	Karstums.	
Satiksmes drošība (apgrūtināta redzamība, satiksmes ierobežojumi), ceļa infrastruktūras bojājumi.	Migla.	<ul style="list-style-type: none"> • Miglas intensitāte. • Perioda ilgums.
	Intensīvs lietus.	<ul style="list-style-type: none"> • Nokrišņu daudzums. • Nokrišņu perioda ilgums.
	Intensīva snigšana.	<ul style="list-style-type: none"> • Sniega daudzums. • Snigšanas perioda ilgums.
	Intensīvs apledojums.	<ul style="list-style-type: none"> • Izraisīto klimatisko apstākļu kopums. • Perioda ilgums.

7.2. Normatīvo aktu analīze un ieteikumi nozares dokumentu uzlabošanai un pilnveidošanai

7.2.1. Starptautiskie normatīvie dokumenti

Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
1.	Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām ar papildu protokoliem un nolīgumiem.	09.02.2017. (Latvijā pamatdokuments ratificēts 03.01.2005.) [72].
Starptautiska apņemšanās aizsargāt klimata sistēmu pašreizējās un nākamo paaudžu vārdā. Tiešā veidā šis dokuments neuzliek kādus pienākumus LVC, tie izriet no likumdošanas aktiem.		
2.	ES Zaļais kurss.	11.12.2019. (Latvijā pamatdokuments pieņemts ar Ministru kabineta rīkojumu Nr. 489 "Rīcības plāns pārejai uz aprites ekonomiku 2020.–2027. gadam ES Zaļais kurss") [73].
Plāna izstrādes mērķis ir nodrošināt rīcībpolitikas ietvaru tādas darbības vides nodrošināšanā, kas veicinātu valsts pāreju uz aprites ekonomiku, vienlaikus sniedzot pienesumu Eiropas zaļā kursa īstenošanā un globālo ilgtspējīgas attīstības mērķu sasniegšanā. Kopš ES Zaļā kursa īstenošanas sākuma iesāktas vairākas iniciatīvas ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai, tostarp arī attiecībā uz transportu un transporta infrastruktūru (piemēram, TEN-T autoceļu tīklu ilgtspējas uzlabošanas politikas). Satiksmes ministrija (SM) ir noteikta kā viena no atbildīgajām ministrijām par plāna īstenošanu. SM kā atbildīgajai institūcijai ir uzdots atbalsta instrumentu izstrāde un pilnveidošana un finansējuma nodrošināšana inovācijām un pētniecībai jaunu materiālu, tehnoloģiju izstrādei un ieviešanai.		
3.	ES Klimatadaptācijas stratēģija.	24.02.2021. [74].
Visaptveroša stratēģija par pielāgošanos klimata pārmaiņu faktoru radītajai ietekmei uz ES ekosistēmām. Stratēģija norāda klimata pārmaiņu ietekmi, tostarp uz ceļu infrastruktūru un aicina dalībvalstis pielāgot ceļus klimata pārmaiņām.		

7.2.2. Nacionālie tiesību akti (likumi, MK noteikumi)

Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
Likumi		
1.	Klimatnoturības un ekonomiskās ilgtspējas likums [75]	12.12.2025.
Šī likuma mērķis ir veicināt valsts ekonomikas ilgtspēju, sekmējot konkurētspēju un valsts virzību uz klimata pārmaiņu ierobežošanu un klimatnoturību, lai līdz 2050. gadam sasniegtu klimatneitralitāti un nacionālos klimata mērķus saskaņā ar Eiropas Savienības un citām starptautiskajām saistībām, tostarp Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām (turpmāk — Klimata konvencija) un tās Parīzes nolīguma saistībām, ņemot vērā sociālos un vides aspektus. Šī likuma 20 pants apraksta klimatdrošināšanu kā procesu, kurā infrastruktūras investīciju projekta izstrādē tiek integrēti klimata pārmaiņu mazināšanas un pielāgošanās klimata pārmaiņām pasākumi, kuri ļauj pieņemt informētu lēmumu par projektu, kas saderīgs ar Parīzes nolīguma mērķi. Transporta jomā par šo principu ievērošanu SM ir piešķirta koordinējošā loma.		
2.	Likums Par autoceļiem, ar grozījumiem [76]	22.12.2020. (Pamatdokuments pieņemts 02.04.1992.).
Likums nodrošina juridisko pamatu Latvijas autoceļu tīkla pārvaldībai un attīstībai. Likuma 7. pantā noteikts, ka autoceļu valsts pārvaldi īsteno SM, kas to deleģē LVC. Likums nosaka skaidru un saprotamu ietvaru autoceļu būvniecībai, uzturēšanai, drošībai un vides aizsardzībai, lai veicinātu efektīvu, drošu un ilgtspējīgu autoceļu sistēmu valstī. Likums galvenokārt attiecas uz autoceļu infrastruktūras pārvaldību, un, lai gan likums nodrošina autoceļu negatīvās ietekmes mazināšanu uz vidi un ilgtspējīga transporta attīstību, nākotnē, izvērtējot arī klimata un vides izaicinājumus, iespējams, būtu vēlams likuma 11. pantā akcentēt būtiskāko klimata ietekmju izaicinājumu stratēģisko ievērtēšanu.		

Nr. p. k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
3.	Būvniecības likums, ar grozījumiem [77]	06.01.2026. (pamatdokuments pieņemts 01.10.2014.).
<p>Būvniecības likums ir izstrādāts, lai nodrošinātu drošu, kvalitatīvu un ilgtspējīgu būvniecības procesu Latvijā. Tas aptver visu būvniecības dzīves ciklu – no būvprojekta izstrādes un apstiprināšanas līdz objekta nodošanai ekspluatācijā. Likums paredz arī nepieciešamās vides aizsardzības un ilgtspējīgas attīstības prasības, kā arī uzraudzības un atbildības mehānismus, kas veicina normatīvo prasību ievērošanu būvniecības procesā.</p> <p>Būvniecības likuma 5. pants nosaka, ka MK izdod speciālos būvnoteikumus, tostarp, ceļiem un ielām, kas piekrit SM kompetencei izstrādāt detālus un precīzus saistošos noteikumus attiecībā uz ceļu nozari.</p>		
4.	Likums Par ietekmes uz vidi novērtējumu, ar grozījumiem [78]	07.12.2023 (pamatdokuments pieņemts 13.11.1998.).
<p>Likums nosaka vispārējos principus, kā tiek veikts ietekmes uz vidi novērtējums. Šis likums ir svarīgs instruments, lai novērtētu, kā dažādas cilvēka darbības (piemēram, būvniecība, rūpniecība, enerģētika, transporta infrastruktūra utt.) var ietekmēt vidi un cilvēku veselību. Tā galvenais mērķis ir nodrošināt, lai potenciāli kaitīgi projekti vai darbības tiktu rūpīgi izvērtēti pirms to īstenošanas, ņemot vērā iespējamo ietekmi uz dabu, ekosistēmām un cilvēkiem.</p> <p>Likuma 2. pielikumā ir noteiktas darbības, kurām ir nepieciešams sākotnējais izvērtējums. Attiecībā uz autoceļiem tās ir jaunu ceļu būvniecība, ja garums ≥ 1 km vai ja tas paredzēts īpaši aizsargājamā dabas teritorijā, robežojas ar īpaši aizsargājamo dabas teritoriju vai paredzēts 100 m attālumā no tās.</p> <p>Likuma 2. pielikumā norādīti objekti, kuriem ietekmes novērtējums ir nepieciešams:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jaunbūvējamas automaģistrāles un ātrsatiksmes autoceļi; • jaunbūvējami četru vai vairāku joslu ceļi vai esošie divu vai mazāk joslu ceļi, kas iztaisnoti un/vai – paplašināti par četru vai vairāku joslu ceļiem, ja šāda būvētā iztaisnotā un/vai paplašinātā autoceļa posms ir 10 km garš vai vēl garāks; • jaunbūvējami autoceļi, ja to garums ir 10 km punktu nevajag un vairāk, izņemot jaunbūvējamus autoceļus, kas nepieciešami tādu vēja elektrostaciju būvniecībai, kurām piemērojams Enerģētiskās drošības un neatkarības veicināšanai nepieciešamās atvieglotās energoapgādes būvju būvniecības kārtības likums. 		
MK noteikumi		
1.	MK rīkojums Nr. 476 "Par Valsts civilās aizsardzības plānu ar grozījumiem" [79].	18.01.2024.
<p>Valsts civilās aizsardzības plāns ir visaptverošs un integrēts plānošanas dokuments, kas nosaka darbības, resursus, atbildības un pasākumus, lai nodrošinātu sabiedrības drošību un mazinātu kaitējumu ārkārtas situācijās un katastrofās. Tā mērķis ir izveidot efektīvu un koordinētu reakcijas sistēmu, kas nodrošina ātru atbildi uz apdraudējumiem un palīdz cilvēkiem atgūties pēc katastrofām.</p> <p>Kā katastrofas pārvaldīšanas institūcija SM minēta vairākos tehnogēnu (antropogēnu) katastrofu gadījumos, bet jāņem vērā, ka attiecībā uz autoceļu infrastruktūras nodrošināšanu ir jābūt izstrādātiem rīcības plāniem dabas katastrofu gadījumiem, kuriem iestājoties jāsadarbjas ar deleģētajām attiecīgo dabas katastrofu pārvaldīšanas institūcijām:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zemestrīces, zemes nogrūvumi – ar Iekšlietu ministriju; • palī un plūdi, vējuzplūdi – ar VARAM; • lietusgāzes (ilgstošas lietavas, pērkona negaiss) un krusa, vētras (vēja brāzmas), krasas vēja brāzmas, viesuļi – ar VARAM; • stiprs sals, sniegs, putenis, apledoījums, slapja sniega nogulums, karstums, apledoījums – ar VARAM; • sausums, meža un kūdras purvu ugunsgrēki – ar Zemkopības ministriju. 		





Nr. p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
2.	MK rīkojums Nr. 573 "Aktualizētais Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.–2030. gadam" [80].	12.07.2024.
<p>Šis plāns ir viens no galvenajiem instrumentiem, kas nosaka Latvijas rīcību klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai un pielāgošanai. Tā ietvaros tiek analizētas galvenās jomas, kurās nepieciešama rīcība, lai samazinātu klimata pārmaiņu sekas un pielāgotos tām.</p> <p>Attiecībā uz autoceļiem un ielām šajā plānā ietverta mikromobilitātes infrastruktūras attīstīšana, piemēram, jaunu ārpuspilsētu un starppilsētu veloceļu plānošana. Veicot jaunu autoceļu būvniecību vai pārbūvi, obligāti ir jāveido gājēju infrastruktūra apdzīvotajās vietās vai pie tām un tur, kur tas ir tehniski realizējams un finansiāli lietderīgi, ir jāveido nodalīta veloinfrastruktūra. SM ir noteikta kā viena no atbildīgajām ministrijām plāna ieviešanā.</p>		
3.	MK noteikumi Nr. 675 "Siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas sistēmas, prognožu sistēmas un sistēmas ziņošanai par pielāgošanos klimata pārmaiņām izveidošanas un uzturēšanas kārtība".	28.10.2022.
<p>7. pielikumā definēti plānotie rādītāji ziņojumu sagatavošanai par pielāgošanos klimata pārmaiņām un klimata pārmaiņu monitoringa sistēmas aktualizēšanai, klimata pārmaiņu monitoringa rādītāji būvniecības un infrastruktūras plānošanas jomā ir sliktā un ļoti sliktā stāvoklī esošo melnā seguma, grants seguma autoceļu un tiltu īpatsvara samazinājums.</p>		
5.	MK rīkojums Nr. 380. "Par Latvijas pielāgošanās klimata pārmaiņām plānu laika posmam līdz 2030. gadam" [82].	17.07.2019.
<p>Klimata pārmaiņu radītie riski, kam Latvijā ir salīdzinoši ļoti augsta vai augsta īstenošanās varbūtība, un lielākās negatīvākās sekas ceļiem ir lietusgāžu plūdu radīto bojājumu pieaugums (kopā ar ceļu sasaluma perioda samazināšanos un nokrišņu pieaugumu šajā periodā).</p> <p>Pārējie identificēti riski – uzplūdu radīto bojājumu pieaugums ceļiem jūras piekrastē un upju grīvas pilsētās, asfalta kārtu paaugstināts plastiskums un citi ceļu seguma bojājumi – ir novērtēti ar mazākām ietekmes sekām.</p> <p>Kā klimata pārmaiņu iespējamais ieguvums ceļu infrastruktūrai minēts tas, ka augstāka gaisa temperatūra ziemā varētu samazināt ceļu apledojumu un sniega daudzumu, līdz ar to samazinot ceļu tīrīšanas un remonta izmaksas.</p> <p>Plānā SM noteiktās veicamās aktivitātes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izstrādāt vadlīnijas lietus ūdens noteces izmaiņu klimata pārmaiņu ietekmē integrēšanai ceļu būvniecības plānošanā un projektēšanā, kā arī jau esošo ceļu būvju pielāgošanai; • nodrošināt esošās transporta (autoceļu, dzelzceļa, lidostu, ostu) un elektronisko sakaru infrastruktūras pielāgošanu klimata pārmaiņām; • pārskatīt transporta (autoceļu, dzelzceļa, lidostu, ostu) un elektronisko sakaru infrastruktūras reglamentējošos normatīvos aktus atbilstoši klimata pārmaiņu prognozēm. <p>Vīsas aktivitātes ir jāveic esošā budžeta ietvaros (tās visas ir atzīmētas kā realizētas, bet pastāvīgi jāuztur un jāpilnveido). Pasākuma izpildes rādītājs ir šāds: "Pasākums ir ieviests un pastāvīgi īstenots". Plānā arī norādīts, ka nepieciešamais finansējuma apjoms plānā noteikto mērķu un tajā ietverto rīcību īstenošanai patlaban nav aprēķināms.</p> <p>Kā Latvijas klimata pārmaiņu indikatori ceļiem norādīti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sliktā un ļoti sliktā stāvoklī esošo melnā seguma, grants seguma un tiltu īpatsvara samazinājums; • dabas faktoru radītie zaudējumi ēkām un infrastruktūrai – izmaiņas pret iepriekšējo gadu rādītājam "pēdējo 5 gadu slīdošais vidējais" – stihiju komponente un dabas iemeslu komponente. 		





Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
6.	MK noteikumi Nr. 633 "Autoceļu un ielu būvnoteikumi" [83].	16.12.2025. (pamatdokuments pieņemts 25.10.2014.).
<p>Autoceļu un ielu būvnoteikumi nosaka prasības autoceļu un ielu būvniecībai, rekonstrukcijai un uzturēšanai Latvijā. Šie noteikumi regulē tādus aspektus kā projektēšanas, būvniecības, drošības, kvalitātes un vides aizsardzības prasības, kas jāievēro, būvējot vai atjaunojot ceļus un ielas. Autoceļu un ielu būvnoteikumi ietver arī pasākumus, kas saistīti ar vides aizsardzību un klimata pārmaiņu mazināšanu, lai ceļu infrastruktūra būtu ilgtspējīga un noturīga pret mainīgiem klimata apstākļiem. Lai gan būvnoteikumos netiek tieši pieminētas visas klimata pārmaiņas, noteikumi paredz pasākumus, kas veicina ceļu būvniecības un uzturēšanas vides un klimata ilgtspēju, piemēram, ar pielāgošanos klimata izmaiņām, trokšņu samazināšanu, zaļo infrastruktūru un energoefektivitāti.</p> <p>Ieteicams pārskatīt un, ja nepieciešams, pilnveidot noteikumu punktu "3.5.4. Vides aizsardzības nosacījumi" ar klimata neitralitāti atbalstošiem un veicinošiem nosacījumiem.</p>		

7.2.3. Stratēģijas, informatīvi ziņojumi, metodiskie ieteikumi

Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
Informatīvie ziņojumi		
1.	Valsts Kancelejas ziņojums "Latvijas modelis un metodes ANO ilgtspējīgas attīstības mērķu (IAM) īstenošanai" [84].	19.06.2024.
<p>Ziņojums nav juridiski saistošs, bet tas paredz konkrētus soļus un darbības, kas jāveic dažādām valsts iestādēm un organizācijām, lai sasniegtu IAM mērķus. Katras ministrijas uzdevums ir integrēt ilgtspējīgas attīstības mērķus savos darbības plānos, veidot konkrētas politikas un īstenot pasākumus, kas veicina šo mērķu sasniegšanu.</p>		
2.	Jaunā Eiropas "Bauhaus" rīcībpolitikas ekosistēma [85].	15.09.2021.
<p>Jaunais Eiropas "Bauhaus" (JEB) atspoguļo ES ieceri likt pamatus tādai dzīves telpai, produktiem un dzīvesveidam, kas ir gan pievilcīgs, gan ilgtspējīgs, gan iekļaujošs. Tas veicina jaunu dzīvesveidu, kur ilgtspējai un stilam ir vienāds svars, tādējādi paātrinot zaļo pārkārtošanos dažādos mūsu ekonomikas sektoros (piemēram, būvniecībā, mēbeļu ražošanā, modes industrijā), mūsu sabiedrībā un citās mūsu ikdienas dzīves jomās. JEB ir cerību un perspektīvu projekts. JEB nenosaka konkrētus juridiskus pienākumus vai saistošus tiesību aktus Eiropas Savienības dalībvalstīm, tāpat kā citi iniciatīvu veidi, kas nav tiesību akti. Tā ir vairāk iedvesmojoša, norādoša un veicinoša stratēģija, kas paredz atbalstu un rosinājumu rīcībai. Komisija sadarbībā ar Eiropas Parlamentu un citām ES iestādēm, kā arī dalībvalstīm vēlas izveidot Jaunā Eiropas "Bauhaus" veicinošu satvaru, kas būtu integrēts IAM un citās attiecīgās ES rīcībpolitikās un iniciatīvās.</p>		
Metodiskie ieteikumi		
3.	Metodiskie ieteikumi "ANO ilgtspējīgas attīstības mērķu ieviešana pašvaldībās" [86].	09.2023.
<p>Ieteikumos ir noteikti galvenie attīstības virzieni, kas palīdz pašvaldībām integrēt ANO IAM vietējā līmenī. Šie ieteikumi ir orientēti uz ANO 2030. gada ilgtspējīgas attīstības darba kārtībā iekļautajiem mērķiem, kas jāīsteno reģionāli un lokāli. Ieteikumos minēts, ka transporta infrastruktūrai jābūt daļai no ilgtspējīgas attīstības pieejas, kas ir ekonomiski izdevīga, vides ziņā draudzīga un sociāli pieejama, vienlaikus veicinot sabiedrības labklājību un mobilitāti.</p>		



Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
4.	Metodiskie ieteikumi pašvaldībām klimata pārmaiņu politikas jomā	09.2022.
<p>Ieteikumos definētas vadlīnijas un doti ieteikumi, kā īstenot klimata politiku vietējā līmenī, veicinot ilgtspējīgu attīstību un samazinot klimata pārmaiņu radītās negatīvās sekas. Ņemot vērā to, ka transporta sektors ir viens no galvenajiem siltumnīcefekta gāzu emisiju avotiem, pašvaldībām tiek ieteikts īstenot vairākus pasākumus, kas palīdz samazināt transporta sektora ietekmi uz klimatu, piemēram:</p> <ul style="list-style-type: none"> • iepilnnot velosceļus un alternatīvo transportlīdzekļu uzlādes infrastruktūru; • veicināt mikromobilitātes infrastruktūras (ceļiņu un novietņu) attīstību; • ņemt vērā lietus ūdens noteces izmaiņas klimata pārmaiņu ietekmē būvniecības plānošanā un projektēšanā, kā arī jau esošo ceļu būvju pielāgošanā; • energoefektīvu, viedu apgaismes sistēmu, inovatīvu neemisiju apgaismes risinājumu ieviešana; • pašvaldībām, kuru administratīvās teritorijas robežojas ar jūru, izstrādāt uzplūdu prognozes; • atjaunot un pielāgot meliorācijas sistēmas, t.sk., lietus ūdens kanalizāciju apdzīvotās vietās; • u.c. <p>Kā klimata pārmaiņu mazināšanas būtiskākais rādītājs ir norādīts SEG emisiju daudzums.</p>		
Stratēģijas		
5.	ES Klimatadaptācijas stratēģija [88].	24.02.2021.
<p>ES Klimatadaptācijas stratēģija nosaka pasākumus, kā dalībvalstīm un citām iesaistītajām pusēm jārikojas, lai pielāgotos klimata pārmaiņām, mazinātu to negatīvās sekas un stiprinātu noturību pret klimata riskiem. Šī stratēģija neuzliek tiešus juridiskus pienākumus, taču tā iezīmē konkrētus uzdevumus un atbildības, kas jāveic dažādām iesaistītajām pusēm – ES dalībvalstīm, reģioniem, pašvaldībām, uzņēmumiem un sabiedrībai kopumā. Stratēģijā tiek uzsvērta arī nepieciešamība ieguldīt zinātniskajā pētniecībā un inovācijās, lai izstrādātu efektīvus adaptācijas risinājumus, kas palīdz mazināt klimata pārmaiņu sekas dažādās nozarēs.</p>		
6.	Par valsts autoceļu attīstību no 2020. līdz 2040. gadam [89].	09.26.2021.
<p>Izstrādātā stratēģija ir balstīta visaptverošā pieejā, ņemot vērā gan pašreizējās problēmas, gan nākotnes izaicinājumus, lai nodrošinātu to, ka Latvijas autoceļu sistēma attīstās saskaņā ar valstī esošajām vajadzībām un starptautiskajām prasībām. Tas ir Latvijas valdības izstrādāts ilgtermiņa plāns, kurā ir noteiktas prioritātes un attīstības virzieni valsts autoceļu infrastruktūras uzlabošanai un modernizācijai tuvāko 20 gadu laikā. Šī stratēģija ir svarīga, lai nodrošinātu ilgtspējīgu, efektīvu un drošu autoceļu sistēmu, kas atbilst mūsdienu satiksmes, transporta un ekonomikas prasībām. Definētie galvenie stratēģijas mērķi ir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • attīstīt ceļu infrastruktūru, uzlabojot un modernizējot esošos valsts autoceļus, kā arī būvējot jaunus ceļus, ņemot vērā ekonomiskās, sociālās un vides vajadzības; • uzlabot ceļu drošību, samazinot negadījumu skaitu un smagu ievainojumu skaitu; • uzlabot transporta efektivitāti, nodrošinot ātrākus, lētākus un ērtākus transporta pārvadājumus, kas līdz ar to sekmēs Latvijas konkurētspēju starptautiskajā tirgū; • nodrošināt vides ilgtspēju, veicot pasākumus, lai samazinātu transporta radīto negatīvo ietekmi uz vidi, piemēram, samazinot emisijas un veicinot zaļās tehnoloģijas (elektriskie transportlīdzekļi, alternatīvās degvielas u.c.); • veicināt reģionālo attīstību, nodrošinot labāku Latvijas reģionu savienojamību, līdz ar to sekmējot vienmērīgāku visas valsts teritorijas attīstību; • nodrošināt eiroatlantisko integrāciju, turpinot attīstīt ceļu tīklu saskaņā ar Eiropas Savienības prasībām un standartiem, kā arī integrēt Latvijas transporta infrastruktūru plašākā Eiropas transporta tīklā. <p>Lai sasniegtu noteiktos mērķus, paredzēta ceļu kvalitātes uzlabošana, koncentrējoties uz valsts galvenajiem ceļiem, kuros ir liela satiksmes intensitāte un kas ir svarīgi gan vietējam, gan starptautiskajam pārvadājumu sistēmai. Paredzēts, ka jāuzlabo transporta drošība, realizējot pasākumus ceļu infrastruktūras drošības uzlabošanai, piemēram, veicot ceļu pārbūvi, uzlabojot krustojumus, uzstādot ceļu apgaismojumu, kā arī realizējot citas iniciatīvas. Jāattīsta inteligentās transporta sistēmas (ITS), kas var palīdzēt uzlabot satiksmes plūsmas un samazināt negadījumu riskus. Jāveicina transporta izmantošana ar mazāk emisijām, atbalstot alternatīvo degvielu un elektromobiļu infrastruktūras attīstību.</p>		





Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
7.	Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam	28.01.2020.
<p>Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam ir vērsta uz radikālu emisiju samazināšanu, pāreju uz atjaunojamām enerģijām, energoefektivitāti un zaļajām tehnoloģijām. Tā ir būtiska daļa no Latvijas ilgtermiņa ilgtspējīgas attīstības un klimata politikas, kas balstās globālajās saistībās un Eiropas Savienības mērķos. Stratēģijas īstenošana ļaus Latvijai kļūt par līderi zaļās transformācijas jomā, vienlaikus veicinot ilgtspējīgu ekonomiku un labklājību. Rūpniecisko procesu un produktu izmantošanas sektorā iekļautas un tiek uzskaitītas ceļu asfaltēšanas procesā radītās emisijas.</p> <p>Minēts, ka lielākā daļa no transporta sektora SEG emisijām 2017. gadā ir autoceļa transporta radītas (93,88 %), savukārt autotransporta apakšsektorā lielākais emisiju radītājs transportlīdzekļu grupās ir pasažieru automašīnas, kam seko kravas transportlīdzekļi un autobusi. SEG emisiju samazināšanā akcents likts uz esošā autoparka potenciālām izmaiņām.</p> <p>Stratēģija paredz, ka ceļu infrastruktūrai jāatbilst jaunākajām transporta tendencēm, ieviešot intelektiskās transporta sistēmas, kā arī ceļu tīkla attīstība jāplāno ilgtspējīgi, ņemot vērā transporta attīstības tendences, tostarp, ievērojot mazāk aizsargāto ceļu satiksmes dalībnieku drošību un mazinot ceļu būves ietekmi uz vidi un klimatu.</p>		
8.	Ministru kabineta rīkojums Nr. 710. "Transporta attīstības pamatnostādnes 2021.–2027. gadam" [91].	21.10.2021.
<p>Transporta attīstības pamatnostādnes vērstas uz transporta sektora attīstību, kas ļaus uzlabot efektivitāti, ilgtspējību, drošību un pieejamību visiem sabiedrības locekļiem, kā arī sekmēs tehnoloģisko jauninājumu ieviešanu transporta sistēmā. Ir definētas konkrētās realizējamās politikas, kā arī konkrēti rezultatīvie rādītāji un sasniedzamās mērķa vērtības.</p> <p>SM un LVC atbildības sfērā ceļu jomā deleģēti šādi galvenie, bet ne tikai, pienākumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pārbūvēt valsts reģionālos autoceļus, stiprināt virsmas nestspēju, vienlaikus īstenojot ceļu satiksmes drošības uzlabošanu; • pārbūvēt un atjaunot valsts reģionālās un vietējās nozīmes autoceļus administratīvi teritoriālās reformas īstenošanai; • pilsētu infrastruktūras sasaiste ar TEN-T tīklu; • izveidot un uzturēt transporta nozares informācijas nacionālo (valsts) piekļuves punktu; • nodrošināt statistiskus un dinamiskus maršrutu un 31.12.2027. SM, LVC, ATD satiksmes datus; • izbūvēt apvienoto dzelzceļa un autoceļa tiltu pār Daugavu Salaspils un Ķekavas novados; • nodrošināt valsts galveno autoceļu TEN-T tīkla pārbūvi, virsmas nestspējas stiprināšanu, vienlaikus īstenojot ceļu satiksmes drošības uzlabošanu; • realizēt Ķekavas apvedceļa PPP projektu; • veicināt kravas transportlīdzekļu drošai novietošanai paredzētu stāvlaukumu ierīkošanu; • izstrādāt informatīvo ziņojumu par valsts mikromobilitātes infrastruktūras attīstību; • īstenot infrastruktūras projektus velosipēdistu un gājēju ceļu, satiksmes mierināšanas pasākumu un sabiedriskā transporta infrastruktūras attīstībai; • izstrādāt un īstenot rīcības plānus trokšņa samazināšanai valsts nozīmīgāko transporta infrastruktūras objektu tuvumā; • piedalīties un organizēt nozares popularizēšanas pasākumus darbaspēka un izglītojamo piesaistei (ēnu dienas, karjeras dienas, atvērto durvju dienas). 		
9.	Saeimas paziņojums "Par Latvijas Nacionālo attīstības plānu 2021.-2027. gadam (NAP2027)" [92].	02.07.2020.
<p>NAP2027 ir Latvijas valsts ilgtermiņa attīstības plāns, kas nosaka stratēģiskos mērķus un prioritātes nākamajiem septiņiem gadiem, nodrošinot valsts ekonomikas, vides, sabiedrības un citu nozaru, t. sk. transporta infrastruktūras, attīstību.</p> <p>Prioritāte "Kvalitatīva dzīves vide un teritoriju attīstība" iekļauj transporta infrastruktūras attīstības pamatnostādnes. Paredzēts turpināt ceļu infrastruktūras modernizāciju, lai nodrošinātu augstu kvalitāti un drošību uz valsts un pašvaldību ceļiem, t. sk. mazāk attīstītajās un attālākajās teritorijās, kā arī uzlabojot ceļu tīkla savienojamību.</p>		





Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošā versija (2024. gada nogalē)
10.	Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija	13.02.2026. (pamatdokuments publicēts 01.03.2023.)
<p>Stratēģija paredz nodrošināt ilgtspējīgu ekonomiku, sociālo labklājību un vides aizsardzību, ievērojot klimata un vides izaicinājumus, kā arī veicinot ekonomisko izaugsmi, sociālo iekļaušanu un dzīves kvalitātes uzlabošanu visiem Latvijas iedzīvotājiem. Galvenie stratēģiskie mērķi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • veicināt ekonomikas izaugsmi, kā arī pāreju uz Zaļo ekonomiku; • veicināt sociālo iekļaušanu, vienlīdzību, dzīves kvalitātes uzlabošanu, sociālo aizsardzību, izglītības pieejamību, sabiedrības veselību, kā arī mazināt sociālo nevienlīdzību un veicināt reģionālo attīstību; • efektīvi izmantot resursus, saglabāt bioloģisko daudzveidību, aizsargāt vidi, veicināt ilgtspējīgu lauksaimniecību, meža resursu pārvaldību un atjaunojamās enerģijas izmantošanu. <p>Kā īstenošanas instrumenti minēta arī zinātnes un inovāciju attīstība, kā arī ilgtspējīga teritoriju un infrastruktūras attīstība, t. sk. stiprinot arī ceļu un tiltu infrastruktūru.</p>		

7.2.4. Standarti, specifikācijas un citi nozares dokumenti

Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošās versijas
Standarti		
1.	Pielāgošanās klimata pārmaiņām. Principi, prasības un vadlīnijas (ISO 14090:2019) [94].	Spēkā no 10.10.2019.
<p>Latvijā nav obligāts, jo nav tieši iekļauts likumdošanas aktos. Sniedz vadlīnijas klimata pārmaiņu pielāgošanas plānošanai un īstenošanai. Ietver principus un procedūras, kas nepieciešamas, lai varētu izstrādāt stratēģijas un pasākumus, kas palīdz pielāgoties klimata pārmaiņu ietekmei.</p>		
2.	Pielāgošanās klimata pārmaiņām. Neaizsargātības, ietekmes un riska novērtēšanas vadlīnijas (ISO 14091:2021) [95].	Spēkā no 03.06.2021.
<p>Latvijā nav obligāts, jo nav tieši iekļauts likumdošanas aktos. Detalizēti apraksta, kā veikt klimata riska novērtējumu un pielāgošanās stratēģijas izstrādi. Piedāvā metodoloģijas un pieejas klimata ietekmes novērtēšanai un riska analīzei, kas palīdz noteikt prioritātes un pasākumus.</p>		
LVC tehniskie dokumenti uz 07.03.2026.		
1.	LVC specifikācijas [96].	https://lvceli.lv/celu-tikls/tehniskie-noteikumi-metodiskie-noradijumi/specifikacijas/
<p>Autoceļu un tiltu būvdarbu specifikācijas ir detalizēti un tehniski precīzi dokumenti, kas nosaka prasības un tehniskos risinājumus, kas jāievēro autoceļu un tiltu būvniecības laikā un garantijas periodā, aptverot visu būvniecības procesu, sākot no materiālu izvēles līdz darbu izpildei un kvalitātes kontrolei, un var uzskatīt, ka ietver arī vides un klimata pārmaiņu apsvērumus. Iespēju robežās specifikācijas nodrošina ilgtspējību, drošību un kvalitāti, lai nodrošinātu ceļu un tiltu infrastruktūras ilgmūžību un mazinātu negatīvo ietekmi uz vidi.</p> <p>Nākotnē, apmēram 10–20 gadu periodā, iespējams, jāpārskata prasības asfalta maisījumu un virsmas apstrādes projektēšanai, piemēram, riteņa slīdes testēšanas vērtības, izmantojamās bitumena saistvielas, kā arī prasības zemes klātnes noturības paaugstināšanai, nogāžu nostiprinājumiem, ģeosintētisko materiālu lietojumam.</p>		



Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošās versijas
2.	<p>LVC Vadlīnijas [97]:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vadlīnijas būvuzraudzības plāna, pārskata par būvuzraudzības plāna izpildi sagatavošanai valsts autoceļu būvniecībā -Vadlīnijas BIS būvdarbu žurnāla aizpildīšanai darbiem autoceļu tīklā -Vadlīnijas virsmas defektu novēršanas darbu veikšanas programmas izstrādei - docx Vadlīnijas autobusu pieturvietu aprīkojumam un tā parametriem valsts autoceļu tīklā - pdf Autoceļu un ielu segumu atjaunošanas vadlīnijas - docx Vadlīnijas izmaiņu veikšanas kārtībai valsts autoceļu būvprojektos https://lvceli.lv/celu-tikls/tehniskie-noteikumi-metodiskie-noradijumi/vadlinijas-buvobjekta-izpilddokumentacijas-sistematisesanai/ 	<p>https://lvceli.lv/celu-tikls/tehniskie-noteikumi-metodiskie-noradijumi/vadlinijas-buvobjekta-izpilddokumentacijas-sistematisesanai/</p>
Vadlīnijas jāaktualizē atbilstoši aktuālajām izmaiņām specifikācijās.		
3.	<p>LVC rokasgrāmatas [98]:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ģeosintētisko materiālu un tiem radniecīgo izstrādājumu lietošana autoceļu konstrukcijās; – Ceļa zemes klātnes nestspējas nodrošināšanas risinājumi; Satiksmes intensitātes uzskaites sistēma; – Ceļu segumu virsmas apstrāde; – Grunšu stabilizācija ar hidrauliskajām saistvielām; – Ceļa segas pamatu pastiprināšana ar cementu; – Tilta klāja hidroizolācija un segums 2017 (projektēšanas un būvniecības vadlīnijas); – Eksploatācijā esošu tiltu nestspējas novērtēšana SLODZES MODELIS LM3; – Tiltu inspekcijas rokasgrāmata. 	<p>https://lvceli.lv/celu-tikls/tehniskie-noteikumi-metodiskie-noradijumi/rokasgramatas/</p>
Rokasgrāmatas jāaktualizē atbilstoši aktuālajām izmaiņām specifikācijās vai arī jaunāko pētījumu atziņām.		





Nr.p.k.	Normatīvais dokuments	Spēkā esošās versijas
4.	LVC ceļu projektēšanas dokumentācija [99]: - Darba apjomu saraksti tekošajam gadam; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Vienlīmeņa ceļu mezgli; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Normālprofili; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Autoceļu un tiltu būvprojektu saturs un noformēšana; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Ceļa sega 2020. Izvērstā versija; - Ceļa sega pielikums. Pastiprināšana; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Ceļa sega 2015; - Ieteikumi automaģistrāļu un ātrgaitas ceļu projektēšanai; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Ceļu apgaismojums; - Ieteikumi ceļu projektēšanai. Tuneļu apgaismojums; - Projektēšanas un būvniecības vadlīnijas Ūdens novade, 2018; - Ceļu apgaismojums AI labojumi, 2018; - Maināmās informācijas ceļa zīmes; - Nestingās ceļa segas aprēķina sistēma	https://lvceli.lv/celu-tikls/tehniskie-noteikumi-metodiskie-noradījumi/normativie-akti/
<p>Ceļa segas aprēķinā, tuvākajā laikā veikt šādus papildinājumus un uzlabojumus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jāizstrādā sadaļa attiecībā uz zemes klātnes gruntīm, to īpašībām, konstruktīvajiem risinājumiem, to korektu iekļaušanu aprēķinā; • jāprecizē ar saistvielām saistītu pamata kārtu sadaļa atbilstoši aktuālajai specifikāciju redakcijai, kā arī turpmāk jāseko, lai tās tiktu salāgotas vēlāku izmaiņu gadījumos; • jāprecizē asfalta kārtu sadaļa atbilstoši aktuālajai specifikāciju redakcijai, kā arī turpmāk jāseko, lai tās tiktu salāgotas vēlāku izmaiņu gadījumos; • jāpapildina ar bruģa segumiem; • jāpapildina ar ģeosintētisko materiālu vai sistēmu iekļaušanu aprēķinā. <p>Vadlīnijas "Ūdens novade" tuvāko 5–10 gadu laikā jāpārskata, ja nepieciešams, jāprecizē aprēķinu metodika ūdens novades aprēķināšanai, izvērtējot intensīvu nokrišņu pieauguma prognozes. Ieteikumos ceļu projektēšanai "Normālprofili" tuvāko 5–10 gadu laikā ieteicams pārskatīt šādus punktus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • paredzēt ar saistvielām vai citādi nostiprināt nomaļas, vismaz vairāk noslogotos ceļos; • 5.2.7. "Apmāles un teknes" iekļaut arī teknes, kā arī izstrādāt to lietošanas noteikumus. 		

7.3. Ieteikumi normatīvo aktu, standartu, specifikāciju un citu nozares dokumentu pilnveidošanai

Lai efektīvi risinātu klimata pārmaiņu izaicinājumus, ir jānodrošina, lai normatīvie dokumenti, standarti, specifikācijas un citi nozares saistošie dokumenti atbilstu mūsdienu (aktuālajām) prasībām un būtu efektīvi.

1. Projektu novērtēšanā jāiekļauj klimata risku, tādu kā plūdi, intensīvi nokrišņi, karstuma viļņi, temperatūru svārstības ap 0 °C, vētras, jūras krasta erozija u. tml., izvērtējums, piemēram:
 - a) lai arī tuvākajam periodam varētu arī nebūt nepieciešamas kādas izmaiņas saistībā ar prognozēto klimata pārmaiņu ietekmi, 5–10 gadu periodā jāpārskata ūdens novades apjomu aprēķināšanas metodika,

- b) tuvākajā laikā atbilstoši iepriekš minētajam jāpilnveido ceļa segas aprēķina sistēma;
- c) papildoties paredzētajām prognozēm, citas 20 gadu periodā ieteicamās izvērtējamās izmaiņu jomas:
 - I kritēriji un prasības asfalta maisījumu īpašībām;
 - II kritēriji un prasības prasības nogāžu nostiprinājumiem;
 - III kritēriji un prasības prasības ūdens atvades risinājumiem;
 - IV kritēriji un prasības prasības lielizmēra ceļa zīmju noturībai.
- 2. LVC izstrādātās rokasgrāmatas un vadlīnijas jāaktualizē atbilstoši aktuālajām izmaiņām specifikācijās vai arī jaunāko pētījumu atziņām.
- 3. Ieteicams izstrādāt un regulāri aktualizēt pielāgošanās plānu klimata pārmaiņu ietekmēm.
- 4. Jāpaplašina un jāpilnveido nepieciešamo klimatisko datu ieguve un apstrāde (piemēram, ceļu meteoroloģisko staciju dati, aktīvu pārvaldības sistēmas dati), nodrošinot kvalitatīvu klimata datu monitoringu. Jāizskata iespējas izstrādāt metodiku, kas balstīta iegūtajos datos, klimata pārmaiņu prognozēšanā reģionos vai kādos konkrētos nozares vai ietekmes aspektos.
- 5. Nepieciešams pārskatīt un pilnveidot procedūras, kas vērstas uz autoceļu konstrukcijām nodarīto bojājumu nekavējošu novēršanu, kā arī jāpilnveido procedūras sabiedrības savlaicīgai informēšanai par nodarītajiem bojājumiem autoceļu konstrukcijām, nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanu, veicamo uzturēšanas vai atjaunošanas darbu nepieciešamību un raksturu, iespējams, integrējot šādu iespēju lietotnē "112 Latvija" vai navigācijas sistēmās vai izstrādājot atsevišķu mobilo aplikāciju.
- 6. Ceļu un tiltu inženieru apmācību programmā ieviest apmācību kursus "Klimata pārmaiņu ietekme uz autoceļu un tiltu infrastruktūras ilgtspēju", "Autoceļu un tiltu infrastruktūras ietekmes uz vidi novērtējums" un "Autoceļu un tiltu infrastruktūras dzīves cikla analīze", lai veicinātu izpratni un gatavību izvērtēt un risināt ar klimata ietekmēm saistītus izaicinājumus.

7. Atbalstīt uzņēmumus, kas veic ieguldījumu klimata ilgtspējīgās tehnoloģijās un produktos, paredzot bonusus (aprēķinos pamatotus) šādiem uzņēmumiem LVC organizētajos iepirkumos, piemēram:
 - a) būvdarbu līgumu iepirkumos nelimitēt lietojamos tehnoloģiskos risinājumus, attiecīgi vērtējot piedāvāto risinājumu SEG, bet, lai nodrošinātu objektivitāti, ne tikai konkrētā būvniecības projekta ietvaros, bet vērtējot SEG ceļa pilnam dzīves ciklam;
 - b) autoceļu uzturēšanas iepirkumos, veicinot un atbalstot zaļāku tehnoloģiju un materiālu lietošanu, piemēram, realizējot pretslīdes pasākumus, zemākas intensitātes ceļu posmos nelietot hlorīdus, bet šķautņainas sīkšķembas vai tamlīdzīgi.

7.4. Ieteikumi infrastruktūras adaptācijai

Plānojot un ieviešot ar klimata pārmaiņām saistītus pielāgošanās pasākumus, jāizvērtē arī ar šo pasākumu izmaksas, salāgojot tās ar aktuāliem nepieciešamiem uzlabojumiem autoceļu nozares kopējai attīstībai (7.4. – 1. tab.).

Kā norādīts 7.2. nodaļā, kopumā Latvijā ir izstrādāti gan normatīvie dokumenti, gan stratēģijas, kas ir saistītas ar negatīvo klimata pārmaiņu mazināšanu, un tiek turpināta darbība, lai nodrošinātu šo stratēģiju īstenošanu un sasniegtu mērķus, kas noteikti Eiropas Savienības un starptautiskajā līmenī. Tomēr specifiska un pilnīga stratēģija, kas tieši attiecas uz tiltu un autoceļu tīkla pielāgošanu klimata pārmaiņām, līdz šim atsevišķi nav bijusi pilnībā izstrādāta. Klimata ietekme tiek izvērtēta transporta infrastruktūras attīstības plānos un ir ņemta vērā tiltu un autoceļu būvniecības normatīvos, tādējādi pielāgojot tiltu un ceļu infrastruktūru esošiem klimatiskajiem apstākļiem. Vienlaikus šobrīd pietiekamā detalizācijas pakāpē netiek veikts klimata pārmaiņas veicinošu klimata faktoru vispusīgs un savstarpēji saskaņots valsts mēroga monitorings. Līdz ar to ir apgrūtināts klimata pārmaiņu ietekmes uz ceļu un tiltu infrastruktūru izmaksu aprēķins.

Klimata pārmaiņu riskam primāri pakļautie aktīvi ir:

- ceļa zemes klātne un ūdens atvades sistēmas, kas tiek bojātas intensīva lietus vai plūdu iedarbībā.

Klimata pārmaiņu riskam sekundāri pakļautie aktīvi:

- asfalta segumi un virsmas apstrāde, kas tiek bojāta karstuma viļņu vai pārmērīga mitruma iedarbībā;
- asfalta segumi un ceļu virsmas apstrāde, kas tiek bojāta temperatūras svārstību ap 0 °C ietekmē;
- ceļazīmes un aprīkojums, kas tiek bojāts stipra vēja vai vētru iedarbībā.

Klimata pārmaiņu riskam potenciāli vismazāk pakļautie aktīvi:

- ceļu posmi un būves, īpaši jūras krasta, kā arī upju grīvas applūstošajās teritorijās un krasta intensīvas erozijas zonās.

7.4. – 1. tabulā sniegti ieteikumi par Latvijas tiltu un ceļu infrastruktūras pielāgošanos klimata pārmaiņām.

7.4. – 1. tabula.

Ieteikumi par Latvijas tiltu un ceļu infrastruktūras pielāgošanos klimata pārmaiņām

Rādītājs	Ieteikumi ieviešamajiem pasākumiem
Normatīvie dokumenti. Valsts stratēģija	Plānu īstenošana saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības stratēģiju un Latviju kā globālās ekosistēmas neatņemamu sastāvdaļu.
Klimata pārmaiņu riski	<p>Jāprognozē un jānovērtē klimata riski, veicot klimata risku analīzi un scenāriju izstrādi, kā arī pilnveidojot ceļu apstākļu un stāvokļa monitoringa sistēmu.</p> <p>Autoceļu infrastruktūra pakāpeniski jāpielāgo klimata pārmaiņām, piemēram, plūdu riskiem, krastu erozijai, karstuma viļņiem, intensīvām lietusgāzēm, temperatūras svārstībām ap 0 °C.</p> <p>Jāpilnveido monitoringa tehnoloģijas, ieviešot, piemēram, ceļa konstrukcijas temperatūras un mitruma režīma uzraudzību, izveidojot datu apstrādes un analīzes programmas, apvienojot gan meteostaciju, gan ceļu tehniskā stāvokļa monitoringa datus, lai tos izmantotu prognozēm un pilnveidojumu plānošanai.</p> <p>Ieteicams izskatīt iespējas lietot, piemēram, dronus, lai monitorētu ceļu stāvokli un identificētu potenciālās problēmas pirms tās kļūst kritiskas, piemēram, plūdi vai ceļa konstrukcijas deformācijas vai sabrukums.</p> <p>Pakāpeniski jāizskauž apkārtējās vides piesārņošana, ko izraisa ceļu segumu un nomaļu putēšana, būvējot segumus un nomaļus, kuru segums nerada putēšanu, kā arī maksimāli paplašinot esošo grants segumu atpūteklīšanu.</p> <p>Jāievieš nozares darbinieku regulāras apmācības par klimata riskiem un to ietekmi uz autoceļiem, lai veicinātu atbildīgu lēmumu pieņemšanu.</p> <p>Jāveido pastāvīga sadarbība ar zinātniekiem un pētniekiem, lai izmantotu jaunāko pētījumu datus klimata ietekmes uz autoceļiem novērtēšanā un pielāgošanās pasākumu izstrādē, kā arī izstrādātu jaunas pieejas un metodoloģijas klimata ietekmes novērtēšanai autoceļiem.</p> <p>Jānostiprina sadarbība ar pašvaldībām un citām nozarēm klimata ietekmes pielāgošanās plānu izstrādē, lai nodrošinātu šo plānu reālu atbilstību konkrētajiem vietējiem apstākļiem un klimata riskiem.</p> <p>Jāparedz finanšu resursus ilgtspējīgiem, klimatam pielāgotiem ceļu būvniecības un uzturēšanas projektiem, lai, neskatoties uz klimata izaicinājumiem, nodrošinātu pēc iespējas kvalitatīvāku ceļu infrastruktūru nākotnē.</p> <p>Jāapgūst ES līdzfinansējumus un citas programmas, kas veicina klimata pārmaiņu ietekmes negatīvu mazināšanu un optimālu pielāgošanos.</p> <p>Jāievieš klimata risku izvērtēšana un pielāgošanās stratēģijas ceļu būvniecības un uzturēšanas plānos, lai nodrošinātu autoceļu ilgtermiņa noturību pret klimata pārmaiņām.</p>





Rādītājs	Ieteikumi ieviešamajiem pasākumiem
<p>Informācijas un datu apkopošanas rīki ceļu/tiltu/vispārēji/meteoroloģiskie u. tml.</p>	<p>Jāmonitorē aktuālās klimatiskās ietekmes un prognozes, kā arī jāizstrādā algoritmi rīcībai stihiju iestāšanās gadījumiem un to radīto seku novēršanai. 5–20 gadu laikā ieteicams pārskatīt prasības asfalta maisījumu projektēšanai, kā arī pielietošanai atkarībā no reģiona.</p> <p>Ieteicams pārskatīt prasības virsmas apstrādei un tās pielietošanas nosacījumiem. Piemēram, riteņa slīdes testa vērtības, bitumena saistvielu pielietošana.</p> <p>Jāpilnveido prasības nesaistītiem minerālmateriāliem, kuri tiek lietoti ceļa segas konstruktīvajās kārtās, lai pēc iespējas samazinātu vāju ieslēgumu saturu, kas strauji sabirzt sasalšanas un atkuššanas ciklu iedarbībā vai būvniecības, piemēram, sablīvēšanas procesā. Patlaban šādi pilnveidojumi tiek veikti, un tie ir jāturpina.</p> <p>Jāpaaugstina projektējamo ceļa konstrukciju kopējā noturība, piemēram, ieviešot zemes klātnes grunts uzlabošanu vai pastiprināšanu ar hidrauliskajām saistvielām vai paredzot citas metodes.</p> <p>Jāizstrādā klimata apdraudējumu novēršanai nepieciešamo investīciju plāns:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ceļa un infrastruktūras bojājumu novēršanai; • ilgtermiņa ieguldījumos ceļa aktīvos. <p>Tuvāko 5–10 gadu laikā jāpārskata ūdens novades projektēšanas nosacījumi, palielinot ūdens novades sistēmu caurlaidību, kā arī autoceļa nogāžu un grāvju nostiprinājumus, lai paaugstinātu to noturību intensīvu lietus ūdeņu novadīšanai.</p> <p>Jāuzlabo ūdens novadsistēmu uzturēšanas funkcionālā stāvokļa kvalitāte.</p> <p>Jāapzina krasta erozijas un applūšanas riskam pakļautie ceļu posmi un platības, jāidentificē to prioritāte, tuvāko 20–40 gadu laikā attiecīgi jāplāno nepieciešamās investīcijas.</p> <p>5–20 gadu laikā jāizvērtē un jāpārskata ceļazīmju, īpaši lielizmēra, stiprinājumu konstrukcijas vai uzstādīšanas risinājumus, lai mazinātu stipra vēja negatīvo ietekmi.</p>
<p>Klimata pārmaiņu ietekmes izmaksu aprēķini</p>	<p>Ieteikumi klimata pārmaiņu ietekmes izmaksu aprēķināšanai:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. jānovērtē klimata riski, kas var ietekmēt ceļu infrastruktūru, piemēram: <ul style="list-style-type: none"> • ekstremāli laika apstākļi (ilgstošas lietusgāzes, plūdi, sausums, vētras, augsta temperatūra); • temperatūras svārstības (sasalšanas un atkuššanas cikli ziemā); • laikapstākļu mainīgums (palielināts plūdu biežums vai stiprums u. tml.). 2. periodiski, ik 5–10 gados, jāaktualizē klimata scenāriji, lai regulāri aktualizētu prognozes, kā dažādi klimata pārmaiņu faktori ietekmē ceļu infrastruktūru nākotnē; 3. jāizvērtē klimata risku iespējamā ietekme uz ceļu infrastruktūru: <ul style="list-style-type: none"> • ceļu bojājumu analīze – statistikas datu apkopošana un analīze; • izmaksas bojājumu novēršanai vai ceļu stāvokļa pasliktināšanās apmērs; • ieguldījumi, piemēram, saistībā ar plūdu riskiem vai paaugstinātu ilgstošu lietusgāžu intensitāti; • ilgtermiņa izmaksas, piemēram, kā mainīsies ceļu uzturēšanas izmaksas saistībā ar klimata ietekmi; 4. jānovērtē ekonomiskie zaudējumi: <ul style="list-style-type: none"> • ko rada satiksmes traucējumi; • uzņēmumu zaudējumi; 5. izmaksu aprēķinā ieteicams iekļaut gan tiešās (ceļu bojājumu novēršanas un atjaunošanas izmaksas), gan netiešās (transportēšanas laika pieaugums, papildus degvielas izmaksas, uzņēmumu zaudējumi) izmaksas; 6. izmaksu un ieguvumu analīze, piemēram, kādā mērā uzlabojumi un pastiprinājumi ceļu infrastruktūrā samazinās bojājumu iespējamību, ilgtermiņa uzturēšanas izmaksas, kā arī samazinās traucējumus satiksmei un uzņēmumu zaudējumus.





Rādītājs	Ieteikumi ieviešamajiem pasākumiem
<p>Pielāgošanās klimata pārmaiņām ceļu ikdienas uzturēšanā</p>	<p>Jāpielāgojas biežākai klimatisko stihiju pārvarēšanai un seku novēršanai. Klimata izraisītu bojājumu vai ietekmju gadījumos nepieciešams nekavējoši realizēt pasākumus sabiedrības savlaicīgai informēšanai par nodarītajiem bojājumiem autoceļu konstrukcijām, kā arī sagatavot un sniegt skaidrojumus par nepieciešamo satiksmes ierobežojumu ieviešanas vai veicamo uzturēšanas vai atjaunošanas darbu nepieciešamību un raksturu. Veikt bojājumu nekavējošu novēršanu.</p> <p>Jāizstrādā rīcības algoritmi rīcībai stihiju iestāšanās gadījumiem, kā arī seku novēršanai.</p> <p>Jāizstrādā sadarbības modeļi ar civilās aizsardzības un katastrofu novēršanas valsts struktūrvienībām ekstrēmu klimatisko apstākļu iestāšanās gadījumos.</p>
<p>Izmantojamie vai ieviešamie rīki klimata pārmaiņu ietekmes novērtējumam, risku vadībai</p>	<p>Jālieto LVĢMC izstrādātie klimata pārmaiņu scenāriji, sekojot un pielāgojoties aktuālajām tendencēm.</p> <p>IPCC nodrošinātā informācija arī var palīdzēt saprast, kā mainīsies klimats attiecīgajā reģionā un kādas var būt sekas ceļu infrastruktūrai.</p> <p>Klimata risku novērtēšanai ieteicams izskatīt iespējas izmantot arī kādus starptautiski atzītus modeļus, rīkus vai metodoloģijas, kombinācijā ar praktiskiem instrumentiem un risinājumiem, izmantojot Latvijai aktuālus datu avotus.</p> <p>Ieteicams izmantot arī ĢIS rīkus, lai, piemēram, izveidotu kartes, kas parāda, kuri ceļi ir pakļauti klimatiskiem riskiem (piemēram, plūdi vai viesuļvētras), un identificēt tās teritorijas, kur nepieciešami pielāgošanās pasākumi. Arī vides risku analīzes platformas (piemēram, <i>Copernicus Climate Change Service</i>), kas piedāvā reālā laika datus un prognozes, lai atbalstītu infrastruktūras ietekmes novērtējumu.</p> <p>Risku vadība realizējama, attīstot un aktualizējot nacionālās adaptācijas plānošanas dokumentus, iekļaujot pielāgošanās pasākumus, kas attiecas uz klimata pārmaiņu ietekmi uz autoceļu infrastruktūru, kā arī izstrādājot adaptācijas stratēģiju ceļu būvniecībā, ietverot, piemēram, augstākas kvalitātes asfalta izmantošanu, ūdens notekūdeņu sistēmu uzlabošanu, ceļa konstrukcijas pastiprināšanu atbilstoši aktuālajiem prognozētajiem klimata apstākļiem.</p> <p>Jāveic izmaksu un ieguvumu analīze, kā arī ieteicams veikt risku mazināšanas izdevumu analīzi, lai aprēķinātu izmaksas, kas saistītas ar dažādiem pielāgošanas pasākumiem, un novērtētu, cik ilgā laikā šie ieguldījumi atmaksājas.</p> <p>Klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanas pasākumu plānā jāiekļauj ilgtspējīgu būvniecības tehnoloģiju lietojums, piemēram, pazeminātas temperatūras asfalta izmantošana, maksimāla atgūto būvmateriālu atkārtota izmantošana, u. tml.</p> <p>Ilgttermiņa klimata pārmaiņu pielāgošanās plānā jāiekļauj sistemātisks klimata pārmaiņu ietekmes novērtējums uz ceļu infrastruktūru un iespējamie rīcības modeļi.</p> <p>Jāveic zinātniskās izstrādes un pētījumi ar mērķi arvien precīzāk izvērtēt un integrēt klimata riskus ceļu infrastruktūras plānošanā, kā arī projektēšanas un būvniecības procesos.</p>





Rādītājs	Ieteikumi ieviešamajiem pasākumiem
Ieviestais vai ieviešamais plānošanā, projektēšanā, būvniecībā saistībā ar klimata pārmaiņām, t. sk. nepieciešamie pētījumi, attīstība	<p>Gan plānošanā, gan projektēšanā, gan arī būvniecībā jāizvērtē, ka, piemēram, karstuma vai intensīvu lietusegāžu iedarbībā būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta vai atsevišķu tehnoloģiju lietošana kādā periodā var būt neiespējama, kas ietekmēs (pagarinās) līguma izpildes termiņus. Pieaugot periodiem, kad temperatūra svārstās ap 0 °C, visticamāk, pieaugs segumu avārijas defektu apjoms, kas jāizvērtē, veidojot budžetu. Projektēšanā papildu uzmanība jāpievērš projektējamo autoceļu segu konkrētajiem apstākļiem, īpaši, piemērotā mitruma režīma un pietiekami efektīvas ūdens atvades nodrošināšanai.</p> <p>Nepieciešamie pētījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • virsmas apstrādes efektivitātes uzlabošana; • asfalta maisījumu pretestības plastiskām deformācijām paaugstināšana; • tehnoloģiskie risinājumi asfalta kārtu ieklāšanai un virsmas apstrādes darbu veikšanai paaugstinātā apkārtējā gaisa temperatūrā; • klimatnoturīgu ceļa segumu materiālu izstrāde un ceļa segumu ieklāšanas tehnoloģisko procesu pilnveidošana; • dažādu atledošanas līdzekļu, materiālu, tehnoloģiju efektivitātes novērtējums un efektivitātes/izmaksu novērtējums, ietverot ekoloģiskus atledošanas materiālus un tehnoloģijas; • siltumizolējošu kārtu izmantošanas iespējas ceļa konstrukcijā un to efektivitāte; • ceļu pastiprināšana aizsardzībai pret krastu eroziju vai plūdiem.

7.4.1. Ieteikumi par Latvijas valsts autoceļu tīklā veicamajiem pasākumiem līdz 2030. gadam

Latvijā ir vairāki normatīvie dokumenti, kas ietver mērķus attiecībā uz klimata pārmaiņu ietekmi un infrastruktūru. Tiltu un ceļu infrastruktūras mērķi ne visos dokumentos ir konkrētizēti, bet kā kopējais valsts stratēģiskais mērķis kopumā ir identificējams, lai tiltu un ceļu infrastruktūra ir klimatnoturīga un plānota atbilstoši iespējamajiem klimata pārmaiņu riskiem, kas tieši izriet, piemēram, no MK noteikumiem Nr. 675, MK rīkojumiem Nr. 476 [79], Nr. 573 [80] un Nr. 380 [82], kā arī pakārtoti no citiem dokumentiem (detāli – pētījuma 7.2. apakšnodaļā “Normatīvo aktu analīze un ieteikumi nozares dokumentu uzlabošanai un pilnveidošanai”).

Pielāgošanās klimata pārmaiņām neizbēgami ir saistīta ar atsevišķām jau patlaban īstenotām aktivitātēm, piemēram, nozares standartu ieviešanu un ievērošanu, būvdarbu izpildes specifikāciju pilnveidošanu un attīstību, ieviešot jaunākās zinātnes atziņas un tehnoloģijas, ieviešot precizējumus atbilstoši praktiskajai pieredzei u. tml. Vienlaikus ir svarīgi savlaicīgi realizēt pētījumus un padziļinātu izpēti par aktuāliem ceļu nozares jautājumiem gan par iespējamo stratēģiju izvēli un plānu analīzi, gan dažādiem tehniskiem risinājumiem, tehnoloģijām, materiāliem, lai nākotnē adaptētu jau pārbaudītus efektīvākos un pieņemamākos risinājumus.

7.4.2. Ieteikumi būvju noturības nodrošināšanai

Jāpārskata un jāpilnveido standarti un specififikācijas, lai uzlabotu šādas ceļa konstrukcijas vai parametrus:

- ņemot vērā to, ka ir paredzams nokrišņu intensitātes pieaugums, jāpārskata un jāaktualizē kritēriji maksimāli iespējamā virsūdens daudzuma novadei, kas var būt saistīts gan ar papildu nostiprinātu tekņu būvniecību, gan arī papildu nogāžu nostiprinājumiem, piemēram:
 - » paredzot būvēt pēc iespējas lēzenākas nogāzes;
 - » zemes klātnes nogāžu papildu nostiprināšana, ja nav iespējams būvēt pēc iespējas lēzenas nogāzes (pieļaujot būvēt arī par 1: 3 lēzenākas nogāzes, definējot šādu lēzenu nogāžu lietošanas gadījumus, piemēram, atkarībā no uzbēruma augstuma, ūdens atvades efektivizācijas apsvērumiem, satiksmes intensitātes, satiksmes drošības nodrošināšanas līmeņa u. tml.);
 - » ūdens novades nodrošināšana, izvērtējot iespējamus īslaicīgus liela apjoma ūdens caurplūdumus;
 - » virsūdens novades organizēta novadīšana no ceļa seguma pa nostiprinātām tehnēm, paplašinot šādu risinājumu lietošanas nepieciešamību;
- nesaistīta minerālmateriāla seguma (grants) ceļa nomaļu izskaušana ceļiem ar saistītu segumu posmos ar augstu satiksmes intensitāti, piemēram, ja $AA\Delta_{j, \text{pievestā}} > 1500$, jo grants seguma nomaļu galvenie bojājumu veidi ir deformācijas malu nosēšanās rezultātā (īpaši mitros periodos), materiāla zudumi brauktuves malā gan autotransporta radītās slodzes, gan virsūdeņu erozijas iedarbībā, kas var sasniegt pat visa seguma biezumu, līdz ar to radot apdraudējumu gan satiksmes drošībai, gan arī apgrūtinājumu virsūdens novadei. Sausā periodā smagie transportlīdzekļi mēdz provocēt nomaļu putēšanu, tādējādi traucējot satiksmi un negatīvi ietekmējot satiksmes drošību. Tā vietā ieteicams ieviest nomaļu ar saistītu segumu, piemēram, virsmas apstrāde uz stabilizēta pamata, asfalta segums, betona segums;
- ceļa segas efektīvu drenāžas risinājumu izstrāde, kas nozīmē, ka, iespējams, nepieciešams ieviest papildu drošības koeficientus vai citus kritērijus augstākā gruntsūdens līmeņa prognozēšanai, attiecīgi paredzot no tā izrietošus efektīvus drenāžas risinājumus;

- zemes klātnes mālainas vai putekļainas grunts pastiprināšanas vai uzlabošanas risinājumu visaptveroša ieviešana, kas ietver jau šobrīd autoceļu būvdarbu specifikācijās ABS-2023 iekļauto darbu “Zemes klātnes grunts uzlabošana” un “Zemes klātnes grunts stabilizēšana” ieviešanu ceļu būvniecībā, kas vēl arvien nav iesākts, bet tas padarītu zemes klātnes grunti inertāku un noturīgāku pret mitruma (ūdens) iedarbību, kura ietekme vēl arvien ir un provizoriskās prognozes liecina, ka tā nemazināsies, bet arvien pieaugs, gan prognozēto nokrišņu vispārējā pieauguma, gan to intensitātes dēļ;
- karsto asfalta maisījumu un virsmas apstrādes projektēšanas prasību pārskatīšana, izvērtējot iespējamo karstuma viļņu un intensīvu nokrišņu pieaugošo iedarbību. Tuvākajā nākotnē, iespējams, jāaktualizē prasību pārskatīšana tādām asfalta maisījumu īpašībām kā stiepes stiprība, sliedes dziļums, poru īpašības, lietojamie bitumēni;
- ceļa aprīkojums – jāizvērtē ceļazīmju, īpaši lielizmēra, noturības nodrošināšana pastiprināta vēja apstākļos.

7.4.3. Ieteikumi SEG emisiju samazināšanai būvniecības procesā

SEG emisiju samazināšana jārealizē, lai sekotu ES Klimata un enerģētikas paketē noteiktajiem mērķiem, kas paredz būtisku SEG emisiju samazināšanu līdz 2030. gadam un klimatneitralitāti līdz 2050. gadam.

7.4.3.1. Vispārīgi par SEG emisiju ierobežojumiem Latvijā

Latvija, tāpat kā citas ES dalībvalstis, ir ieviesusi vairākus SEG emisiju ierobežojumus, lai cīnītos pret klimata pārmaiņām un samazinātu siltumnīcefekta gāzu izmešus. Šie ierobežojumi izriet no starptautiskiem un ES līmeņa nolīgumiem un mērķiem.

Daži no galvenajiem SEG emisiju ierobežojumiem un saistībām Latvijā

- ES Klimata un Enerģijas pakete. Latvija ir apņēmusies līdz 2030. gadam samazināt SEG emisijas par 55 %, salīdzinot ar 1990. gada līmeni, kas ir daļa no ES vispārējā klimata plāna. Lai to sasniegtu, Latvijai ir jāveicina atjaunojamo energoresursu izmantošana un energoefektivitātes uzlabošana.
- Eiropas emisijas kvotu tirdzniecības sistēma (ETS). Latvija ir daļa no ES ETS, kas ir tirgus mehānisms SEG emisiju samazināšanai rūpniecībā un enerģētikā. Lielie uzņēmumi, kas rada lielu SEG emisiju apjomu, saņem kvotas, un, tās pārsniedzot, tie ir spiesti iegādāties papildu kvotas. Tas stimulē uzņēmumus samazināt emisijas un ieguldīt tīrākās tehnoloģijās.

- Nacionālais enerģētikas un klimata plāns (2021.–2030. gads). Šis plāns nosaka Latvijas stratēģiju klimata pārmaiņu ierobežošanai, koncentrējoties uz SEG emisiju samazināšanu lauksaimniecībā, transportā, rūpniecībā un enerģētikā. Plānā ir noteikti konkrēti pasākumi, piemēram, atjaunojamo energoresursu izmantošana transportā, mežu apsaimniekošanas uzlabošana un energoefektivitātes palielināšana ēkās.
- Parīzes klimata nolīgums. Latvija ir pievienojusies Parīzes nolīgumam, kura mērķis ir ierobežot globālo temperatūras pieaugumu līdz zemākam par 2 °C, salīdzinot ar pirmsindustriālā laikmeta līmeni, un centieniem to noturēt tuvu 1,5 °C. Latvija līdz 2050. gadam plāno kļūt par klimatneitrālu valsti, kas nozīmē, ka kopējās SEG emisijas būs līdzsvarā ar SEG daudzumiem, kas tiek saistīti no atmosfēras.
- Atjaunojamā enerģija un energoefektivitāte. Latvija veicina atjaunojamo energoresursu, piemēram, biomasas, ūdens, vēja un saules enerģijas izmantošanu, lai mazinātu emisijas. Valstī tiek īstenoti dažādi projekti un atbalsta mehānismi, lai veicinātu ēku siltināšanu un energoefektivitāti.

Latvija īsteno šos ierobežojumus un pasākumus kā daļu no ES un globālās cīņas pret klimata pārmaiņām, un mērķis ir panākt būtisku emisiju samazināšanu un ilgtspējīgu attīstību.

7.4.3.2. Ieteikumi SEG emisiju samazināšanai ceļu būvniecībā

SEG emisiju samazināšanas nepieciešamība ceļu būvniecībā izriet no ES un Latvijas valsts mēroga klimata politikas, tā ir vērsta uz emisiju samazināšanu visos ceļu un tiltu infrastruktūras posmos – no materiālu ražošanas līdz būvniecībai un tālākai uzturēšanai.

Vērā ņemams SEG emisiju avots ir asfalta ražotnes, jo asfalta ražošanas process ir energoietilpīgs un bieži vien tiek izmantots fosilais kurināmais. Ieteicams īstenot šādus pasākumus:

- energoefektivitātes uzlabošana asfalta rūpnīcās, lai samazinātu enerģijas patēriņu un līdz ar to – arī emisijas;
- pētījumi videi draudzīgāku būvmateriālu alternatīvām, kuru ražošanas procesā tiek radīts mazāk SEG, piemēram, otrreiz pārstrādāta asfalta izmantošanas iespēju paplašināšana, atkārtotas izmantošanas algoritmus iestrādājot jau būvprojektēšanas stadijā.

Jāizvērtē, ka lieliem ceļu būvniecības uzņēmumiem, kas darbojas energoietilpīgos procesos, piemēram, cementa, betona un asfaltbetona, ražošanā, var tikt piemēroti emisiju kvotu ierobežojumi. Šie uzņēmumi ir daļa no ES ETS.

Ceļu būvniecībā un uzturēšanā ieteicams īstenot šādus SEG emisiju samazināšanas pasākumus:

- jāīsteno būvniecības procesu energoefektivitāte, kas nozīmē, ka būvprojektiem jānodrošina valsts un ES energoefektivitātes mērķu sasniegšana, piemēram, būvdarbi jāveic tā, lai izmantotu mazāk enerģijas, kā arī jāveicina būvmašīnu un aprīkojuma efektīva izmantošana (piemēram, izmantojot loģistikas programmatūras un digitālās sistēmas, lai optimizētu būvniecības darbu organizēšanu un secību, tādējādi samazinot nepieciešamību nelietderīgai tehnikas un iekārtu izmantošanai, darbus plānojot tā, lai tehnika un iekārtas tiktu izmantotas maksimāli efektīvi, neļaujot tām ilgstoši stāvēt tukšgaitā vai gluži otrādi – nepārslogojot, kā arī pēc iespējas minimizējot pārvietošanās laiku un attālumu, papildus veicinot būvmašīnu aprīkošanu, piemēram, ar degvielas patēriņa un darba apstākļu (slodzes) reāllaika uzraudzības sistēmām, kas palīdzētu uzraudzīt, vai būvmašīnas tiek izmantotas optimāli. Nākotnē būtu ieteicams izvērtēt arī būvmašīnu ar hibrīda vai elektriskajiem dzinējiem izmantošanu);
- jālieto ilgtspējīgas būvniecības prakses, veicinot atgūtu (pārstrādātu) materiālu izmantošanu, kā arī jāpiemēro energoefektīvi būvniecības principi, lai mazinātu ietekmi uz vidi.

Ieteicams pēc iespējas mazināt transporta un loģistikas ietekmi, jo ceļu būvniecībā liela nozīme ir transporta loģistikai, piemēram, pārvadājot būvmateriālus. Lai samazinātu emisijas, jāveicina efektīva transporta pārvadājumu plānošana un videi draudzīgāku transportlīdzekļu izmantošana.

Nākotnē jāturpina realizēt esošās iestrādes un jāievieš jauni inovatīvi risinājumi, attīstot zemu emisiju tehnoloģijas, kas saistītas ar būvmateriālu ražošanu, ceļu būvniecību un uzturēšanu, piemēram:

- pilnveidojot aukstā un siltā asfalta tehnoloģijas, kas patērē mazāk enerģijas;
- turpinot attīstīt esošo ceļa segas kārtu pārstrādes tehnoloģijas uz vietas būvobjektā, ievērojami samazinot būvmateriālu pārvadāšanas nepieciešamību;
- attīstot un paplašinot plānkārtas asfalta lietošanu segumu periodiskajā uzturēšanā;
- izstrādājot un ieviešot jaunus inovatīvus segumu pārklājumus vai seguma virsmas atjaunošanas energoefektīvus risinājumus ar saistvielām saistītu segumu periodiskajai uzturēšanai;
- izstrādājot viedās sensoru sistēmas pastāvīgai stāvokļa uzraudzībai/monitorēšanai augstas nozīmes noslogotos stratēģiski svarīgos ceļu posmos.

7.4.4. Klimata pārmaiņu izvērtēšana Latvijas autoceļu attīstības plānošanas un īstenošanas procesā

Latvijas autoceļu attīstība jāplāno un jāīsteno tā, lai pakāpeniski samazinātos sliktā un ļoti sliktā stāvoklī esošo melno segumu, grants segumu un tiltu īpatsvars, kas galvenokārt nozīmē esošo plānu, likumdošanas aktu un normatīvu skrupulozu izpildi, pakāpeniski ieviešot nepieciešamos elementus klimata pārmaiņu izraisīto kaitīgo ietekmju novēršanai vai mazināšanai, kā arī radīto labvēlīgo klimatisko ietekmju pilnvērtīgai un efektīvai izmantošanai (piemēram, paredzams, ka ziemā būs mazāks sniega daudzums, pagarināsies veģetācijas periods, līdz ar to potenciāli pagarināsies arī aktīvā ceļu būvdarbu sezona. Ņemot vērā to, ka paredzama nokrišņu intensitātes palielināšanās, bet kopējais nokrišņu būtisks pieaugums netiek prognozēts, paredzams, ka varētu pagarināties beznokrišņu periodu ilgums).

Pielāgošanās klimata pārmaiņu jomā SM ir jāveic vismaz šādas aktivitātes un darbības:

- jāizstrādā vadlīnijas lietus ūdens noteces izmaiņu klimata pārmaiņu ietekmē integrēšanai ceļu būvniecības plānošanā un projektēšanā, kā arī jau esošo ceļu būvju pielāgošanai;
- jānodrošina esošās transporta (autoceļu) infrastruktūras pielāgošana klimata pārmaiņām;
- jāpārskata transporta (autoceļu) infrastruktūras reglamentējošie normatīvie akti atbilstoši klimata pārmaiņu prognozēm.

7.4.5. Ieteikumi LVC procesu uzlabošanai

Lai efektīvi samazinātu emisijas ceļu būvniecībā un uzturēšanā, ir būtiski uzlabot pārvaldības procesus, lai nodrošinātu to, ka visas darbības tiek veiktas ar maksimālu efektivitāti un pēc videi draudzīgiem principiem. Uzlabojumi var palīdzēt ne tikai samazināt oglekļa emisijas, bet arī uzlabot resursu izmantošanu un ilgtermiņa ilgtspējību.

Tālāk apkopoti ieteikumi pārvaldības procesu uzlabošanai ceļu būvniecībā un uzturēšanā, kas nepieciešami, lai nodrošinātu to, ka emisiju samazināšana tiek integrēta visos līmeņos – no plānošanas līdz būvniecībai un uzturēšanai. Pārvaldības uzlabošana ne tikai samazinās “oglekļa pēdu”, bet arī veicinās ilgtspējīgu attīstību kopumā.

7.4.5.1. Zaļo publisko iepirkumu (ZPI) ieviešana

Ieteicams izstrādāt un paplašināt patlaban lietotos Zaļo publisko iepirkumu kritērijus, attiecinot tos ne tikai uz apgaismojumu, bet arī prasot no būvniecības uzņēmumiem atbilstību noteiktiem vides kritērijiem, piemēram, izmantojot zemas emisijas materiālus (piemēram, atgūti būvmateriāli – pārstrādāts asfalts, betons, ķieģeļi, zemas temperatūras asfalta maisījumi, cementa aizstājēji, veicot dzīves cikla novērtējumu (LCA) (t. i., analizējot būvmateriāla ietekmi uz vidi visā tā dzīves ciklā, sākot no izejvielu ieguves un beidzot ar utilizāciju vai pārstrādi, veicot oglekļa dioksīda emisiju aprēķinus, lai noteiktu būvmateriāla ražošanas procesā radītās emisijas, piemēram, saskaņā ar degvielas patēriņu izmantotajām izejvielām un to apstrādes procesu), lietot energoefektīvas tehnoloģijas un samazināt atkritumu apjomu (piemēram, nosakot prasības, ka ceļu būvniecības un uzturēšanas darbiem jāizmanto vismaz noteikts procents reciklētu materiālu vai Zaļo tehnoloģiju, piemēram, asfalta, kas ražots ar mazākām emisijām (siltais asfalts)).

7.4.5.2. Emisiju monitorings

Ieteicams izveidot sistemātiskus procesus emisiju uzraudzībai un datu apkopšanai autoceļu tīklā, lai nodrošinātu to, ka emisiju samazināšanas mērķi tiek uzraudzīti un sasniegti visos ceļa dzīves cikla posmos – plānošanā, projektēšanā, būvniecībā, rekonstrukcijā un uzturēšanā. To iespējams panākt, veicot nepieciešamo datu pastāvīgu un periodisku ievākšanu, apkopšanu un analīzi. Piemēram, ievācamie dati par emisijām:

- no materiālu un būvizstrādājumu ražošanas;
- no materiālu transportēšanas (loģistikas);
- no būvniecības procesiem (gan no būvmašīnām, gan arī papildus emisijas satiksmei no satiksmes ierobežojumiem būvniecības laikā);
- kas rodas ceļa dzīves ciklā – ikdienas un periodiskajā uzturēšanā, t. sk. satiksmes radītās emisijas uzturēšanas darbu laikā.

Svarīgākie emisiju rādītāji, kas būtu jāmonitorē, ir:

- CO₂ – oglekļa dioksīds, kas ir dominējošās emisijas pēc apjoma, ko rada satiksme, būvmašīnas, minerālmateriālu un asfalta ražošana, būvmateriālu un būvizstrādājumu piegādes transports;
- NO_x – slāpekļa oksīdi rodas, darbinot iekšdedzes dzinējus;
- SO₂ – sēra dioksīds rodas, darbinot mašīnas ar degvielu ar augstu sēra saturu;
- PM10 un PM2,5 putekļu daļiņas rodas būvmateriālu ražošanā, kā arī būvniecības procesos; ekspluatācijā būtiska ietekme no nesaistītu segumu ceļiem un platībām;

- GOS (VOC) GOS(VOC) - gaistošie organiskie savienojumi GOS rodas pie asfalta ražošanas un ieklāšanas procesā;
- troksnis nav emisija, bet gaisa piesārņojums, kura samazināšanas politikas izstrādē ir jāiesaistās arī Satiksmes ministrijai (likums "Par piesārņojumu", 07.01.2014. MK noteikumi Nr. 16 "Troksņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība").

Piesārņotāju datu monitorings un analīze ļautu pilnveidot un iekļaut, piemēram, attiecīgās prasības arī publiskajos iepirkumos, tādējādi nodrošinot ilgtspējīgu ceļu infrastruktūras ilgtermiņa attīstību.

7.4.5.3. Ilgtspējīgu procesu integrēšana būvniecības plānošanā

Ieteicams integrēt ilgtspējīgus principus visos ceļu būvniecības un uzturēšanas plānošanas procesos – no projekta izstrādes līdz būvniecībai un tālākai uzturēšanai. Tas ietvertu klimata riska novērtējumu un resursu efektivitātes tālāku uzlabošanu. Piemēram, būvniecības un uzturēšanas plānos (piemēram, MK rīkojumā "Par transporta attīstības pamatnostādņem 2021-2027 gadam TAP2027" jāiekļauj klimata riska novērtējums, lai turpmāk izvērtētu iespējamās klimata pārmaiņu sekas (plūdi, lietusgāzes, karstuma viļņi u.c.) un nākotnē mazinātu to ietekmi uz ceļu infrastruktūru un tās uzturēšanu.

7.4.5.4. Iekšējās un ārējās komunikācijas uzlabošana

Ieteicams izveidot efektīvu komunikācijas sistēmu starp dažādām ieinteresētajām pusēm (valsts iestādēm, būvniekiem, projektētājiem, pašvaldībām un sabiedrību) par klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem un ceļu būvniecības ilgtspēju. Lietderīgi nodrošināt to, ka visiem ceļu un tiltu būvniecībā un uzturēšanā iesaistītajiem ir pieejama aktuālā informācija par emisiju samazināšanas mērķiem, to sasniegšanas metodēm, kā arī sasniegtajiem rezultātiem. Ieteicams arī organizēt visu ieinteresēto pušu regulāras sanāksmes, pārskatus un ziņojumus par aktualitātēm un sasniegtajiem rezultātiem.

7.4.5.5. Efektīvas atjaunošanas un uzturēšanas stratēģijas

Optimāli jāplāno un savlaicīgi jārealizē nepieciešamie ceļu ikdienas un periodiskās uzturēšanas procesi, lai samazinātu nepieciešamību pēc pilnīgas rekonstrukcijas un līdz ar to arī samazinātu oglekļa emisijas. Šī procesa pamatā jābūt regulārai ceļu stāvokļa visaptverošai uzraudzībai, kas garantēs arī efektīvu resursu izmantošanu. Ir jāpilnveido vai nepieciešamajos aspektos jāizstrādā ceļu uzturēšanas plāni, kas balstīti ilgtermiņa analīzē, lai identificētu, kuri ceļi ir jāatjauno vispirms, arī iespējami daudz izmantojot reciklētos materiālus, kā arī pēc iespējas cenšoties izvairīties no pilnas ceļa pārbūves.

Patlaban Rīgas Tehniskajā universitātē jau ir veikti vairāki LVC pasūtīti pētījumi, piemēram, "Asfalta maisījuma noturība pret plastiskām deformācijām", "Latvijā pieejamā reciklētā asfalta īpašību analīze un vadlīniju izstrāde izmantošanai karstajos asfalta maisījumos", kā arī citi pētījumi. Ir vēlams turpināt veikt pētījumus šajās jomās, kā arī atbilstoši aktuālajām tendencēm, parādoties jauniem materiāliem vai tehnoloģiskajiem risinājumiem, attiecīgi iekļaut tos pētījumu programmās.

7.4.5.6. Ilgtspējīgu tehnoloģiju ieviešana un inovācijas atbalsts

Ir jāveicina jaunu, videi draudzīgu tehnoloģiju izmantošanu ceļu būvniecībā un uzturēšanā. Tas ietver jaunu materiālu izstrādi, energoefektīvas tehnikas ieviešanu un reciklēšanas metožu uzlabošanu. Lai to sasniegtu, ir jāatbalsta pētniecība un inovācijas jaunu ceļu būvniecības materiālu jomā, piemēram, ilgtspējīgu asfaltbetona maisījumu un betonu ar samazinātu oglekļa pēdu izstrādē un pielietošanā.

Ir jāveicina un jāievieš šo materiālu pēc iespējas plašāka izmantošana ceļu projektos. Jāraugās, lai, jau pasūtot kādu materiālu vai tehnoloģiju pētījumus vai izstrādes, veiksmīgu rezultātu gadījumā budžetā vai plānos jau būtu iezīmēta iespējamība izstrādāto materiālu vai tehnoloģiju ieviest aprītē (ne vienmēr tam būs nepieciešams papildu finansējums, galvenokārt tās būs personāla apmācības par lietojamību, kā arī precizējumi un papildinājumi vadlīnijās darbiniekiem, būvprojektētājiem, būvniekiem).

7.4.5.7. Ilgtspējīgu transporta politiku izstrāde un ieviešana

Ieteicams integrēt transporta ilgtspējību ceļu būvniecības plānos, ņemot vērā ne tikai ceļu izbūvi, bet arī to, kā šie ceļi ietekmē transporta emisijas, piemēram, veicinot videi draudzīgas transporta iespējas (sabiedriskais transports, velosipēdu ceļi). Piemēram, veidojot ceļu tīklus, veicinot ilgtspējīgu mikromobilitāti, (piemēram, velosipēdu ceļi un gājēju zonas), samazinot atkarību no individuālā transporta.

7.4.5.8. Budžeta pārskatīšana un finansēšanas prioritātes

Budžeta plānošanas procesā jāizvērtē vides ietekmes analīzes dati, novirzot finansējumu prioritāriem ceļu būvniecības un uzturēšanas projektiem, kas samazina emisijas un veicina ilgtspējīgu attīstību. Ieteicams izveidot un ieviest atbalsta rīkus, kas veicina Zaļo infrastruktūras projektu finansēšanu, piemēram, ierosinot ieviest likumdošanā kādus nodokļu atvieglojumus vai subsīdijas uzņēmumiem, kas izmanto videi draudzīgas tehnoloģijas ceļu būvniecībā.

7.4.5.9. Atbalsts un apmācība nozares darbiniekiem

Ieteicams nodrošināt apmācības un izglītības programmas ceļu būvniecības nozares darbiniekiem, lai viņi būtu labi informēti par klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem un to ieviešanu ikdienas praksē. Piemēram, ieviešot gan bakalaura/maģistra, gan mūžizglītības studiju programmās apmācību kursu “Klimata pārmaiņu ietekme uz autoceļu infrastruktūras ilgtspēju”. Apmācot, piemēram, par to, kā izvēlēties un izmantot zemākas emisijas materiālus, kā optimizēt būvniecības procesus, lai samazinātu emisijas, kā arī par jauniem regulējumiem, kas attiecas uz emisiju samazināšanu nozarē.

7.4.5.10. Mērķu un rezultātu novērtēšana un uzraudzība

Ir skaidri jādefinē emisiju samazināšanas mērķi, kas regulāri jānovērtē un jāpielāgo pārvaldības procesiem, lai nodrošinātu šo mērķu sasniegšanu. Piemēram, regulāri jāizvērtē emisiju samazināšanas pasākumu efektivitāte un jāveic korekcijas atbilstoši iegūtajiem rezultātiem, piemēram, analizējot, cik lielā mērā tiek samazināti CO₂ izmeši ceļu būvniecības un uzturēšanas darbos.

8. Secinājumi

1. Latvijas vēsturisko klimatisko rādītāju izmaiņu analīze kopš 1960. gada liecina par:
 - grunts sasaluma gadījumu skaita samazināšanos;
 - plūdu biežumu gadījumu skaita samazināšanos (ar atsevišķiem izņēmumiem);
 - nelielu vēja vidējā ātruma samazināšanos (ar atsevišķiem izņēmumiem Ventspils novērojuma stacijā);
 - nebūtisku vētraiņo dienu skaita un šo dienu perioda ilguma maiņu;
 - nokrišņu maksimālā daudzuma nelielu samazināšanos;
 - gaisa vidējās temperatūras palielināšanos gan ziemā, gan vasarā;
 - auksto un ekstremāli auksto dienu skaita samazināšanos;
 - aukstuma viļņu skaita un ilguma nelielu samazināšanos;
 - nelielu temperatūras svārstību ap 0 °C gadījumu skaita pieaugumu;
 - dienu bez atkušņa skaita samazināšanos;
 - karsto un ekstrēmi karsto dienu skaita pieaugumu;
 - karstuma viļņu skaita un to ilguma palielināšanos.
2. Balstoties uz *PIARC*, *CEDR* un citiem nozares ziņojumiem secināts, ka temperatūras palielināšanās ziemas sezonā radīs biežākus sasalšanas/atkuššanas ciklus, grunts sala izraisītās izcilāšanās biežuma palielināšanos un līdz ar to arī nepieciešamību pēc biežākas ceļa seguma atjaunošanas. Vienlaikus prognozēts, ka sagaidāma nokrišņu daudzuma palielināšanās, tādēļ vajadzēs ieviest izmaiņas ārkārtas gadījumu un ziemas sezonas ceļu uzturēšanas plānos, kā arī izstrādāt jaunus satiksmes drošības pasākumus. Tāpēc īpašu uzmanību rekomendēts pievērst risku vadības analīzei, jo vēsturiski izstrādātie plāni var būt nepietiekami klimata izmaiņu dēļ. Ievērojot šos klimata maiņas apdraudējumus, vairākas ES valstis jau ir izstrādājušas nacionālos tiltu un ceļu infrastruktūras monitoringa un risku vadības plānus, kā arī veic intensīvus pētījumus par tiltu un ceļu infrastruktūras adaptācijas pasākumiem, saistītiem ar klimata pārmaiņām.
3. Lai arī šobrīd Latvijā ir novērojama klimatisko rādītāju mērena izmaiņu dinamika laikā un klimata anomālijas tiek fiksētas salīdzinoši reti, ievērojot *IPCC*, *LVĢMC*, kā arī pētījuma autoru prognozes par klimata pārmaiņām līdz Latvijā 21. gs. beigām, paredzams, ka galvenie ceļu un tiltu infrastruktūru ietekmējošie klimatiskie parametri būs paugstināta temperatūra, jūras līmeņa celšanās un biežāki ekstremālu laikapstākļu, it īpaši temperatūras, sausuma un nokrišņu, gadījumi.

4. Vienlaikus Latvijā novērojama korelācija starp klimata parametru (piemēram, temperatūras, nokrišņu, vēja ātruma, relatīvā gaisa mitruma) maiņas viļņveidīgo raksturu un ceļu uzturēšanas tehnisko līdzekļu (piemēram, pretapledošanas materiāla) izlietojumu. Tas ietekmē arī ceļu bojājumu attīstības ātrumu – vienu gadu tie attīstās ātrāk, citu gadu – lēnāk.
5. Intensīvu nokrišņu ietekme uz tiltu būvniecību un ekspluatāciju ir sagaidāma vidēja lieluma, tā var apgrūtināt braukšanu, radīt nogāžu izskalojumus, kā arī ierobežot atsevišķu būvdarbu tehnoloģiju lietošanu. Tiltu būvniecību būtiski ietekmē arī ekstremāli augsta temperatūra, savukārt uz tiltu uzturēšanu un ekspluatāciju tā rada vidēju ietekmi (tas galvenokārt saistīts ar bitumenu saturošu deformācijas šuvju mīkstēšanu). Arī relatīvais gaisa mitrums rada tikai vidēju ietekmi uz tiltu uzturēšanu, jo ietekmē betona karbonizācijas procesus. Vidēju ietekmi uz tiltu uzturēšanu rada arī veģetācijas perioda izmaiņas, jo pieaug pļaušanas darbu apjoms uz tiltu tuvumā esošo uzbērums nogāzēm. Vēja brāzmas rada vidēju ietekmi uz vanšu un iekārtajiem tiltiem. Kopumā pašlaik tiltu konstrukcijas tiek projektētas ar noteiktu drošības rezervi, tāpēc ar to nestspēju saistītas problēmas netiek identificētas. Toties būtiskāka var būt ietekme uz tiltu materiālu ilgmūžību un nenesošo elementu ekspluatācijas apstākļiem.
6. Atsevišķām klimata izmaiņām ir arī pozitīva ietekme, kas galvenokārt saistīta ar tendenci samazināt pretapledošanas vielu lietošanu ziemas periodā. No ceļu un tiltu dzīves cikla stadijām lielākā klimata pārmaiņu ietekme būs uz būvniecību, jo izmantotās tehnoloģijas var nākties pielāgot nākotnē sagaidāmajiem klimatiskajiem apstākļiem – lielākas ekstremālas gaisa temperatūras un intensīvu lietusežu iespējamība.
7. Atbilstoši jutīguma analīzei augstas gaisa temperatūras ietekme uz autoceļu plānošanu, būvniecību un projektēšanu ir neliela, bet tā būtiski ietekmē autoceļu ekspluatāciju un uzturēšanu, jo iespējama bitumena mīkstēšana. Līdzīgi arī temperatūras svārstību ap 0 °C biežuma palielināšanās atstāj būtisku ietekmi uz ceļu ekspluatāciju un uzturēšanu, kas lielā mērā saistīts ar ceļa segumu materiālu atšķirīgajiem termiskās izplešanās koeficientiem. Intensīvie nokrišņi vislielāko ietekmi atstāj uz ceļu un tiltu būvniecību, jo atsevišķu būvdarbu veikšana un tehnoloģiju lietošana var būt apgrūtināta vai neiespējama. Jūras līmeņa paaugstināšanās un krastu erozija uz ceļu būvniecību atslāj vidēju ietekmi, jo paredzama nepieciešamība apzināt krasta erozijas un applūšanas riskam pakļautos ceļu posmus un identificēt to prioritātes.

8. Izanalizējot veicamos pasākumus autoceļu un tiltu adaptēšanai klimata pārmaiņām, rekomendēts autoceļu projektu novērtēšanā iekļaut šajā pētījumā identificētos klimata pārmaiņu riskus, izstrādāt pielāgošanās plānu šo pārmaiņu ietekmei, nodrošināt kvalitatīvu klimata datu vākšanu un monitoringu. Piedāvāti ieteikumi SEG emisijas samazināšanai, piemēram, energoefektivitātes uzlabošana, emisijas kvotu ierobežojumi, ilgtspējīgu materiālu izstrāde u.c. Doti ieteikumi LVC procesu uzlabošanai attiecībā uz Zaļā publiskā iepirkuma (ZPI) ieviešanu, SEG emisijas monitoringu, ilgtspējīgu un inovatīvu risinājumu integrēšanu autoceļu un tiltu būvniecībā u.c.

9. Literatūras saraksts

1. <https://www.db.lv/zinas/sm-prasa-19-miljonus-eiro-augustapludos-postito-celu-un-dzelzcela-uzturesanai-467366>.
2. Andronova, N. G., & Schlesinger, M. E. (2000). Causes of global temperature changes during the 19th and 20th centuries. *Geophysical Research Letters*, 27 (14), 2137–2140. <https://doi.org/10.1029/2000GL006109>.
3. Avotniece, Z., Aņiskeviča, S., & Maļinovskis, E. (2017). KLIMATA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI LATVIJAI.
4. Avotniece, Z., Aniskevich, S., & Malinovskis, E. (2017). CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR LATVIA Report summary.
5. Bolan, S., Padhye, L. P., Jasemizad, T., Govarthan, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Hou, D., Zhou, P., Biswal, B. K., Balasubramanian, R., Wang, H., Siddique, K. H. M., Rinklebe, J., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2024). Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of The Total Environment*, 909, 168388. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.168388>.
6. Climate ADAPT. (2023). ROADAPT: Guidelines for adaptation of road infrastructure to climate change. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/roadapt-guidelines-for-adaptation-of-road-infrastructure-to-climate-change>.
7. Culp, M., Jacobs, J. M., Choate, A., & Miller, R. (2019). Fourth national climate assessment: Impacts, risks, and adaptation in the United States. *Renewable Resources Journal*, 33(4), 2–7. <https://doi.org/10.7930/NCA4.2018.CH12>.
8. de Abreu, V. H. S., Santos, A. S., & Monteiro, T. G. M. (2022). Climate Change Impacts on the Road Transport Infrastructure: A Systematic Review on Adaptation Measures. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 8864, 14(14), 8864. <https://doi.org/10.3390/SU14148864>.
9. European Commission. (2019). Communication on The European Green Deal.
10. European Commission. (2021). KOMISIJAS PAZIŅOJUMS EIROPAS PARLAMENTAM, PADOMEI, EIROPAS EKONOMIKAS UN SociĀLO LIETU KOMITEJAI UN REĢIONU KOMITEJAI Ceļā uz klimatnoturīgu Eiropu: jaunā ES Klimatadaptācijas stratēģija.
11. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39), 14288–14293. https://doi.org/10.1073/PNAS.0606291103/SUPPL_FILE/06291FIG9.PDF.
12. Jevrejeva, S., Grinsted, A., & Moore, J. C. (2009). Anthropogenic forcing dominates sea level rise since 1850. *Geophysical Research Letters*, 36(20). <https://doi.org/10.1029/2009GL040216>.
13. Kaufmann, R. K., Kauppi, H., Mann, M. L., & Stöck, J. H. (2011). Reconciling anthropogenic climate change with observed temperature 1998–2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (29), 11790–11793. https://doi.org/10.1073/PNAS.1102467108/SUPPL_FILE/APPENDIX.PDF.

14. Krievāns, M., Karušs, J., Pavasaris, I., Strežs, A. (2019) Frost Heave Properties Assessment of the Soils for the Road Pavement design. Final Report. Rīga LVC.
15. Kļaviņš, M., & Briede, A. (2011). Climate Change in Latvia and Adaptation to it.
16. Liu, K., Wang, Q., Wang, M., & Koks, E. E. (2023). Global transportation infrastructure exposure to the change of precipitation in a warmer world. *Nature Communications*, 14 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38203-3>.
17. LVGMC. (n.d.-a). Plūdu riska informācijas sistēma. Retrieved January 25, 2024, from <https://pris.lvgmc.lv/par-sistemu>.
18. LVGMC. (2024). VSIA LVGMC Klimata rīks. Retrieved January 25, 2024, from <https://www4.meteo.lv/klimatariks/>.
19. Marotzke, J., & Forster, P. M. (2015). Forcing, feedback and internal variability in global temperature trends. *Nature* 2015517:7536, 517(7536), 565–570. <https://doi.org/10.1038/nature14117>.
20. Matulla, C., Hollosi, B., & Namyslo, J. (2014). Climate projection data base for roads: CliPDaR Final Report.
21. MC2010. (2013). fib Model Code for Concrete Structures 2010. Wilhelm Erns & Sohn. <https://doi.org/10.1002/9783433604090>.
22. Monier, E., Xu, L., Snyder, R., Sophie Geng, M., Hesselbjerg Christensen, J., Røjle Christensen, T., Tronhuus Hannasvik, L., Kvande, T., André Bohne, R., Emil Gaarder, J., Hoff, I., Evensen, R., & Johansen, J. M. (2023). Impact of climate change on carbon emissions in future road design: frost protection of roads in temperate climates. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 3 (4), 045008. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/AD0DAD>.
23. Paeglītis, A., Paeglīte, I., & Zugs, M. (2023). Analysis of environmental data obtained from meteorological road stations in Latvia for 20 years. *Ce/Papers*, 6(5), 1074–1079. <https://doi.org/10.1002/CEPA.2030>.
24. Pastori, S., Mazzucchelli, E. S., Pastori, S., & Mazzucchelli, E. S. (2023). Climate Change and Extreme Wind Events: Overview and Perspectives for a Resilient Built Environment. *Urban Transition – Perspectives on Urban Systems and Environments*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.111828>.
25. PIARC. (2019). Refinement of PIARC's International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure – Technical Report.
26. Portāls, L. A. datu. (2019). Ceļu meteo staciju vēsturiskie dati 2001–2020 gadi. <https://data.gov.lv/dati/dataset/celu-meteo-staciju-vesturiskie-dati-2001-2019-gadi>.
27. Pregolato, M., Ford, A., Wilkinson, S. M., & Dawson, R. J. (2017). The impact of flooding on road transport: A depth-disruption function. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 55 (September), 67–81. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.020>.

28. Rail Baltica, & Hendrikson&Ko. (2019). Study on climate change impact assessment for the design, construction, maintenance and operation of Rail Baltica railway.
29. Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Schaeffer, R., Sha, F., Riahi, K., & Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature* 2016534:7609, 534 (7609), 631–639. <https://doi.org/10.1038/nature18307>.
30. Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X., & Tarbert, M. (2014). Climate Change and Infrastructure Impacts: Comparing the Impact on Roads in ten Countries through 2100. *Procedia Engineering*, 78, 306–316. <https://doi.org/10.1016/J.PRO-ENG.2014.07.072>.
31. Stocker, T. F., Qui, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis – IPCC*.
32. VARAM. (2024). Atvērtie dati. <https://www.varam.gov.lv/lv/atvertie-dati>.
33. WMO. (2013). *The global climate 2001–2010: a decade of climate extremes*.
34. Zachos, J., Pagani, H., Sloan, L., Thomas, E., & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292 (5517), 686–693. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1059412/SUPPL_FILE/INDEX.HTML.
35. Zofka, E., Reeves, S., Leuopold, A., Skakuj, M., Stefan, C., & Spekat, A. (2019). CEDR Transnational Road Research Programme Call 2015: Climate Change: From desk to Road Decision-support Tools for Embedding Climate Change Thinking on Roads (DeTECToR) Final Report.
36. Amro N., Kjelstrom E., Björnsson I., Honfi D., Ivanov O. L., Johansson J. "Bridges in a changing climate: a study of the potential impacts of climate change on bridges and their possible adaptations." *STRUCTURE AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING* (Taylor&Francis) 16, no. 4 (2020): 738–749.
37. Amro Nasr, I. Björnsson, D. Honfi, O. Larsson Ivanov, J. Johansson. "A review of the potential impacts of climate change on the safety and performance of bridges." *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 2019: 1–21.
38. Andrady, A. L., Hamid, H. S., Torikai, A. "Effects of climate change and UV-B on materials." *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2003: 68–72.
39. Anyala, M., Odoki, J. B., Baker, C. "Assessment of the impact of climate change on road maintenance." 2nd International Conference on Advances in Engineering and Technology (AET2011). Birmingham: Macmillan Uganda Ltd., 2011. 457–461.
40. Augustin M., Bell K., Kuklik P., Lokaj A., Promrov M. *Handbook 2 – Design of timber structures according to EC 5*. Prague: TEMTIS, 2008.

41. Bastidas-Arteaga, E., Schoefs, F., Stewart, M. G., Wang, X. "Influence of global warming on durability of corroding RC structures: A probabilistic approach." *Engineering Structures* 51 (2013): 259–266.
42. Bastidas-Arteaga, E., Stewart, M. G. "Damage risks and economic assessment of climate adaptation strategies for design of new concrete structures subject to chloride-induced corrosion." *Structural Safety* 52, no. January (2015): 40–53.
43. CEDR. CEDR report 2016/05 – Acting on climate change. Brussels: CEDR, 2016, 86.
44. Chen, H., Lee, C. F., Law, K. T. "Causative Mechanisms of Rainfall-Induced Fill Slope Failures." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 130, no. 6 (2004): 593–602.
45. Commission, European. Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021–2027. Brussels: European Commission, 2021.
46. Commission, European. Economic Appraisal Vademecum 2021–2027. General Principles and Sector Applications. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.
47. Commission, European. Technical guidance on sustainability proofing for the InvestEU Fund. Commitment notice. (2021/C 280/01). Brussels: European Commission, 2021.
48. Darwin, D., Browning, J. A., Gong, L., Hughes, S. R. "Effects of deicers on concrete deterioration." *ACI Materials Journal* (The University of Kansas center for research), 2008: 1–22.
49. Dikanski, H., Imam, B., Hagen-Zanker, A. "Effects of uncertain asset stock data on the assessment of climate change risks: A case study of bridge scour in the UK." *Structural Safety* 71 (2018): 1–12.
50. Gudipudi, P. P., Underwood, B. S., Zalghout, A. "Impact of climate change on pavement structural performance in the United States." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 57 (2017): 172–184.
51. Handberg O. N., Selseng M. E. T. Lønnsomhet av tiltak for klimatilpasning. Vurdering av kunnskapsgrunnlag (Economic benefits of climate change adaptation measures). Lillehammer: Statens vegvesen, Norway, 2020, 47.
52. Jansen M. A. K., Andradý A. L., Bornman J. F. and others. "Plastics in the environment in the context of UV radiation, climate change and the Montreal Protocol: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2023." *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2024: 1–22.
53. Jaspers. Roads and Climate Change in Poland, a case study. Jaspers, 2023.
54. Jaspers. Roads and Climate Change Integrating climate change aspects into road network development. Jaspers, 2018.
55. The Basics of Climate Change Adaptation Vulnerability and Risk Assessment. Luxembourg: European Investment Bank, 2017.

56. Jevrejeva, S., Jackson, L. P., Grinsted, A., Lincke, D., Marzeion, B. "Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C." *Environmental* 13 (2018): 1–12.
57. Karl, T. R., Melillo, J. M., Peterson, T. C. (Eds.). (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States: A State of Knowledge Report from the U. S. Global Climate Change Research Program*. New York: Cambridge University Press, 2009.
58. Kerr, G. H., DeGaetano, A. T., Stoof, C. R., Ward, D. "Climate change effects on wildland fire risk in the Northeastern and Great Lakes states predicted by a downscaled multi-model ensemble." *Theoretical and Applied Climatology* 131, no. 1–2 (2018): 625–639.
59. Kleissl, K., Georgakis, C. "Bridge ice accretion and de- and anti-icing systems: A review." 7th international cable supported bridge operators'. Zhenjiang, China, 2010. 1–9.
60. Köliö, A., Pakkala, T. A., Lahdensivu, J., Kiviste, M. "Durability demands related to carbonation induced corrosion for Finnish concrete buildings in changing climate." *Engineering Structures* 62–63, no. 15 (2014): 42–52.
61. Kristo, C., Rahardjo, H., Satyanaga, A. "Effect of variations in rainfall intensity on slope stability in Singapore." *International Soil and Water Conservation Research* 5, no. 4 (2017): 258–264.
62. Kumar, P., Imam, B. "Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built nrastructure." *Science of the Total Environment* 444, no. 1 (2013): 85–101.
63. Meyer, M., Weigel, B. "Climate Change and Transportation Engineering: Preparing for a Sustainable Future." *Journal of Transportation Engineering* 137, no. 6 (2011): 393–403.
64. Stewart, M. G., Wang, X., Nguyen, M. N. "Climate Change Impact and Risks of Concrete Infrastructure Deterioration." *Engineering Structures* 33, no. 4 (2011): 1326–1337.
65. Toll, D. G., Abedin, Z., Buma, J., Cui, Y., Osman, A. S., Phoon, K. K. THE IMPACT OF CHANGES IN THE WATER TABLE AND SOIL MOISTURE ON STRUCTURAL STABILITY OF BUILDINGS AND FOUNDATION SYSTEMS. Technical report-collaboration for environmental evidence, Durham: Durham University, UK, 2012.
66. UN. *Climate Change Impacts and Adaptation for Transport Networks and Nodes*. New York: United Nations Publications, 2020, 216.

10. Pielikumi

10.1. Pasūtītāja darba uzdevums

1. Klimata pārmaiņu novērtējums un nākotnes scenāriji.
 - 1.1. Latvijas teritorijai visaptverošu pēdējo 60 gadu (1961.–1990. g. un 1991.–2020. g. klimatiskās references periodiem) vēsturisko meteoroloģisko, klimatisko un hidroloģisko datu apkopojums un tendenču novērtējums par autoceļu infrastruktūru ietekmējošiem klimatiskajiem parametriem, analizējot esošos pētījumus un tos papildinot ar trūkstošo informāciju. Parametri, kuriem jābūt ietvertiem pētījumā:
 - gaisa temperatūra – vidējās un ekstremālās vērtības (ekstrēma karstuma un sala viļņi, temperatūras svārstības ap 0 °C vērtību, bezatkušņa dienu skaits u.c.);
 - atmosfēras nokrišņi – vidējās un ekstremālās vērtības;
 - grunts sala pacēlums;
 - plūdu biežums un intensitāte;
 - vēju biežums un intensitāte
 - citi pētījuma izpildītāja rekomendēti apdraudējumi.
 - 1.2. Darba uzdevuma 1.1. punktā minēto klimatisko parametru un to izmaiņu scenāriju apkopojums turpmākajiem 30 gadiem, balstoties vēsturiskajos datos, vietējo un starptautisko pētījumu rezultātos. Datiem jābūt attēlotiem detālās tabulās un kartēs.
 - 1.3. Ekstremālu klimatisko apstākļu identificēšana (piemēram, ekstremālas temperatūras, virs normas nokrišņu daudzums, sniegpuenis un sniega segas biežums, plūdi, nogrūvumi, vētras, negaiss, krusa, savvaļas ugunsgrēki u.c.).
2. Esošā valsts autoceļu tīkla noturības izvērtējums klimata pārmaiņu apstākļos.
 - 2.1. Konstatētās un potenciālās klimata pārmaiņu ietekmes uz autoceļu infrastruktūru un tās procesiem (projektēšana, būvniecība, ekspluatācija, uzturēšana) izvērtējums, balstoties vēsturiskajos datos, starptautisko pētījumu un projektu rezultātos, citu valstu novērojumos, Darba uzdevuma 1.2. punktā apkopoto scenāriju rezultātos.
 - 2.2. LVC struktūrvienību un uzņēmumu, kas nodrošina valsts autoceļu uzturēšanu, aptaujas izstrāde, veikšana un analīze – līdzšinējie novērojumi par klimata pārmaiņu ietekmi uz valsts autoceļu tīklu (piemēram, bojājumu apjoms fiziskā un ekonomiskā izteiksmē, citi

- parametri). Aptaujai ģeogrāfiski jāaptver visa Latvijas teritorija, piekrastes un kontinentālās zonas. Minimālais respondentu loks – LVC Ceļu pārvaldīšanas un uzturēšanas pārvaldes struktūrvienības, ieskaitot visas reģionālās nodaļas, atsevišķas VAS “Latvijas autoceļu uzturētājs” struktūrvienības.
- 2.3.** Autoceļu tīkla noturības izvērtēšanas metodoloģijas izstrāde (novērtēšanas metodoloģijas izstrāde vai gatavas metodoloģijas pielāgošana Pasūtītāja vajadzībām, to saskaņojot), balsoties starptautiskajos pētījumos. Metodoloģijai jāietver datu analīzes algoritmu apraksti, praktiski lietojamas izklājlapas vai lietotne noturību ietekmējošo faktoru ievadei un noturības izvērtējuma atskaites sagatavošanai.
 - 2.4.** Autoceļu infrastruktūras kritisko elementu un ar tiem saistīto risku noteikšana, piemērojot ievainojamības analīzi (angļu val. – *vulnerability analysis*).
 - 2.5.** Izvēlētās metodoloģijas piemērošana esošā valsts autoceļa tīkla infrastruktūras identificēto kritisko elementu kvantitatīvai izvērtēšanai, atbilstoši Darba uzdevuma 1.2. punktā identificētajiem klimata pārmaiņu scenārijiem (elementu vai to grupu/risku matricas, kartes u.c.).
 - 2.6.** Ekstremālu klimatisko apstākļu iespējamības un ietekmes riska izvērtējums attiecībā uz autoceļa infrastruktūru. Identificēt tos ekstremālu klimatisko apstākļu radītos riskus, kas būtiski ietekmēs ceļu būvniecību un ceļu infrastruktūras plānošanu.
- 3.** Valsts autoceļu tīkla pielāgošanās iespējas klimata pārmaiņām.
 - 3.1.** Autoceļu infrastruktūras pielāgošanās klimata pārmaiņām iespēju apzināšana.
 - 3.1.1.** Neinženiertehniskās iespējas (piemēram, politiskie instrumenti, stratēģijas, plāni, vadlīnijas, specifikācijas).
 - 3.1.2.** Inženiertehniskās iespējas (piemēram, inovatīvi materiāli, tehniskie risinājumi).
 - 3.1.3.** Labās prakses piemēri.

- 3.2.** Aktīvu pārvaldības sistēmas nozīme valsts autoceļu tīkla pielāgošanai klimata pārmaiņām. LVC uzkrājami un analizējami dati pielāgošanās klimata pārmaiņām veicināšanai
 - 3.2.1.** Atbilstīgo autoceļu nozares normatīvo dokumentu identifikācija klimata pārmaiņu kontekstā.
 - 3.2.2.** Salīdzināt Darba uzdevuma 1.1. punktā apskatītos klimatu raksturojošos rādītājus laikā, kad tika izstrādāti autoceļu infrastruktūras būvniecībai, projektēšanai un pārbūvei saistošie normatīvi, ar pašreizējiem un nākotnē prognozētajiem, noteikt, kādi tehniskie autoceļu inženierbūvju parametri būtu jāizmanto, lai tie atbilstu nākotnes klimata prognozēm.
 - 3.2.3.** Darba uzdevuma 2.4. punktā identificēto labojumu ieviešanas šķēršļu un potenciālo risku analīze.
- 3.3.** Esošā valsts autoceļu tīkla pielāgošanās iespēju novērtējums klimata pārmaiņām Latvijā Darba uzdevuma 2.4. punktā identificētajiem kritiskajiem autoceļu elementiem (iespējas, riski, šķēršļi, realizācijas priekšnosacījumi).
- 3.4.** Noteikt, kas jāņem vērā projektējot un izbūvējot jaunu valsts autoceļu infrastruktūru Latvijā, lai tā būtu pielāgota klimata pārmaiņām nākamajiem 50–100 gadiem, novērtējumam par pamatu ņemot Darba uzdevuma 1.1. apskatītos klimata mainīgos.
- 4.** Valsts autoceļu tīkla apsaimniekošanas (projektēšana, būvniecība, uzturēšana) ietekmes uz klimatu un vidi samazināšanas iespējas.
 - 4.1.** Aktuālo normatīvo aktu analīze ietekmes uz klimatu un vidi jautājumos, tas ir, ko tie uzliek par pienākumu vidējā un ilgtermiņā LVC kā infrastruktūras pārvaldītājam attiecībā uz ietekmes samazināšanu, tajā skaitā SEG.
 - 4.2.** Valsts autoceļu apsaimniekošanas radītās ietekmes uz klimatu un vidi projektēšanas, būvniecības un uzturēšanas laikā vispārīgs novērtējums, salīdzinājums ar citu valstu pieredzi un praksi.
 - 4.3.** Priekšlikumi, kā samazināt valsts autoceļu tīkla apsaimniekošanas laikā radīto ietekmi uz klimatu un vidi, ņemot vērā citu valstu pieredzi un jaunāko pētījumu rezultātus.

10.2. Tiltus ietekmējošo klimatisko parametru izmaiņu prognozes aprēķins atbilstoši SSP scenārijiem

10.2.–1. tabula.

Diennakts minimālās temperatūras minimālās vērtības prognoze (SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	T °C, min./min.						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1.	Aizkraukles novads	-20,8	-18,1	-16,6	-20,9	-17,1	-13,7	2,7	4,2	3,8	7,2
2.	Alūksnes novads	-22,2	-19,1	-17,8	-22,3	-18,4	-14,8	3,1	4,4	3,9	7,5
3.	Augšdaugavas nov.	-21,9	-19,1	-17,6	-22,0	-18,0	-14,7	2,8	4,3	4,0	7,3
4.	Ādažu novads	-18,0	-15,5	-14,0	-18,1	-14,5	-11,3	2,5	4,0	3,6	6,8
5.	Balvu novads	-21,9	-18,9	-17,6	-21,9	-18,1	-14,5	3,0	4,3	3,8	7,4
6.	Bauskas novads	-19,6	-17,0	-15,4	-19,7	-15,9	-12,7	2,6	4,2	3,8	7,0
7.	Cēsu novads	-20,9	-18,1	-16,7	-21,0	-17,3	-13,8	2,8	4,2	3,7	7,2
8.	Daugavpils pilsēta	-21,8	-18,9	-17,4	-21,8	-17,9	-14,5	2,9	4,4	3,9	7,3
9.	Dienvidkurzemes n.	-13,4	-11,6	-10,5	-13,5	-11,0	-8,5	1,8	2,9	2,5	5,0
10.	Dobeles novads	-18,1	-15,7	-14,3	-18,1	-14,7	-11,6	2,4	3,8	3,4	6,5
11.	Gulbenes novads	-21,7	-18,7	-17,4	-21,8	-18,0	-14,4	3,0	4,3	3,8	7,4
12.	Jelgavas novads	-18,5	-16,1	-14,5	-18,6	-15,0	-11,8	2,4	4,0	3,6	6,8
13.	Jelgavas pilsēta	-18,3	-15,9	-14,4	-18,5	-14,8	-11,7	2,4	3,9	3,7	6,8
14.	Jēkabpils novads	-21,3	-18,5	-17,0	-21,4	-17,5	-14,1	2,8	4,3	3,9	7,3
15.	Jūrmalas pilsēta	-17,4	-15,0	-13,5	-17,5	-14,0	-10,9	2,4	3,9	3,5	6,6
16.	Krāslavas novads	-22,2	-19,3	-17,9	-22,2	-18,3	-14,9	2,9	4,3	3,9	7,3
17.	Kuldīgas novads	-14,4	-12,5	-11,3	-14,4	-11,6	-9,0	1,9	3,1	2,8	5,4
18.	Ķekavas novads	-18,8	-16,3	-14,8	-19,0	-15,2	-12,0	2,5	4,0	3,8	7,0
19.	Liepājas pilsēta	-11,7	-10,0	-9,0	-11,8	-9,4	-7,1	1,7	2,7	2,4	4,7
20.	Līmbažu novads	-18,6	-15,9	-14,6	-18,6	-15,1	-11,8	2,7	4,0	3,5	6,8
21.	Līvānu novads	-21,4	-18,6	-17,1	-21,5	-17,6	-14,2	2,8	4,3	3,9	7,3
22.	Ludzas novads	-22,0	-19,1	-17,8	-22,0	-18,2	-14,7	2,9	4,2	3,8	7,3
23.	Madonas novads	-21,6	-18,7	-17,4	-21,7	-17,9	-14,4	2,9	4,2	3,8	7,3
24.	Mārupes novads	-17,8	-15,3	-13,8	-17,8	-14,2	-11,1	2,5	4,0	3,6	6,7
25.	Ogres novads	-20,1	-17,4	-15,9	-20,2	-16,5	-13,1	2,7	4,2	3,7	7,1
26.	Olaines novads	-18,4	-15,9	-14,4	-18,5	-14,8	-11,6	2,5	4,0	3,7	6,9
27.	Preiļu novads	-21,8	-18,9	-17,5	-21,9	-18,0	-14,6	2,9	4,3	3,9	7,3
28.	Rēzeknes novads	-22,1	-19,1	-17,8	-22,1	-18,2	-14,7	3,0	4,3	3,9	7,4
29.	Rēzeknes pilsēta	-22,2	-19,3	-17,9	-22,2	-18,4	-14,9	2,9	4,3	3,8	7,3
30.	Rīgas pilsēta	-17,9	-15,4	-13,9	-18,0	-14,4	-11,2	2,5	4,0	3,6	6,8
31.	Ropažu novads	-18,7	-16,2	-14,7	-18,8	-15,1	-11,9	2,5	4,0	3,7	6,9
32.	Salaspils novads	-18,6	-16,0	-14,5	-18,7	-15,0	-11,8	2,6	4,1	3,7	6,9
33.	Saldus novads	-16,8	-14,7	-13,3	-16,9	-13,8	-10,8	2,1	3,5	3,1	6,1



Nr.p.k.	Stacija	T°C, min./min.						Pieaugums				
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0		
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085	
34.	Saulkrastu novads	-18,4	-15,8	-14,4	-18,5	-14,9	-11,7	2,6	4,0	3,6	6,8	
35.	Siguldas novads	-19,5	-16,8	-15,4	-19,6	-15,9	-12,6	2,7	4,1	3,7	7,0	
36.	Smiltenes novads	-21,3	-18,4	-17,1	-21,4	-17,7	-14,1	2,9	4,2	3,7	7,3	
37.	Talsu novads	-15,0	-12,9	-11,7	-14,9	-12,1	-9,4	2,1	3,3	2,8	5,5	
38.	Tukuma novads	-17,0	-14,7	-13,3	-16,9	-13,7	-10,7	2,3	3,7	3,2	6,2	
39.	Valkas novads	-20,7	-17,8	-16,4	-20,8	-17,1	-13,5	2,9	4,3	3,7	7,3	
40.	Valmieras novads	-19,9	-17,1	-15,7	-19,9	-16,3	-12,8	2,8	4,2	3,6	7,1	
41.	Varakļānu novads	-21,5	-18,6	-17,2	-21,5	-17,7	-14,2	2,9	4,3	3,8	7,3	
42.	Ventspils novads	-12,6	-10,7	-9,6	-12,5	-9,9	-7,5	1,9	3,0	2,6	5,0	
43.	Ventspils pilsēta	-11,2	-9,4	-8,4	-11,1	-8,7	-6,5	1,8	2,8	2,4	4,6	
								vid.	2,58	3,97	3,55	6,76
								max	3,1	4,4	4,0	7,5
								min	1,7	2,7	2,4	4,6

10.2. – 2. tabula.

Diennakts maksimālās temperatūras maksimālās vērtības prognoze (SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	T°C, maks./maks.						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
1.	Aizkraukles novads	33,3	34,6	35,5	33,8	35,6	37,6	1,3	2,2	1,8	3,8
2.	Alūksnes novads	32,3	33,5	34,4	32,7	34,5	36,3	1,2	2,1	1,8	3,6
3.	Augšdaugavas nov.	33,3	34,6	35,5	33,8	35,6	37,5	1,3	2,2	1,8	3,7
4.	Ādažu novads	32,4	33,6	34,5	32,8	34,5	36,5	1,2	2,1	1,7	3,7
5.	Balvu novads	32,9	34,2	35,0	33,3	35,1	37,0	1,3	2,1	1,8	3,7
6.	Bauskas novads	33,5	34,8	35,6	34,0	35,7	37,8	1,3	2,1	1,7	3,8
7.	Cēsu novads	32,1	33,4	34,3	32,6	34,3	36,3	1,3	2,2	1,7	3,7
8.	Daugavpils pilsēta	33,5	34,7	35,6	34,0	35,7	37,7	1,2	2,1	1,7	3,7
9.	Dienvidkurzemes n.	29,8	31,0	31,7	30,1	31,6	33,5	1,2	1,9	1,5	3,4
10.	Dobeles novads	33,0	34,2	35,0	33,5	35,2	37,1	1,2	2,0	1,7	3,6
11.	Gulbenes novads	32,6	33,9	34,8	33,1	34,8	36,7	1,3	2,2	1,7	3,6
12.	Jelgavas novads	33,4	34,6	35,4	33,9	35,5	37,5	1,2	2,0	1,6	3,6
13.	Jelgavas pilsēta	33,3	34,6	35,4	33,8	35,5	37,5	1,3	2,1	1,7	3,7
14.	Jēkabpils novads	33,4	34,7	35,6	33,9	35,7	37,6	1,3	2,2	1,8	3,7
15.	Jūrmalas pilsēta	32,6	33,8	34,7	33,1	34,7	36,7	1,2	2,1	1,6	3,6
16.	Krāslavas novads	33,0	34,3	35,2	33,5	35,3	37,2	1,3	2,2	1,8	3,7
17.	Kuldīgas novads	30,4	31,6	32,4	30,7	32,3	34,2	1,2	2,0	1,6	3,5
18.	Ķekavas novads	33,1	34,4	35,2	33,7	35,3	37,4	1,3	2,1	1,6	3,7
19.	Liepājas pilsēta	28,7	29,9	30,7	29,0	30,5	32,2	1,2	2,0	1,5	3,2
20.	Limbažu novads	31,4	32,7	33,5	31,8	33,5	35,5	1,3	2,1	1,7	3,7
21.	Līvānu novads	33,4	34,8	35,6	34,0	35,7	37,6	1,4	2,2	1,7	3,6





Nr.p.k.	Stacija	T°C, maks./maks.						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
22.	Ludzas novads	32,9	34,3	35,1	33,4	35,3	37,1	1,4	2,2	1,9	3,7
23.	Madonas novads	32,7	34,1	34,9	33,3	35,0	36,9	1,4	2,2	1,7	3,6
24.	Mārupes novads	32,8	34,1	34,9	33,3	35,0	37,0	1,3	2,1	1,7	3,7
25.	Ogres novads	33,0	34,3	35,1	33,5	35,2	37,2	1,3	2,1	1,7	3,7
26.	Olaines novads	33,1	34,4	35,2	33,6	35,3	37,3	1,3	2,1	1,7	3,7
27.	Preiļu novads	33,3	34,6	35,5	33,8	35,5	37,5	1,3	2,2	1,7	3,7
28.	Rēzeknes novads	33,1	34,4	35,3	33,6	35,4	37,2	1,3	2,2	1,8	3,6
29.	Rēzeknes pilsēta	33,0	34,4	35,2	33,5	35,3	37,2	1,4	2,2	1,8	3,7
30.	Rīgas pilsēta	32,8	34,0	34,9	33,3	34,9	37,0	1,2	2,1	1,6	3,7
31.	Ropažu novads	32,7	34,0	34,9	33,2	34,9	36,9	1,3	2,2	1,7	3,7
32.	Salaspils novads	33,0	34,3	35,1	33,5	35,2	37,2	1,3	2,1	1,7	3,7
33.	Saldus novads	32,1	33,3	34,1	32,6	34,2	36,1	1,2	2,0	1,6	3,5
34.	Saulkrastu novads	32,0	33,3	34,1	32,5	34,2	36,2	1,3	2,1	1,7	3,7
35.	Siguldas novads	32,3	33,6	34,4	32,8	34,5	36,5	1,3	2,1	1,7	3,7
36.	Smiltenes novads	32,3	33,6	34,5	32,8	34,5	36,4	1,3	2,2	1,7	3,6
37.	Talsu novads	30,1	31,3	32,0	30,3	31,9	33,8	1,2	1,9	1,6	3,5
38.	Tukuma novads	32,0	33,2	34,0	32,4	34,1	36,0	1,2	2,0	1,7	3,6
39.	Valkas novads	32,4	33,7	34,5	32,9	34,6	36,5	1,3	2,1	1,7	3,6
40.	Valmieras novads	32,1	33,4	34,3	32,6	34,3	36,3	1,3	2,2	1,7	3,7
41.	Varakļānu novads	33,2	34,6	35,5	33,8	35,5	37,4	1,4	2,3	1,7	3,6
42.	Ventspils novads	28,6	29,7	30,4	28,7	30,2	32,0	1,1	1,8	1,5	3,3
43.	Ventspils pilsēta	27,6	28,7	29,4	27,6	29,1	30,9	1,1	1,8	1,5	3,3
							vid.	1,3	2,1	1,7	3,6
							max	1,4	2,3	1,9	3,8
							min	1,1	1,8	1,5	3,2

10.2. – 3. tabula.

Sala dienu skaita izmaiņas prognoze (SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	Sala dienu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
1.	Aizkraukles novads	115,0	98,0	89,0	116,0	92,0	71,0	-17	-26	-24	-45
2.	Alūksnes novads	121,0	103,0	94,0	120,0	97,0	75,0	-18	-27	-23	-45
3.	Augšdaugavas nov.	122,0	106,0	96,0	123,0	99,0	78,0	-16	-26	-24	-45
4.	Ādažu novads	101,0	82,0	75,0	100,0	77,0	57,0	-19	-26	-23	-43
5.	Balvu novads	115,0	99,0	89,0	116,0	93,0	71,0	-16	-26	-23	-45
6.	Bauskas novads	110,0	92,0	83,0	110,0	86,0	67,0	-18	-27	-24	-43
7.	Cēsu novads	120,0	103,0	93,0	121,0	97,0	75,0	-17	-27	-24	-46
8.	Daugavpils pilsēta	120,0	104,0	95,0	121,0	97,0	76,0	-16	-25	-24	-45
9.	Dienvidkurzemes n.	101,0	83,0	73,0	101,0	77,0	56,0	-18	-28	-24	-45
10.	Dobeles novads	111,0	93,0	84,0	111,0	87,0	67,0	-18	-27	-24	-44





Nr.p.k.	Stacija	Sala dienu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
11.	Gulbenes novads	118,0	101,0	92,0	119,0	95,0	74,0	-17	-26	-24	-45
12.	Jelgavas novads	108,0	90,0	80,0	107,0	84,0	63,0	-18	-28	-23	-44
13.	Jelgavas pilsēta	105,0	88,0	79,0	107,0	82,0	63,0	-17	-26	-25	-44
14.	Jēkabpils novads	117,0	101,0	91,0	118,0	94,0	73,0	-16	-26	-24	-45
15.	Jūrmalas pilsēta	101,0	83,0	75,0	101,0	78,0	58,0	-18	-26	-23	-43
16.	Krāslavas novads	121,0	105,0	94,0	122,0	98,0	77,0	-16	-27	-24	-45
17.	Kuldīgas novads	102,0	85,0	75,0	103,0	80,0	58,0	-17	-27	-23	-45
18.	Ķekavas novads	105,0	87,0	78,0	105,0	82,0	62,0	-18	-27	-23	-43
19.	Liepājas pilsēta	89,0	70,0	61,0	89,0	64,0	44,0	-19	-28	-25	-45
20.	Līmbažu novads	110,0	91,0	83,0	110,0	86,0	65,0	-19	-27	-24	-45
21.	Līvānu novads	115,0	99,0	90,0	117,0	93,0	71,0	-16	-25	-24	-46
22.	Ludzas novads	117,0	101,0	90,0	117,0	94,0	73,0	-16	-27	-23	-44
23.	Madonas novads	119,0	103,0	92,0	120,0	97,0	74,0	-16	-27	-23	-46
24.	Mārupes novads	101,0	83,0	74,0	102,0	78,0	58,0	-18	-27	-24	-44
25.	Ogres novads	112,0	94,0	86,0	112,0	88,0	68,0	-18	-26	-24	-44
26.	Olaines novads	104,0	86,0	78,0	103,0	81,0	60,0	-18	-26	-22	-43
27.	Preiļu novads	119,0	103,0	93,0	119,0	97,0	75,0	-16	-26	-22	-44
28.	Rēzeknes novads	119,0	103,0	94,0	120,0	96,0	75,0	-16	-25	-24	-45
29.	Rēzeknes pilsēta	121,0	105,0	94,0	121,0	98,0	78,0	-16	-27	-23	-43
30.	Rīgas pilsēta	98,0	81,0	72,0	99,0	76,0	56,0	-17	-26	-23	-43
31.	Ropažu novads	104,0	85,0	77,0	103,0	80,0	60,0	-19	-27	-23	-43
32.	Salaspils novads	101,0	85,0	75,0	102,0	79,0	59,0	-16	-26	-23	-43
33.	Saldus novads	111,0	95,0	84,0	113,0	89,0	68,0	-16	-27	-24	-45
34.	Saulkrastu novads	103,0	86,0	77,0	105,0	80,0	60,0	-17	-26	-25	-45
35.	Siguldas novads	109,0	94,0	84,0	111,0	88,0	66,0	-15	-25	-23	-45
36.	Smiltenes novads	119,0	102,0	92,0	120,0	95,0	74,0	-17	-27	-25	-46
37.	Talsu novads	106,0	88,0	79,0	108,0	82,0	60,0	-18	-27	-26	-48
38.	Tukuma novads	108,0	91,0	81,0	109,0	85,0	64,0	-17	-27	-24	-45
39.	Valkas novads	115,0	97,0	88,0	114,0	90,0	70,0	-18	-27	-24	-44
40.	Valmieras novads	113,0	95,0	86,0	113,0	88,0	68,0	-18	-27	-25	-45
41.	Varakļānu novads	115,0	98,0	89,0	116,0	92,0	72,0	-17	-26	-24	-44
42.	Ventspils novads	95,0	75,0	65,0	95,0	70,0	49,0	-20	-30	-25	-46
43.	Ventspils pilsēta	86,0	67,0	58,0	87,0	62,0	41,0	-19	-28	-25	-46
	vid.	109,8	92,6	83,2	110,4	86,6	65,8	-17,3	-26,6	-23,8	-44,6
	max	122	106	96	123	99	78	-15	-25	-22	-43
	min	86	67	58	87	62	41	-20	-30	-26	-48

10.2. – 4. tabula.

Dienu bez atkušņa skaita izmaiņas prognoze (SSP scenāriji)

Nr. p.k.	Stacija	Dienu skaits bez atkušņa						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1.	Aizkraukles novads	47,0	36,0	31,0	48,0	34,0	22,0	-11	-16	-14	-26
2.	Alūksnes novads	57,0	46,0	40,0	58,0	43,0	30,0	-11	-17	-15	-28
3.	Augšdaugavas nov.	51,0	39,0	35,0	52,0	37,0	25,0	-12	-16	-15	-27
4.	Ādažu novads	39,0	30,0	25,0	41,0	27,0	16,0	-9	-14	-14	-25
5.	Balvu novads	54,0	43,0	38,0	55,0	40,0	28,0	-11	-16	-15	-27
6.	Bauskas novads	41,0	30,0	26,0	42,0	29,0	18,0	-11	-15	-13	-24
7.	Cēsu novads	51,0	40,0	36,0	54,0	38,0	26,0	-11	-15	-16	-28
8.	Daugavpils pilsēta	50,0	38,0	33,0	51,0	36,0	24,0	-12	-17	-15	-27
9.	Dienvidkurzemes n.	29,0	18,0	15,0	28,0	18,0	9,0	-11	-14	-10	-19
10.	Dobeles novads	40,0	29,0	24,0	40,0	28,0	17,0	-11	-16	-12	-23
11.	Gulbenes novads	54,0	43,0	38,0	55,0	39,0	28,0	-11	-16	-16	-27
12.	Jelgavas novads	38,0	28,0	23,0	39,0	26,0	16,0	-10	-15	-13	-23
13.	Jelgavas pilsēta	38,0	27,0	23,0	39,0	26,0	16,0	-11	-15	-13	-23
14.	Jēkabpils novads	49,0	38,0	33,0	49,0	35,0	23,0	-11	-16	-14	-26
15.	Jūrmalas pilsēta	37,0	26,0	23,0	37,0	25,0	15,0	-11	-14	-12	-22
16.	Krāslavas novads	55,0	42,0	38,0	56,0	40,0	28,0	-13	-17	-16	-28
17.	Kuldīgas novads	32,0	23,0	19,0	33,0	20,0	11,0	-9	-13	-13	-22
18.	Ķekavas novads	40,0	30,0	26,0	41,0	28,0	18,0	-10	-14	-13	-23
19.	Liepājas pilsēta	24,0	15,0	12,0	24,0	13,0	7,0	-9	-12	-11	-17
20.	Limbažu novads	44,0	32,0	29,0	44,0	31,0	19,0	-12	-15	-13	-25
21.	Līvānu novads	49,0	38,0	33,0	50,0	36,0	24,0	-11	-16	-14	-26
22.	Ludzas novads	54,0	43,0	38,0	56,0	40,0	29,0	-11	-16	-16	-27
23.	Madonas novads	53,0	41,0	37,0	54,0	39,0	27,0	-12	-16	-15	-27
24.	Mārupes novads	38,0	28,0	24,0	39,0	26,0	16,0	-10	-14	-13	-23
25.	Ogres novads	45,0	34,0	30,0	46,0	32,0	21,0	-11	-15	-14	-25
26.	Olaines novads	38,0	29,0	25,0	39,0	26,0	17,0	-9	-13	-13	-22
27.	Preiļu novads	53,0	40,0	37,0	54,0	39,0	27,0	-13	-16	-15	-27
28.	Rēzeknes novads	54,0	43,0	38,0	55,0	40,0	28,0	-11	-16	-15	-27
29.	Rēzeknes pilsēta	55,0	44,0	39,0	56,0	41,0	29,0	-11	-16	-15	-27
30.	Rīgas pilsēta	38,0	28,0	25,0	39,0	26,0	16,0	-10	-13	-13	-23
31.	Ropažu novads	42,0	31,0	26,0	42,0	29,0	18,0	-11	-16	-13	-24
32.	Salaspils novads	40,0	30,0	26,0	40,0	28,0	18,0	-10	-14	-12	-22
33.	Saldus novads	38,0	28,0	23,0	39,0	26,0	16,0	-10	-15	-13	-23
34.	Saulkrastu novads	41,0	31,0	26,0	42,0	27,0	18,0	-10	-15	-15	-24
35.	Siguldas novads	44,0	34,0	30,0	46,0	32,0	21,0	-10	-14	-14	-25
36.	Smiltenes novads	53,0	41,0	37,0	54,0	39,0	26,0	-12	-16	-15	-28
37.	Talsu novads	35,0	24,0	21,0	36,0	22,0	13,0	-11	-14	-14	-23
38.	Tukuma novads	38,0	27,0	24,0	38,0	26,0	15,0	-11	-14	-12	-23
39.	Valkas novads	50,0	39,0	34,0	50,0	36,0	24,0	-11	-16	-14	-26



Nr.p.k.	Stacija	Dīnu skaits bez atkušņa						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
40.	Valmieras novads	48,0	37,0	32,0	48,0	34,0	23,0	-11	-16	-14	-25
41.	Varakļānu novads	50,0	39,0	35,0	53,0	38,0	26,0	-11	-15	-15	-27
42.	Ventspils novads	29,0	19,0	15,0	29,0	16,0	9,0	-10	-14	-13	-20
43.	Ventspils pilsēta	26,0	16,0	13,0	26,0	14,0	7,0	-10	-13	-12	-19
	vid.	43,7	33,0	28,7	44,6	30,8	20,1	-10,8	-15,0	-13,8	-24,5
	max	57	46	40	58	43	30	-9	-12	-10	-17
	min	24	15	12	24	13	7	-13	-17	-16	-28

10.2. – 5. tabula.

Atkušņu skaita izmaiņas prognoze (nosacīts aprēķins kā starpība starp sala dienu un bezatkušņa dienu skaitu; SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	Nosacīts atkušņu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
1.	Aizkraukles novads	68	62	58	68	58	49	-6	-10	-10	-19
2.	Alūksnes novads	64	57	54	62	54	45	-7	-10	-8	-17
3.	Augšdaugavas nov.	71	67	61	71	62	53	-4	-10	-9	-18
4.	Ādažu novads	62	52	50	59	50	41	-10	-12	-9	-18
5.	Balvu novads	61	56	51	61	53	43	-5	-10	-8	-18
6.	Bauskas novads	69	62	57	68	57	49	-7	-12	-11	-19
7.	Cēsu novads	69	63	57	67	59	49	-6	-12	-8	-18
8.	Daugavpils pilsēta	70	66	62	70	61	52	-4	-8	-9	-18
9.	Dienvidkurzemes n.	72	65	58	73	59	47	-7	-14	-14	-26
10.	Dobeles novads	71	64	60	71	59	50	-7	-11	-12	-21
11.	Gulbenes novads	64	58	54	64	56	46	-6	-10	-8	-18
12.	Jelgavas novads	70	62	57	68	58	47	-8	-13	-10	-21
13.	Jelgavas pilsēta	67	61	56	68	56	47	-6	-11	-12	-21
14.	Jēkabpils novads	68	63	58	69	59	50	-5	-10	-10	-19
15.	Jūrmalas pilsēta	64	57	52	64	53	43	-7	-12	-11	-21
16.	Krāslavas novads	66	63	56	66	58	49	-3	-10	-8	-17
17.	Kuldīgas novads	70	62	56	70	60	47	-8	-14	-10	-23
18.	Ķekavas novads	65	57	52	64	54	44	-8	-13	-10	-20
19.	Liepājas pilsēta	65	55	49	65	51	37	-10	-16	-14	-28
20.	Limbažu novads	66	59	54	66	55	46	-7	-12	-11	-20
21.	Līvānu novads	66	61	57	67	57	47	-5	-9	-10	-20
22.	Ludzas novads	63	58	52	61	54	44	-5	-11	-7	-17
23.	Madonas novads	66	62	55	66	58	47	-4	-11	-8	-19
24.	Mārupes novads	63	55	50	63	52	42	-8	-13	-11	-21
25.	Ogres novads	67	60	56	66	56	47	-7	-11	-10	-19
26.	Olaines novads	66	57	53	64	55	43	-9	-13	-9	-21
27.	Preiļu novads	66	63	56	65	58	48	-3	-10	-7	-17





Nr.p.k.	Stacija	Nosacīts atkušņu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
28.	Rēzeknes novads	65	60	56	65	56	47	-5	-9	-9	-18
29.	Rēzeknes pilsēta	66	61	55	65	57	49	-5	-11	-8	-16
30.	Rīgas pilsēta	60	53	47	60	50	40	-7	-13	-10	-20
31.	Ropažu novads	62	54	51	61	51	42	-8	-11	-10	-19
32.	Salaspils novads	61	55	49	62	51	41	-6	-12	-11	-21
33.	Saldus novads	73	67	61	74	63	52	-6	-12	-11	-22
34.	Saulkrastu novads	62	55	51	63	53	42	-7	-11	-10	-21
35.	Siguldas novads	65	60	54	65	56	45	-5	-11	-9	-20
36.	Smiltenes novads	66	61	55	66	56	48	-5	-11	-10	-18
37.	Talsu novads	71	64	58	72	60	47	-7	-13	-12	-25
38.	Tukuma novads	70	64	57	71	59	49	-6	-13	-12	-22
39.	Valkas novads	65	58	54	64	54	46	-7	-11	-10	-18
40.	Valmieras novads	65	58	54	65	54	45	-7	-11	-11	-20
41.	Varakļānu novads	65	59	54	63	54	46	-6	-11	-9	-17
42.	Ventspils novads	66	56	50	66	54	40	-10	-16	-12	-26
43.	Ventspils pilsēta	60	51	45	61	48	34	-9	-15	-13	-27
	vid.	66.1	59.6	54.5	65.8	55.8	45.7	-6.5	-11.6	-10.0	-20.1
	max	73	67	62	74	63	53	-3	-8	-7	-16
	min	60	51	45	59	48	34	-10	-16	-14	-28

10.2. – 6. tabula.

Veģetācijas dienu skaita izmaiņas prognoze (SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	Veģetācijas periods						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1.	Aizkraukles novads	207,0	219,0	228,0	207,0	225,0	245,0	12	21	18	38
2.	Alūksnes novads	200,0	211,0	219,0	199,0	215,0	232,0	11	19	16	33
3.	Augšdaugavas nov.	206,0	217,0	226,0	205,0	223,0	241,0	11	20	18	36
4.	Ādažu novads	213,0	226,0	235,0	214,0	232,0	256,0	13	22	18	42
5.	Balvu novads	204,0	214,0	223,0	204,0	219,0	236,0	10	19	15	32
6.	Bauskas novads	212,0	225,0	234,0	212,0	231,0	254,0	13	22	19	42
7.	Cēsu novads	202,0	215,0	223,0	201,0	220,0	240,0	13	21	19	39
8.	Daugavpils pilsēta	207,0	218,0	227,0	206,0	224,0	243,0	11	20	18	37
9.	Dienvidkurzemes n.	225,0	246,0	260,0	222,0	254,0	285,0	21	35	32	63
10.	Dobeles novads	215,0	229,0	239,0	214,0	235,0	261,0	14	24	21	47
11.	Gulbenes novads	203,0	214,0	222,0	202,0	218,0	236,0	11	19	16	34
12.	Jelgavas novads	215,0	229,0	238,0	215,0	235,0	260,0	14	23	20	45
13.	Jelgavas pilsēta	215,0	229,0	238,0	215,0	236,0	260,0	14	23	21	45
14.	Jēkabpils novads	207,0	218,0	227,0	206,0	223,0	243,0	11	20	17	37
15.	Jūrmalas pilsēta	216,0	230,0	239,0	216,0	236,0	262,0	14	23	20	46





Nr.p.k.	Stacija	Veģetācijas periods						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
16.	Krāslavas novads	205,0	215,0	224,0	204,0	221,0	238,0	10	19	17	34
17.	Kuldīgas novads	222,0	241,0	252,0	220,0	248,0	278,0	19	30	28	58
18.	Ķekavas novads	214,0	226,0	234,0	214,0	232,0	255,0	12	20	18	41
19.	Liepājas pilsēta	230,0	253,0	270,0	228,0	262,0	294,0	23	40	34	66
20.	Limbažu novads	208,0	221,0	229,0	207,0	227,0	250,0	13	21	20	43
21.	Līvānu novads	207,0	218,0	227,0	206,0	223,0	242,0	11	20	17	36
22.	Ludzas novads	205,0	215,0	224,0	205,0	220,0	237,0	10	19	15	32
23.	Madonas novads	203,0	215,0	223,0	202,0	220,0	238,0	12	20	18	36
24.	Mārupes novads	216,0	229,0	238,0	216,0	236,0	261,0	13	22	20	45
25.	Ogres novads	208,0	221,0	229,0	208,0	227,0	247,0	13	21	19	39
26.	Olaines novads	215,0	228,0	237,0	215,0	235,0	259,0	13	22	20	44
27.	Preiļu novads	206,0	217,0	225,0	205,0	222,0	240,0	11	19	17	35
28.	Rēzeknes novads	205,0	215,0	224,0	205,0	221,0	238,0	10	19	16	33
29.	Rēzeknes pilsēta	204,0	215,0	223,0	204,0	220,0	237,0	11	19	16	33
30.	Rīgas pilsēta	216,0	228,0	237,0	216,0	235,0	258,0	12	21	19	42
31.	Ropažu novads	212,0	225,0	233,0	212,0	231,0	254,0	13	21	19	42
32.	Salaspils novads	214,0	226,0	235,0	214,0	233,0	256,0	12	21	19	42
33.	Saldus novads	216,0	233,0	243,0	215,0	239,0	267,0	17	27	24	52
34.	Saulkrastu novads	211,0	223,0	232,0	211,0	230,0	253,0	12	21	19	42
35.	Siguldas novads	207,0	220,0	229,0	207,0	226,0	247,0	13	22	19	40
36.	Smiltenes novads	202,0	214,0	222,0	201,0	218,0	236,0	12	20	17	35
37.	Talsu novads	217,0	235,0	247,0	216,0	243,0	272,0	18	30	27	56
38.	Tukuma novads	215,0	231,0	241,0	215,0	237,0	264,0	16	26	22	49
39.	Valkas novads	204,0	216,0	224,0	204,0	221,0	239,0	12	20	17	35
40.	Valmieras novads	206,0	218,0	226,0	205,0	223,0	243,0	12	20	18	38
41.	Varakļānu novads	206,0	217,0	226,0	206,0	222,0	240,0	11	20	16	34
42.	Ventspils novads	225,0	245,0	258,0	222,0	253,0	285,0	20	33	31	63
43.	Ventspils pilsēta	228,0	250,0	263,0	225,0	258,0	292,0	22	35	33	67
	vid.	211,0	224,4	233,8	210,4	230,4	252,9	13,4	22,8	20,1	42,5
	max	230	253	270	228	262	294	23	40	34	67
	min	200	211	219	199	215	232	10	19	15	32

10.2. – 7. tabula.

Gada nokrišņu daudzuma izmaiņas prognoze (SSP scenāriji)

Nr.p.k.	Stacija	Gada nokrišņu summa, mm						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025–2055	2025–2085	2025–2055	2025–2085
1.	Aizkraukles novads	757,3	776,3	809,2	739,7	782,2	813,8	19	52	43	74
2.	Alūksnes novads	777,4	791,3	828,3	759,9	797,5	835,1	14	51	38	75
3.	Augšdaugavas nov.	762,3	775,9	813,9	741,9	784,6	813,6	14	52	43	72
4.	Ādažu novads	742,9	767,4	800,6	730,0	771,8	809,2	25	58	42	79
5.	Balvu novads	775,9	788,8	824,7	756,3	794,2	830,8	13	49	38	75
6.	Bauskas novads	742,3	761,3	793,8	725,7	766,2	799,1	19	52	41	73
7.	Cēsu novads	788,0	805,3	839,5	772,5	811,3	847,5	17	52	39	75
8.	Daugavpils pilsēta	748,1	764,2	802,8	727,9	773,4	802,4	16	55	46	75
9.	Dienvidkurzemes n.	768,5	788,6	826,3	755,7	792,0	835,9	20	58	36	80
10.	Dobeles novads	758,8	777,8	811,5	743,0	782,2	817,6	19	53	39	75
11.	Gulbenes novads	772,6	792,5	828,7	754,4	799,0	836,3	20	56	45	82
12.	Jelgavas novads	741,7	761,6	794,5	726,1	766,3	800,7	20	53	40	75
13.	Jelgavas pilsēta	740,3	760,6	793,5	724,9	765,2	799,6	20	53	40	75
14.	Jēkabpils novads	759,2	777,2	811,2	740,5	783,9	814,9	18	52	43	74
15.	Jūrmalas pilsēta	740,3	762,9	796,2	726,7	767,3	803,9	23	56	41	77
16.	Krāslavas novads	754,0	769,7	807,5	733,5	777,9	808,1	16	54	44	75
17.	Kuldīgas novads	756,3	777,6	813,5	743,4	781,4	822,2	21	57	38	79
18.	Ķekavas novads	745,3	765,8	798,6	730,2	770,3	805,0	21	53	40	75
19.	Liepājas pilsēta	751,1	775,0	812,4	740,2	777,7	822,8	24	61	38	83
20.	Limbažu novads	751,7	779,5	811,9	742,2	782,6	823,3	28	60	40	81
21.	Līvānu novads	752,0	771,5	806,3	733,1	778,7	810,0	20	54	46	77
22.	Ludzas novads	772,7	785,0	820,8	751,7	791,5	824,3	12	48	40	73
23.	Madonas novads	780,7	797,8	832,7	762,1	804,4	838,6	17	52	42	77
24.	Mārupes novads	744,6	765,7	798,9	730,6	770,2	806,1	21	54	40	76
25.	Ogres novads	756,0	776,4	809,2	740,1	781,6	815,4	20	53	42	75
26.	Olaines novads	745,6	765,5	798,4	730,7	770,0	804,9	20	53	39	74
27.	Preiļu novads	754,9	773,0	808,5	735,2	780,5	811,6	18	54	45	76
28.	Rēzeknes novads	761,6	778,6	814,0	741,4	785,2	818,0	17	52	44	77
29.	Rēzeknes pilsēta	761,9	778,9	814,1	741,6	785,4	818,2	17	52	44	77
30.	Rīgas pilsēta	743,2	765,7	798,9	729,5	770,1	806,5	23	56	41	77
31.	Ropažu novads	745,3	768,6	801,4	731,3	773,1	809,3	23	56	42	78
32.	Salaspils novads	742,6	764,8	797,6	728,2	769,2	804,8	22	55	41	77
33.	Saldus novads	775,0	793,0	828,6	759,6	797,5	834,5	18	54	38	75
34.	Saulkrastu novads	747,7	772,8	805,8	735,2	777,2	815,1	25	58	42	80
35.	Siguldas novads	758,0	781,1	814,1	744,1	786,0	822,7	23	56	42	79
36.	Smiltenes novads	773,1	793,1	828,7	757,3	799,6	837,3	20	56	42	80
37.	Talsu novads	731,5	755,2	790,5	720,9	759,8	801,1	24	59	39	80
38.	Tukuma novads	748,6	770,2	804,3	734,9	774,2	811,8	22	56	39	77



Nr. p.k.	Stacija	Gada nokrišņu summa, mm						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
39.	Valkas novads	754,4	778,0	812,4	742,3	784,0	822,8	24	58	42	81
40.	Valmieras novads	751,3	778,9	811,9	740,8	783,1	822,6	28	61	42	82
41.	Varakļānu novads	757,0	776,7	811,5	737,5	783,6	816,4	20	55	46	79
42.	Ventspils novads	725,9	750,4	786,2	715,9	755,7	798,7	25	60	40	83
43.	Ventspils pilsēta	720,8	745,2	781,6	711,7	751,4	795,3	24	61	40	84
	vid.	754,4	774,5	809,2	738,8	780,0	816,0	20,2	54,8	41,1	77,1
	max	788	805	840	773	811	848	28	61	46	84
	min	721	745	782	712	751	795	12	48	36	72

10.2. – 8. tabula.

Vētraiņu dienu skaita izmaiņas prognoze (SSP scenāriji)

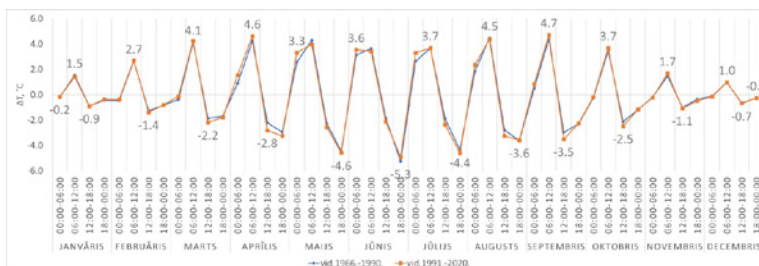
Nr. p.k.	Stacija	Vētraiņu dienu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
1.	Aizkraukles novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	Alūksnes novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.	Augšdaugavas nov.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.	Ādažu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.	Balvu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	Bauskas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7.	Cēsu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8.	Daugavpils pilsēta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9.	Dienvidkurzemes n.	7,0	9,0	7,0	7,0	7,0	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0
10.	Dobeles novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.	Gulbenes novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12.	Jelgavas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.	Jelgavas pilsēta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14.	Jēkabpils novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.	Jūrmalas pilsēta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16.	Krāslavas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17.	Kuldīgas novads	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	1,0	0,0	1,0	1,0
18.	Ķekavas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.	Liepājas pilsēta	11,0	12,0	12,0	11,0	12,0	12,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20.	Limbažu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21.	Līvānu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.	Ludzas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23.	Madonas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24.	Mārupes novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25.	Ogres novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26.	Olaines novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0





Nr.p.k.	Stacija	Vētraiņu dienu skaits						Pieaugums			
		SSP 4.5			SSP 7.0			SSP 4.5		SSP 7.0	
		2025	2055	2085	2025	2055	2085	2025-2055	2025-2085	2025-2055	2025-2085
27.	Preiļu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28.	Rēzeknes novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29.	Rēzeknes pilsēta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30.	Rīgas pilsēta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31.	Ropažu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32.	Salaspils novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
33.	Saldus novads	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34.	Saulkrastu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35.	Sīguldas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36.	Smiltenes novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37.	Talsu novads	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0
38.	Tukuma novads	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39.	Valkas novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40.	Valmieras novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41.	Varakļānu novads	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42.	Ventspils novads	8,0	11,0	10,0	8,0	10,0	11,0	3,0	2,0	2,0	3,0
43.	Ventspils pilsēta	13,0	15,0	15,0	12,0	14,0	14,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	vid.	1,1	1,4	1,3	1,1	1,3	1,3	0,2	0,1	0,2	0,2
	max	13	15	15	12	14	14	3	2	2	3
	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

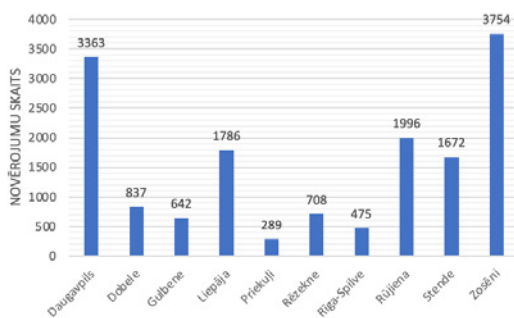
10.3. Vidējās gada ΔT salīdzinājums



10.2. – 1. attēls.

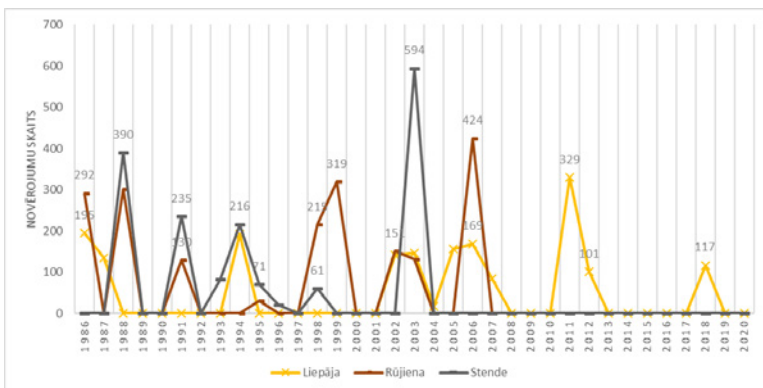
Laika periodu no 1966. līdz 1990. gadam un no 1991. līdz 2020. gadam vidējās gada ΔT salīdzinājums

10.4. Grunts sasaluma aprēķinu dati



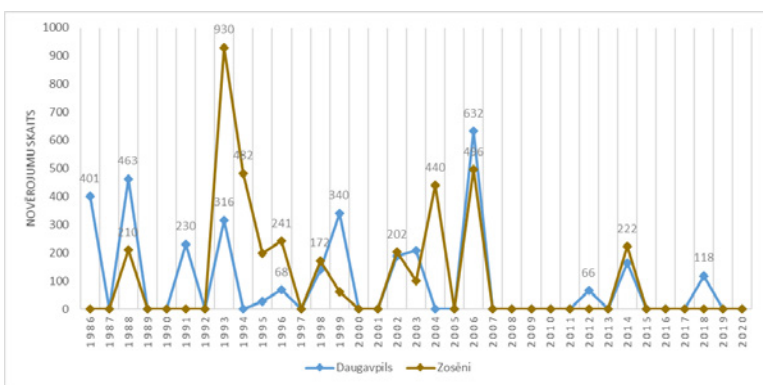
10.3. – 1. attēls.

Grunts sasalums 0,4 m dziļumā laika periodā no 1986. līdz 2020. gadam (kopā) pa stacijām (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).



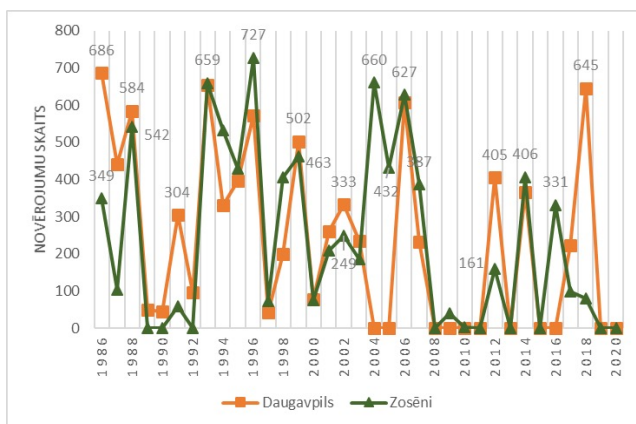
10.3. – 2. attēls.

Grunts sasaluma 0,4 m dziļumā novērojumu skaits Liepājas, Rūjienas un Stendes stacijās pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).



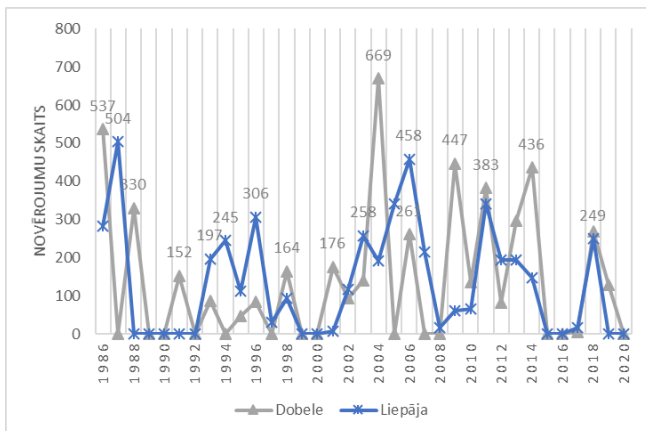
10.3. – 3. attēls.

Grunts sasalums 0,4 m dziļumā, novērojumu skaits Daugavpils un Zosēnu stacijās pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).



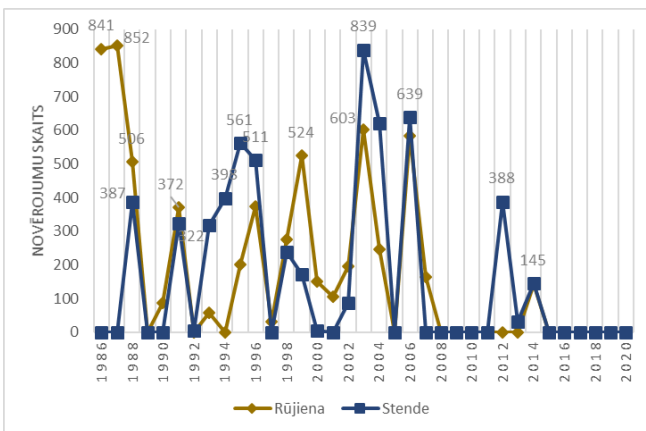
10.3. – 4. attēls.

Grunts sasaluma 0,2 m dziļumā skaits Daugavpils un Zosēnu stacijās pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).



10.3. – 5. attēls.

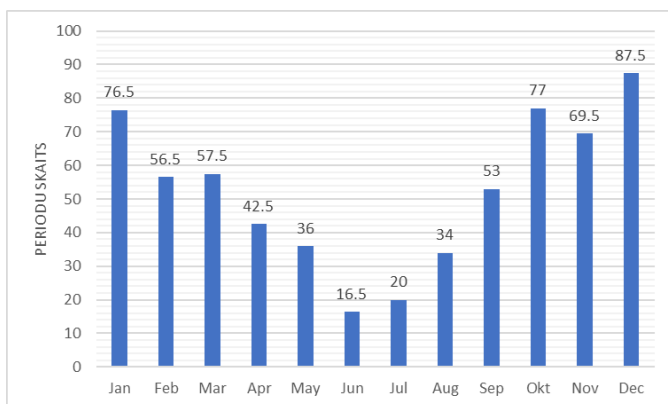
Grunts sasaluma 0,2 m dziļumā skaits Dobeles un Liepājas stacijās pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).



10.3. – 6. attēls.

Grunts sasaluma 0,2 m dziļumā skaits Rūjienas un Stendes stacijās pa gadiem (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

10.5. Vētrainso dienu skaits



10.4. – 1. attēls.

Vētraino periodu skaits pa mēnešiem laika periodā no 1965. līdz 2020. gadam (autoru aprēķini pēc LVĢMC datiem).

10.6. Eiropas ceļu administrāciju konferences aptaujas jautājumi un dažādu valstu pārstāvju atbilžu apkopojums

Tabula 10.8.-1

Iespējamības smaguma novērtējums

Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļa segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši vai tiek veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļa segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Beļģija	Beļģijā kā mērena klimata zonas valstī nav sagaidāma nozīmīga klimata pārmaiņu ietekme uz ceļa segumu	Nē	Netiek darīts, jo nav sagaidāmas būtiskas izmaiņas.	Tiek veikti zinātniski pētījumi par asfaltbetona ceļa segumu novecošanos.	Patlaban neviena ceļu būvniecības/apsaimniekošanas operācija neprasa papildus darbus, kuri būtu saistāmi ar klimata pārmaiņām





Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļa segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši vai tiek veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļa segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Kanāda	<p>Galvenie klimatiskie rādītāji, kas ar vislielāko varbūtību sagaidāmi Kanādā klimata pārmaiņu rezultātā:</p> <ul style="list-style-type: none"> – vidējās temperatūras pieaugums (> 99 % varbūtība); – jūras līmeņa celšanās (> 99 % varbūtība); – ekstrēma temperatūra (pieaugums – vasarā; samazinājums – ziemā) (> 90 % varbūtība). <p>Vērtējot potenciālo ietekmi uz transporta nozari nacionālā mērogā, noteiktas šādas ietekmes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – izmaiņas degvielas ekonomijas un kravu nespējas rādītājos; – izmaiņas būvsezonas garumā un kvalitātē; – ietekme uz veselību un drošību (piemēram, satiksmes negadījumi, pārkaršana / siltuma stress, pakalpojumu pieejamība); – izmaiņas transporta infrastruktūras apkopē un konstruēšanā u.c. <p>Kanādas dienviddaļā, kas laikapstākļu ziņā ir tuvāka Latvijas klimatiskajai zonai, noteiktas šādas ietekmes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – piekrastes infra-struktūras applūšana; – zemes nogruvumu riska pieaugums; – ziemas apkopes izmaksu izmaiņas; – samazināts bojājumu gadījumu skaits. <p>Attiecībā uz asfaltbetonu noteikti šādi klimata pārmaiņu ietekmēti rādītāji:</p> <ul style="list-style-type: none"> – karsto dienu skaita un maksimālās temperatūras pieaugums; – bitumena saistvielas mikstēšana (risu veidošanās, ceļu apstrādes materiālu noskalošanās no ceļa virsmas un tā izraisīts albedo (virsmas atstarošanās spējas) samazinājums, virsmas mikro- un makro- tekstūras samazinājums u.c.); – asfalta saistvielas paātrināta novecošanās (piem., samazināta izturība pret termoplaisāšanu, palielināts noguruma plaisāšanas risks), plaisu un šuvju hermētiķu paātrināta novecošanās; – auksto dienu skaita un sezonas barguma samazinājums; – ceļu seguma kalpošanas ilguma samazinājums pateicoties sasalšanas-atkuššanas ciklu skaita pieaugumam, it īpaši piesātinātām, uz sasalšanu jutīgām dūņainām augsnēm; – kušanas-atkuššanas ciklu skaita samazinājums, kas savukārt var samazināt sala radītos bojājumus; – samazinātas izmaksas ceļu apstrādei ar pret-apledošanas materiāliem; – nokrišņu daudzuma palielinājums, kas var palielināt prasības lietusūdens apsaimniekošanas/ vadības sistēmām, it īpaši pilsētvidē. 	<p>Kanādā preventīvās darbības klimata pārmaiņu radīto potenciālo seku novēršanai tiek veiktas gan nacionālā, gan reģionālā mērogā. Kanādā galvenā atbildība par ceļu infrastruktūras stāvokli ir dažāda mēroga reģionālajām aģentūrām, un to izstrādātie ziņojumi galvenokārt ir brīvi pieejami bez maksas (piemēram, www.adaption.nrcangc.ca, www.ec.gc.ca, www.trca.on.ca).</p> <p>Šie ziņojumi ietver dažāda rakstura informāciju par Kanādas ekosistēmas jutīgumu pret klimata pārmaiņām, kā arī dažādām pieejām transporta infrastruktūras pielāgošanai klimata pārmaiņām, tostarp:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) cementējošo materiālu piedevu (vieglie pelni, sārņu, SiO₂ putekļi, citi pucolāna materiāli) izmantošanu betona segumos, kas pakļauti sasalšanas-atkuššanas ciklu un pretledus ķīmikāliju ietekmei; 2) dzīves cikla analīzes rīki 3) lietusūdens un plūdu risku vadību. 	Nav attiecināms.	<p>Risu veidošanās karsta maisījuma asfaltbetona ceļa segumā HMA (2003). Mitruma radīti bojājumi karsta maisījuma asfaltbetona ceļa segumā HMA (1997). Vertikāla plaisāšana karsta maisījuma asfaltbetona ceļa segumā HMA (2005). Elastīgo asfaltbetona maisījumu kvalitātes aspekti (2007). Tilta klāju ūdensnecaurlaidīguma nodrošināšana (2010). Sēru saturošu asfalta modifikatoru efektivitātes izmantošana (SEAM). Gaišas asfaltbetona segumu virsmas pilsētu kā siltuma sala efekta (<i>heat island effect</i>) mazināšanai. Pretledus līdzekļu izmantošanas vadlīnijas.</p>	Bažas par to, ka dati netiek pienācīgi atjaunināti.





Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļa segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši vai tiek veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļa segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Dānija	<p>Primārās bažas ir saistītas ar drenāžas sistēmu kapacitāti, kas nozīmē, ka drenāžas sistēmām jāspēj uztvert lielāku ūdens daudzumu īsā laika periodā.</p> <p>Sekundārās bažas ir saistītas ar:</p> <ul style="list-style-type: none"> – pieaugošu vēja ātrumu attiecībā uz ceļā malā esošo infrastruktūru (autobusa pieturas, ceļa zīmes utt.); – paaugstinātu gruntsūdeņu līmeni attiecībā uz ceļu stabilitāti un segumiem; – pieaugošu jūras līmeni attiecībā uz piekrastes ceļiem. 	Ar klimata pārmaiņām saistītās aktivitātes tiek veiktas gan politiskā, gan zinātniskās izpētes līmenī (realizēti zinātniskās izpētes projekti). Tiek izvērtēts ūdens uztveršanas baseinu tīkls. Tiek kartēti pret klimata pārmaiņām jutīgie apgabali. Konstruējot ceļus, tiek veikta dzīves cikla analīze.	Nav attiecināms.	Tiek veikti zinātniskie pētījumi par piesārņojuma uzkrāšanos lielceļu ūdens aiztures dīķos.	Patlaban uzmanība galvenokārt ir pievērsta plūdu radītiem riskiem, bet bažas rada arī gruntsūdeņu līmeņu celšanās. Konstrūkciju izturība pret lielākam vēja slodzēm un to radīto postījumu novēršana arī var prasīt papildu darbus, bet tas ir prognozējams tālākā nākotnē.
Igaunija	Klimatiskie apstākļi gada griezumā – temperatūra no +25°C līdz –25°C, biežas temperatūras svārstības virs/ zem 0°C, daudz nokrišņu lietus un sniega veidā – samazina adhēziju starp šķembām un bitumena saistvielu, turklāt paaugstināts gaisa mitrums un sāls lietošana pretledus apstrādei padara svārstības ap 0°C vēl biežākas, nekā dabiski sagaidāms. Šķembām izmantotais kalkakmens ir ar nepietiekamu salizturību. Viens no ceļa seguma bojāšanās iemesliem ir arī kapiļarais pacēlums.	Konstruējot ceļu, tiek ņemti vērā šādi iespējami ietekmējamie faktori: <ul style="list-style-type: none"> – kopējās konstrukcijas lieces izturība; – bīdes sprieguma līdzsvars augsnē; – salizturīgā slāņa drenāža; – salizturīgā slāņa kopējā konstrukcija; – monolīto slāņu stiepes izturība. 	Nav plānu nomainīt šķembu materiālu pret salizturīgākiem, jo tie ir dārgāki.	Pētījumi par dambjiem reģionā veikti kopš 30. gadiem. Šo pētījumu kopsavilkums atrodams Igaunijas nestingo ceļa segumu projektēšanas vadlīnijās 2001–52 (<i>Estonian flexible pavement design procedure</i>). Papildus Igaunijas teorētiskajiem pētījumiem tiek ņemtas vērā Krievijas vadlīnijas VSN 46–83. Drušināšanas izturība tiek pārbaudīta pēc Losandželosas testa ūdens klātbūtnē. Salizturības novērtēšanai tiek izmantots nacionālais standarts – AL ST 1–97.	Vietējo materiālu lielāka izmantošana.
Somija	Bažas par asfalta seguma bojāšanās ātruma pieaugumu, jo ziemās ceļa segums biežāk būs mitrs. Gadījumā, ja ceļa segums ir mitrs un tiek izmantotas riepas ar radzēm, ceļa seguma bojāšanās ātrums var būt 2–3 reizes lielāks nekā pašreizējais ziemas apstākļos. Vienlaikus sagaidāmi arī citi ceļa bojājumi, kas saistīti ar palielinātu mitrumu – plaisas un bedrites.	Izstrādātas materiālu izvēles vadlīnijas paaugstināta mitruma apstākļiem.	Nav attiecināms.	Izstrādātas materiālu izvēles vadlīnijas paaugstināta mitruma apstākļiem.	Asfalta seguma materiālu izvēle un uzlaboti asfalta seguma noturības modeļi.





Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļa segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši vai tiek veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļa segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Francija	Potenciālie identificētie ietekmes faktori ir lietusūdens drenāža saistībā ar intensīvākiem nokrišņiem, stāvošs ūdens un grunts mitruma izmaiņas, kas var ietekmēt ceļu seguma strukturālo integritāti, kā arī karstuma viļņu un sasalšanas-atkušanas ciklu skaits un ar to saistītie aspekti (risu veidošanās, plaisāšana, izsvidumi).	Francijas Sabiedrisko darbu pētniecības institūts (<i>French Public Works Research Institute; LCPC</i>) un <i>Egis</i> kompānija izstrādā metodoloģijas un rīkus, lai novērtētu klimata pārmaiņu radīto ietekmi uz ceļa segumiem.	Nav attiecināms.	Pētījumi par klimata pārmaiņu ietekmes uz ceļu infrastruktūru risku vadību, ceļa segumu projektēšanu, ievērojot temperatūras izmaiņu ietekmi, augstas temperatūras ietekmi uz ceļa segumiem, sasalšanas-atkušanas un ūdens transporta ietekmi.	Pēc divu aukstu ziemu pieredzes (2012. gada <i>CEDR</i> ziņojums) parādījās problēmas ar plaisām un bedrītēm, kas saistīts ar neraksturīgu sasalšanas-atkušanas ciklu secību. Pētījumiem jābūt vērīgiem uz tādiem seguma materiāliem, kas ir mazāk jutīgi pret šādiem laikapstākļiem.
Ungārija	Augstākas gaisa temperatūras izraisītās asfalta segumu deformācijas un intensīvāku un ilgstošāku nokrišņu izraisīta ceļu applūšana un nestspējas samazināšanās.	Veikti pētījumi par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļu segumiem (izvērtējot izmaiņas ceļa seguma tipa izvēlē, asfalta maisījuma sastāva izmaiņas, uzlabota nogāžu aizsardzība, ceļu apkope ziemas sezonā), pārskatīti Ungārijas ceļu standarti un specifikācijas, vai tajos ir nepieciešami pilnveidojumi sakarā ar klimata ekstrēmu pieaugumu.	Nav attiecināms.	Veikti pētījumi par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļu segumiem (izvērtējot izmaiņas ceļa seguma tipa izvēlē, asfalta maisījuma sastāva izmaiņas, uzlabota nogāžu aizsardzība, ceļu apkope ziemas sezonā), pārskatīti Ungārijas ceļu standarti un specifikācijas, vai tajos ir nepieciešami pilnveidojumi sakarā ar klimata ekstrēmu pieaugumu.	Nepieciešama detalizētāka datu analīze (<i>LTPP data</i>), ceļa segas konstrukcijas pilnveide, padarot to izturīgāku pret augstu gruntsūdens līmeni un plūdiem, pētījumu paplašināšana globālā mērogā par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru. Vienlaikus klimata pārmaiņas var paātrināt arī citu ceļu segu un segumu bojājumu rašanos (tostarp, atslāpošanās). Šo klimata pārmaiņu radīto bojājumu veidošanās tempa samazināšanai nepieciešama plaša spektra speciālistu iesaiste (ceļa, hidrolikas un lauksaimniecības nozaru). Tas ļaus samazināt spēcīgu vēju/vētru un intensīvu nokrišņu ietekmi uz ceļu segu konstruktīvajiem slāņiem. Lai pielāgotu ceļu infrastruktūru klimata pārmaiņām, vienlaikus ir svarīgi veikt arī izdevumu-ieguvumu analīzi.





Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļu segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļu segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Lietuva	Augstākas vasaras sezonas temperatūras izraisīta risu veidošanās, intensīvāku nokrišņu radītās ūdens novadīšanas problēmas, maigāku ziemu radītās slapjās sezonas pagarināšanās un ar to saistītās nestspējas problēmas	Veikti pētījumi par risu veidošanos. Plānoti pētījumi, lai uzlabotu seguma virsmas ūdens novadi (īpaši vietās, kur ir augstas ceļa apmales), kā arī drenāžas sistēmu efektivitāti ceļa segā.	Darīts tiek maz, bet tas ir saistīts ar to, ka klimata pārmaiņu radītā ietekme ir ļoti maza. Dažos aspektos pat sagaidāmas pozitīvas izmaiņas (zemākas ceļu apstrādes izmaksas ziemas sezonā un garāka būvniecības sezona).	Patlaban pētījumi netiek veikti.	Nepieciešama labāka sadarbība par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru.
Nīderlande	Galvenās bažas ir saistītas ar to, ka intensīvāku nokrišņu dēļ var rasties drenāžas problēmas. Bažas ir arī par ūdens līmeņa svārstībām – pārāk augsts līmenis var vājināt zemākos ceļa konstruktīvos slāņus, bet pārāk zems līmenis var veicināt kūdrāju sēšanos un plaisu veidošanos asfaltā. Vienlaikus augstāka temperatūra un garāki saulaino dienu periodi var veicināt risu veidošanos noslogotākajos ceļos. Problēmas var radīt arī jūras līmeņa celšanās un upju pārpļūšana.	Atbildīgais dienests (<i>Rijkswaterstaat</i>) ir pētījis šīs problēmas lielumu un potenciālās sekas, lai apzinātu veicamos pasākumus.	Nav attiecināms.	Pēc pieprasījuma ir pieejams ziņojums angļu valodā " <i>Climate change and infrastructure, an explanatory study</i> ".	Nepieciešami siltumizturīgāki ceļa segumi un drenāžas kapacitātes risinājumi. Tiek īstenots Eiropas projekts <i>SWAMP</i> , kurā apzināti applūšanas riski.
Norvēģija	Augstāks gruntsūdeņu līmenis palielinās plūdu un erozijas draudus, palielināta nokrišņu intensitāte var palielināt zemes noslīdējumu/lavīnu un dubļu plūdumu riskus. Var kļūt biežāki sasāļšanas-atkuššanas gadījumi. Nepieciešami uzlaboti ārkārtas gadījumu rīcības plāni. Analizējot vēsturiskos datus, pieaugot nokrišņu intensitātei un lokāliem plūdiem, var parādīties applūšanas problēmas pilsētvidē, kā arī dažu tiltu pamatu izskalošanas problēmas, jūras līmeņa celšanās vētras brāzmu rezultātā var izraisīt tuneļu applūšanu.	Tiek veikta jutīgo apgabalu apzināšana.	Nav attiecināms.	Pilnveidotas ceļa infrastruktūras objektu (ceļu, tiltu) projekta vadlīnijas.	
Slovākija	Novērota biežāka risu veidošanās. Intensīvāki nokrišņi ir ietekmējuši ceļu segumu, krastmalu un dambju stāvokli, kā arī nogāžu stabilitāti.	Pasākumi netiek veikti.	Finansējuma trūkums.	Pieejama Slovākijas Republikas nacionālā Klimata pārmaiņu programma NKP 12/08 un atsevišķi ziņojumi semināros.	Nepieciešami pastāvīgi ceļu seguma temperatūras mērījumi un datu novērtējums ceļa segumu konstrukcijai. Nepieciešama labāka klimatologu un ceļu inženieru sadarbība.





Valsts	Kādas ir galvenās bažas par klimata pārmaiņu potenciālo ietekmi uz ceļa segumu Jūsu valstī?	Vai Jūsu valstī tiek veikti kādi pasākumi klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanai?	Ja Jūsu valstī netiek veikti nekādi pasākumi klimata ietekmes uz ceļu infrastruktūru mazināšanai, tad kāpēc tie netiek veikti?	Ja Jums ir zināmi pētījumi, kas ir tikuši vai tiek veikti par klimata pārmaiņu ietekmi uz ceļu infrastruktūru, kādi tie ir un kur par tiem var atrast informāciju?	Vai Jūs varat uzskaitīt ar klimata pārmaiņām saistītas problēmas attiecībā uz ceļa segumu, kuru risināšana prasītu visvairāk darba?
Zviedrija	Problēmas var radīt augsnes sasuluma samazinājums ziemā, zemes nogrūvumi, plūdi un jūras līmeņa celšanās.	Pieejami dažādi ziņojumi par klimata pārmaiņu radītiem draudiem un iespējām, Zviedrijas ceļu administrācijas (SRA) izstrādātais risku analīzes modelis ceļu segumiem "Vald Vägsträcka" (izvēlētais ceļa posms). Ilgtermiņa plānā SRA pieprasījusi papildu līdzekļus ceļu infrastruktūras adaptācijai klimata pārmaiņām.	Nav attiecināms.	Pieejami vairāki ziņojumi par klimata pārmaiņu radītiem draudiem un iespējām, riska analīzi, kā arī izstrādāti pētniecības projekti.	Nepieciešams izstrādāt aprēķinu metodes vētru radītiem plūdiem mazās ūdenskrātuvēs, nepieciešama pieredzes apmaiņa par praktiskiem risinājumiem drenāžas sistēmu un mazu tiltu aizsardzībai pret vētru izraisītiem plūdiem.
ASV	Notiek cieša sadarbība ar Kanādu. Pieejami aptauju rezultāti un vairāki pētījumi par iegūtajiem rezultātiem. Ļoti karsto dienu un siltuma viļņu garuma pieaugums (ar > 90 % varbūtību) var izraisīt tiltu izplešanās savienojumu, ceļa seguma termisko izplešanos. Jūras līmeņa pieaugums (ar > 99 % varbūtību) var izraisīt piekrastes zonu, ceļa segumu un drenāžas struktūru applūšanu un eroziju. Intensīvāki nokrišņi (ar > 90 % varbūtību) var izraisīt plūdus, zemes nogrūvumus, ceļu izskalošanu.	Izstrādāta virkne programmu gan nacionālā, gan reģionālā mērogā ceļu infrastruktūras adaptācijai klimata pārmaiņām.	Nav attiecināms.	Pieejami vairāki pētījumi par karstā asfaltbetona risu veidošanās tendencēm, lietusūdens drenāžas sistēmām, vertikālu ceļa segumu plaisāšanu, siltā asfaltbetona (WMA) ceļu segumiem u.c. ar klimata pārmaiņām saistītiem jautājumiem.	Izstrādātas pētījumu vadlīnijas par klimata pārmaiņu ietekmi uz transporta infrastruktūru, tostarp: – izstrādāta adaptēšanās klimata pārmaiņām kā aizsardzības stratēģija, it īpaši attiecībā uz kritisko transporta infrastruktūru; – izstrādāti klimata pārmaiņu modeļi un ar iegūtajiem rezultātiem atbalstītas atbildīgās institūcijas risku novēršanas un adaptācijas stratēģiju izstrādē; – pētīta klimata pārmaiņu ietekme uz transporta infrastruktūru.

10.7. Pētījuma "CEDR – Adaptation to climate change, January 2012" klimata pārmaiņu datu apkopojums par Zviedriju un Somiju [21]

ZVIEDRIJA	SOMIJA
Vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās	
<p>Iespējamība – 2 Ietekme – 2 Mūžīgā sasaluma zudums kā svarīgs nestspējas faktors Zviedrijas ziemeļos. Datu vākšana: Datu vākšana no ceļu laikapstākļu sistēmas un sala pacēluma sistēmas. Nepieciešamie pētījumi: Sociāli ekonomisks pētījums par to, kādu modeli izmantot turpmāk – nostiprināt ceļus, pēc tam tos salabot vai nepieļaut intensīvu satiksmi ziemas laikā.</p>	<p>Iespējamība – 2 Faktiski nav augsta temperatūra, bet augstāka temperatūra. Ietekme – 2 Sala pacēluma radītie bojājumi palielinās un kļūst sarežģītāki un biežāki, virszemes sasaluma problēmas rodas visu gadu, segumi nolietojas ātrāk. Veiktās darbības: Vairāk naudas atvēlēts sala pacēlumu novēršanai. Datu vākšana: Somijas Meteoroloģijas institūts (FMI) apkopo meteoroloģiskos datus. Datu vākšana no ceļu laikapstākļu sistēmas (RWS) Nepieciešamie pētījumi. Ietekme uz seguma stāvokli (augsta temperatūra Somijā nav kritiska, bet paaugstināta ziemas temperatūra ir kritiska). Virsmas sala pacēluma pētījumi</p>
Temperatūras svārstības +/- 0 °C	
<p>Iespējamība – 3 Atšķiras visā valstī. Ziemeļos temperatūra ap 0 °C būs biežāk nekā patlaban. Ietekme – 2 Mūžīgā sasaluma zudums, kas ir svarīgs nestspējas faktors Zviedrijas ziemeļos, ietekmē uzturēšanas izmaksas. Datu vākšana: Datu vākšana no ceļu laikapstākļu sistēmas un sala pacēluma sistēmas. Nepieciešamie pētījumi: Sociāli ekonomisks pētījums par to, kādu modeli izmantot turpmāk: nostiprināt ceļus, pēc tam tos salabot vai nepieļaut intensīvu satiksmi ziemas laikā. Ietekme uz seguma stāvokli.</p>	<p>Iespējamība – 3 Ietekme – 2 Veiktās darbības: Ziemas uzturēšanas vadlīnijas. Ir aprēķinātas pakalpojuma līmeņa nodrošināšanas izmaksas. Datu vākšana: FMI tīkls un Satiksmes administrācijas RWS. Nepieciešamie pētījumi. Ietekme uz seguma stāvokli (kritiski).</p>
Vējš	
<p>Iespējamība – 1 Zviedrijas Meteoroloģijas un hidroloģijas institūta reģionālie scenāriji neliecina par acīmredzamām vēja izmaiņām. Ietekme – 2</p>	<p>Iespējamība – 2 Ietekme – 2 Datu vākšana: FMI apkopo meteoroloģiskos datus.</p>
Vētra	
<p>Iespējamība – nenoteikta Ietekme – nenoteikta</p>	<p>Iespējamība – 1 Ietekme – 2 Krituši koki bloķē ceļus, sniega sanesumi. Datu vākšana: FMI apkopo meteoroloģiskos datus.</p>





ZVIEDRIJA	SOMIJA
Intensīvs lietus	
<p>Iespējamība – 3 Ietekme – 3 Veiktās darbības: Publikācijā VVMB 310 Hidraulisko izmēru noteikšana (<i>Hydraulic dimensionering</i> (zvedru valodā)) ir iekļauta Zviedrijas karte ar koeficienta vērtībām noteces ūdens vērtību aprēķināšanai. Datu vākšana: Datu vākšana no ceļu laikapstākļu sistēmas.</p>	<p>Iespējamība – 2 Ir pierādīts, ka, lai gan intensitāte īpaši nepalielinās, stiprs lietus novērojams biežāk. Ietekme – 2 Biežākas meliorācijas problēmas, ceļu un joslu bloķēšana, grants ceļu konstrukciju bojājumi. Datu vākšana: FMI apkopo meteoroloģiskos datus. Nepieciešamie pētījumi: Jāpārskata drenāžas projektēšanas standarti, nepieciešama informācija.</p>
Paaugstināta ūdens plūsma upēs	
<p>Iespējamība – 2 Atkarīgs no tā, kura Zviedrijas daļa tiek skatīta. Ietekme – 2 Veiktās darbības: Publikācijā VVMB 310 <i>Hydraulisk dimensionering</i> (Hydraulic dimensioning (zvedru valodā)) ir iekļauta Zviedrijas karte ar koeficientu vērtībām noteces ūdens vērtību aprēķināšanai. Datu vākšana: Tiltu datubāze (<i>BaTMan</i>) ietver ūdens līmeņa (vai straumes ātruma) vērtību ar atkārtotāns varbūtību reizi 50 gados Nepieciešami pētījumi.</p>	<p>Iespējamība – 2 Ietekme – 2 Tiltu un caurteku bojājumi.</p>
Plūdi	
<p>Iespējamība – 3 Ietekme – 2 Datu vākšana: Plūdu apgabali tiek kartēti valsts mērogā. Nepieciešamie pētījumi: Notiek jaunu augstuma datu sagatavošana (lāzerskenēšana). Pamatojoties uz to, varēs izveidot labākas plūdu kartes.</p>	<p>Iespējamība – 2 Lai gan iespējams arī bez klimata pārmaiņām. Ietekme – 2 Blokā un bojājumi uz ceļiem, tiltu stāvoklis, caurtekas. Datu vākšana: Plūdu apgabali tiek kartēti. Nepieciešamie pētījumi: Notiek plūdu teritoriju izpēte.</p>
Sausums	
<p>Iespējamība – 1 Valsts dienvidaustrumu apgabali. Ietekme – 1</p>	<p>Iespējamība – 1 Ietekme – 1 Paaugstinātas grants ceļu uzturēšanas izmaksas, konstrukciju sēšanās. Veiktās darbības: Grants ceļu uzturēšanas vadlīnijas. Datu vākšana: Uzturēšanas līgumos grants ceļu putekļu veidošanās intensitātes uzskaitē ir daļa no kvalitātes uzraudzības</p>
Zemes nogruvumi	
<p>Iespējamība – 3 Ietekme – 3 Veiktās darbības: Zviedrijas karte, kas parāda izmaiņas klimata pārmaiņu izraisīto zemes nogruvumu varbūtību. Nepieciešamie pētījumi: Ātrās māla atrašanās vietas uzskaitē, kas pēc tam jāsaista ar klimata pārmaiņu izraisīto zemes nogruvumu iespējamības izmaiņām.</p>	<p>Iespējamība – 1 Atsevišķos apgabalos, taču risks ne vienmēr palielinās klimata pārmaiņu dēļ. Ietekme – 3 Ceļu un citu konstrukciju bojājumi, visticamāk, nepaaugstinās drošības riskus.</p>
Lavīnas	
<p>Iespējamība – 1 Ietekme – 1</p>	<p>Iespējamība – 1 Ietekme – 1</p>

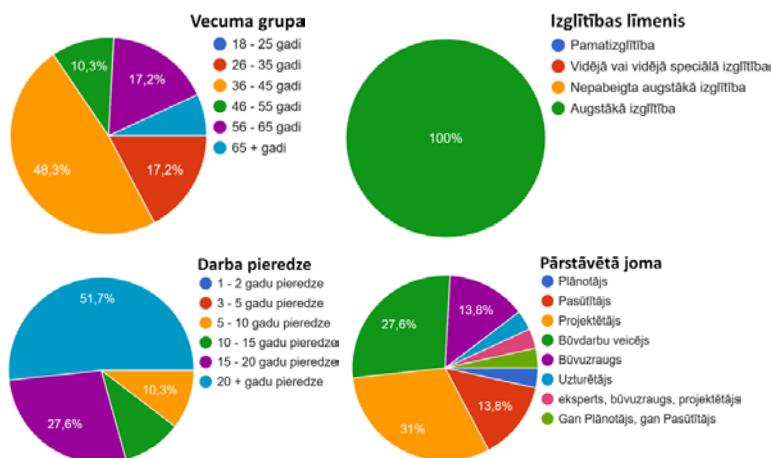




ZVIEDRIJA	SOMIJA
Intensīva snigšana	
Iespējamība – 1 Ietekme – 2 Datu vākšana: Datu vākšana no ceļu laikapstākļu sistēmas.	Iespējamība – 3 Biežāk iespējama intensīva snigšana. Ietekme – 2 Biežāk notiek satiksmes negadījumi. Stratēģija problēmas risināšanai. Negadījumu pārvaldības politika. Veiktās darbības: Negadījumu vadība. Iekļauts arī ziemas apkopē (vadlīnijas). Datu vākšana: Laikapstākļu dati, uzturēšanas kvalitātes atskaites.
Jūras līmeņa izmaiņas	
Iespējamība – 2 Ietekme – 2 Nepieciešamie pētījumi: Zemu prāmju pietāstāņu, tuneļu un ceļu posmu lokalizācija, salīdzinot ar jūras līmeni.	Iespējamība – 1 Ietekme – 0 Veiktās darbības: Plūdu riska darba grupa Somijā saskaņā ar jaunākajām zināšanām ir ierosinājusi pārskatīt 1998. gada zemākos ieteicamos būvju līmeņus. Datu vākšana: Somijas Vides institūts. Somijas Jūras laikapstākļu meteoroloģijas institūts.

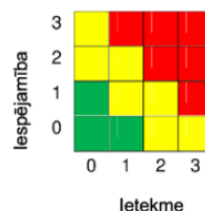
10.8. Aptauja par klimata pārmaiņu ietekmi uz tiltu konstrukciju drošību un ilgmūžību

Prognozēto klimata pārmaiņu ietekmi uz tiltu konstrukcijām tika lūgts novērtēt 102 sertificētiem tiltu speciālistiem. Atbildes tika saņemtas no 29 respondentiem; tālākos attēlos raksturots to profils – vecums, darba stāžs, izglītība un pārstāvētā joma.



Aptaujas respondentu profils

Respondenti katru aptaujā ietverto potenciālo risku ir novērtējuši iespējamības varbūtības (0–3 punkti) un ietekmes smaguma (0–3 punkti) skalā, kur 0 nozīmē ļoti zemu, 3 – augstu iespējamību/ietekmi. Detalizētāks formulējums sniegts tabulās 10.8-1 un 10.8-2.



Šo parametru kombinācija jeb punktu summa novērtē risku:

- 0–1 punkts – zems risks;
- 2–3 punkti – vidējs risks;
- 4–6 punkti – augsts risks.

Aptaujas rezultāti interpretēti divos veidos:

- iespējamību un ietekmi nosaka visbiežāk atzīmētā punktu vērtība; šādā interpretācijā nav iespējams vērtēt balsojuma rezultātu izkliedi;
- apkopojot procentuālo balsojumu skaitu par katru riska grupu.

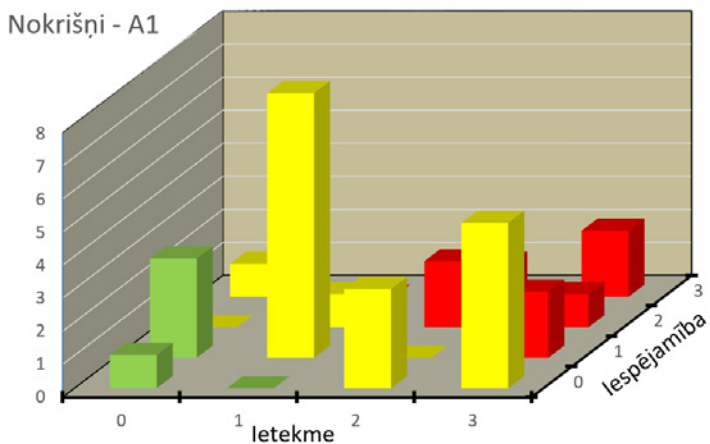
Notikuma iespējamība	Skaidrojums
Ļoti zema (0)	Šāda notikuma iestāšanās uzskatāma par izņēmuma gadījumu.
Zema (1)	Šāda notikuma iestāšanās sagaidāma tikai atsevišķos gadījumos.
Vidēja (2)	Šāds notikums, paredzams, periodiski atkārtosies.
Augsta (3)	Šāds notikums atkārtosies vismaz katru gadu vai biežāk.
Sagaidāmo seku ietekme	Skaidrojums
Ļoti zema (0)	Notikuma iestāšanās gadījumā sagaidāmās sekas ir īslaicīgas un neprasa nekādus novēršanas vai pielāgošanās pasākumus; nav nepieciešama būves ekspluatācijas ierobežošana.
Zema (1)	Notikuma iestāšanās gadījumā sagaidāmās sekas ir viegli novēršamas ar nelieliem ieguldījumiem; nav nepieciešama būves ekspluatācijas ierobežošana.
Vidēja (2)	Notikuma iestāšanās gadījumā sagaidāmo seku novēršanai nepieciešams veikt ārkārtas pasākumus (apsekošana, projektēšana, remontdarbi); var būt nepieciešami nelieli ekspluatācijas apstākļu ierobežojumi.
Augsta (3)	Notikuma iestāšanās gadījumā sagaidāmo seku novēršanai nepieciešams veikt ārkārtas pasākumus (apsekošana, projektēšana, remontdarbi); nepieciešami būtiski ekspluatācijas apstākļu ierobežojumi.

Aptaujā iekļautie klimata pārmaiņu notikumi

Klimata parametri		Notikumi	
A	Nokrišņi	A1	Uz pāļiem balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā.
		A2	Uz dabīga pamatojuma balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā.
		A3	Krasta vai nogāžu nostiprinājumu deformācijas izskalojuma rezultātā.
		A4	Izsmelta tilta ūdens atvades sistēmas caurlaides spēja; sistēmas detaļu bojājumi.
B	Temperatūra	B1	Deformācijas šuvju darba diapazona nepietiekamība.
		B2	Balstīklu darba diapazona nepietiekamība.
		B3	Temperatūras deformāciju radītas kritiskas piepūles tilta konstrukcijās.
C	Ziemas periods	C1	Sala izraisītu bojājumu apjoma pieaugums betona elementiem.
D	Veģetācija	D1	Apauguma apjoma palielināšanās uz nogāžu nostiprinājumiem u.c. elementiem veicināti defekti.
E	Vējš	E1	Defekti, kas saistīti ar papildu slodzi uz vējam pakļautām virsmām.
		E2	Palielināts risks vanšu sistēmu svārstībām.
F	Relatīvais mitrums	F1	Intensīvāku betona karbonizācijas procesu radīti defekti.
		F2	Samazināts koka elementu kalpošanas laiks.

Turpmāk dots aptaujas apkopojums par katru vērtējamo kritēriju – uzrādīts respondentu skaits katrai iespējamībai un ietekmes kombinācijai, iekļaujot arī respondentu komentārus.

A. Intensīvu nokrišņu izmaiņas



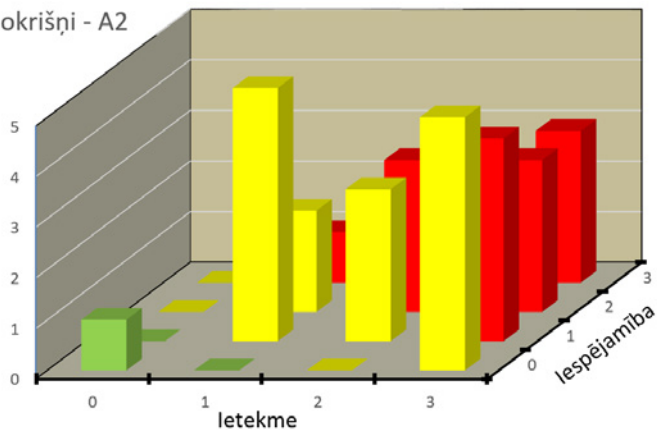
Notikums A1.

Uz pāļiem balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	1	0	1	2	4	-
	2	0	1	2	1	4	-
	1	3	8	0	2	13	1
	0	1	0	3	5	9	-
KOPĀ		5	9	6	10	30	
MAX		-	-	-	3		

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
4	18	8
13 %	60 %	27 %

Nokrišņi - A2



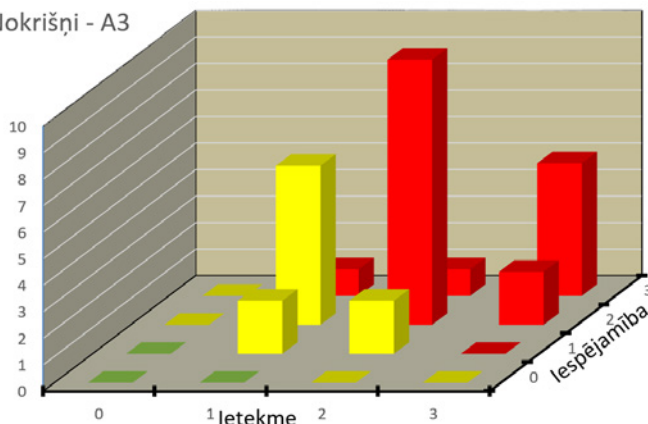
Notikums A2.

Uz dabīga pamatojuma balstīta pamata deformācijas izskalojuma rezultātā

						KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	1	1	3	5	
	2	0	2	3	3	8	
	1	0	5	3	4	12	1
	0	1	0	0	5	6	
KOPĀ	1	8	7	15	31		
MAX				3			

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
1	15	15
3 %	48 %	48 %

Nokrišņi - A3



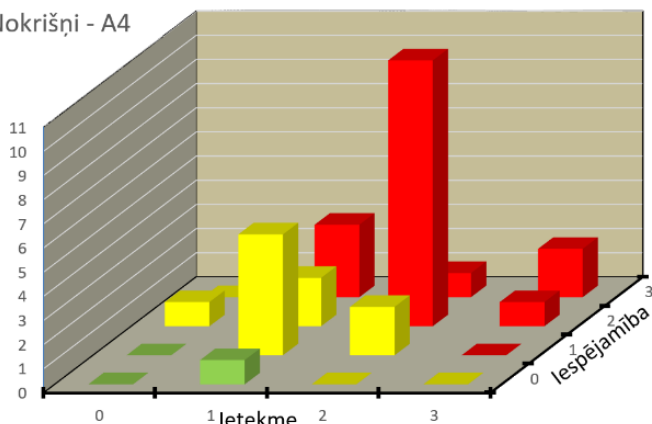
Notikums A3.

Krasta vai nogāžu nostiprinājumu deformācijas izskalojuma rezultātā

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	1	1	5	7	
	2	0	6	10	2	18	2
	1	0	2	2	0	4	
	0	0	0	0	0	0	
KOPĀ	0	9	13	7	29		
MAX			2				

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
0	10	19
0 %	34 %	66 %

Nokrišņi - A4



Notikums A4.

Izsmelta tilta ūdens atvades sistēmas caurlaides spēja; sistēmas detaļu bojājumi

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	3	1	2	6	
	2	1	2	11	1	15	2
	1	0	5	2	0	7	
	0	0	1	0	0	1	
KOPĀ	1	11	14	3	29		
MAX			2				

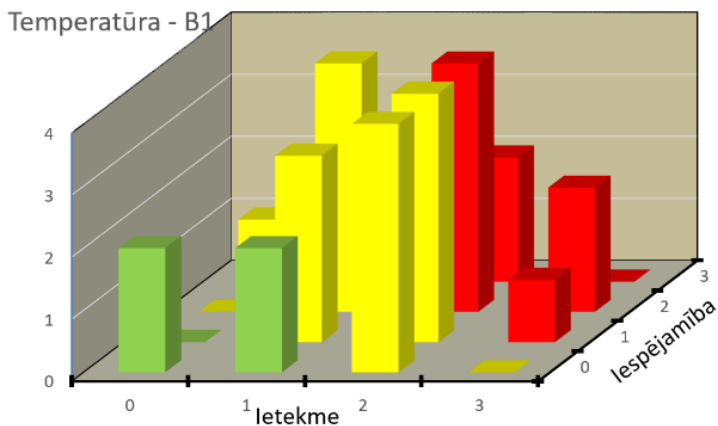
RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
1	10	18
3 %	34 %	62 %

Respondentu komentāri

A3, A4 ļoti atkarīgs no individuālās konstrukcijas. Atteice vairāk iespējama konstrukcijas dēļ, nevis klimata pārmaiņu rezultātā.

Jautājumu formulējums neprecīzs.

Gaisa temperatūras izmaiņas

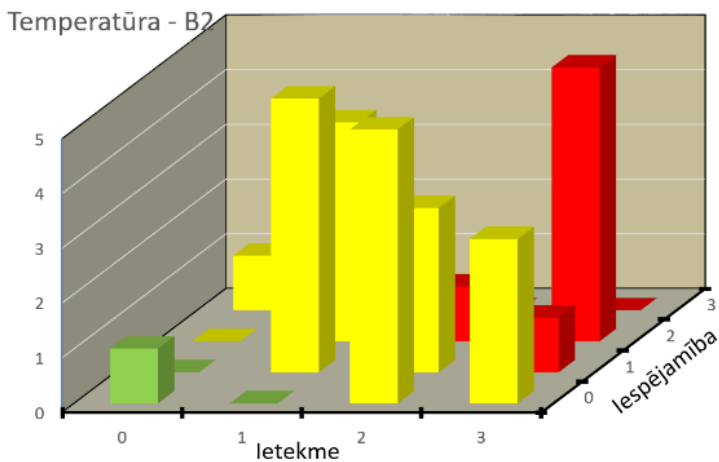


Notikums B1.

Deformācijas šuvju darba diapazona nepietiekamība

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	1	0	2	0	3	
	2	0	4	4	2	10	2
	1	0	3	4	1	8	
	0	2	2	4	0	8	
KOPĀ	3	9	14	3	29		
MAX			2				

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
4	16	9
14 %	55 %	31 %

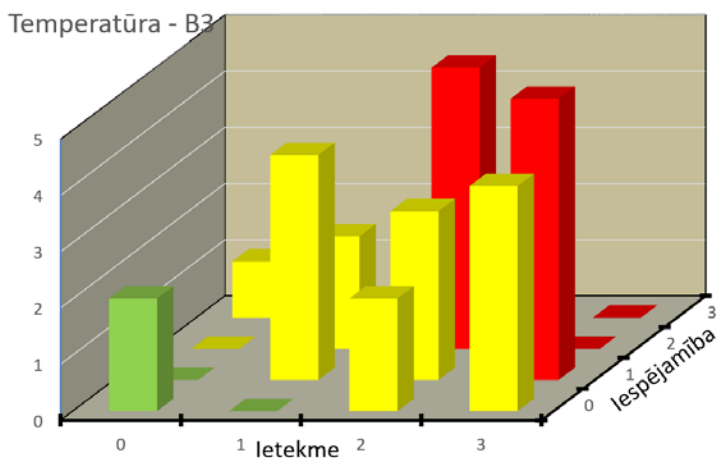


Notikums B2.

Balstīklu darba diapazona nepietiekamība

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	1	0	0	0	1	
	2	0	4	1	5	10	2
	1	0	5	3	1	9	
	0	1	0	5	3	9	
KOPĀ	2	9	9	9	29		
MAX		1	2	3			

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
1	21	7
3 %	72 %	24 %



Notikums B3.

Temperatūras deformāciju radītas kritiskas piepūles tilta konstrukcijās

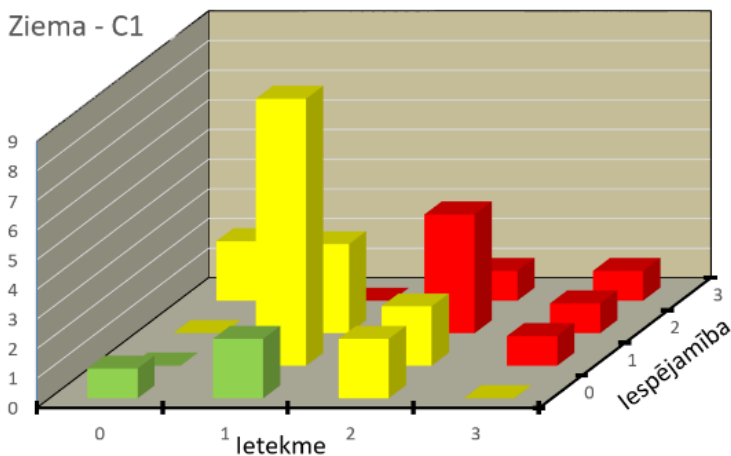
		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	1	0	0	0	1	
	2	0	2	5	0	7	
	1	0	4	3	5	12	1
	0	2	0	2	4	8	
KOPĀ	3	6	10	9	28		
MAX			2				

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
2	16	10
7 %	57 %	36 %

Respondentu komentārs

Temperatūras izmaiņas nebūtiskas.

Ziemas perioda izmaiņas



Notikums C1.

Sala izraisītu bojājumu apjoma pieaugums betona elementiem

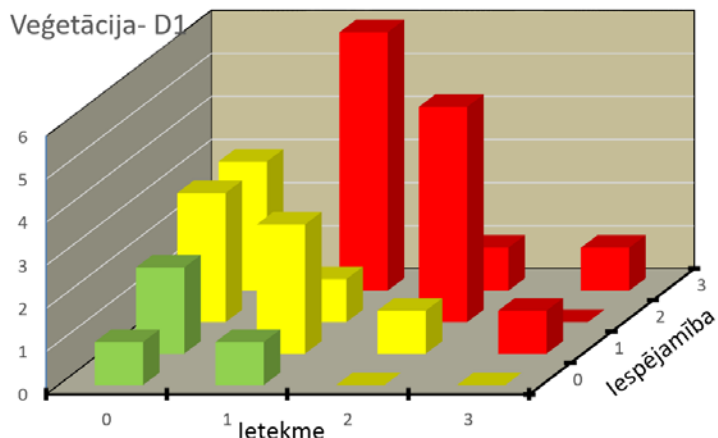
		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	2	0	1	1	4	
	2	0	3	4	1	8	
	1	0	9	2	1	12	1
	0	1	2	2	0	5	
KOPĀ	3	14	9	3	29		
MAX		1					

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
3	18	8
10 %	62 %	28 %

Respondentu komentāri

Latvijai raksturīgas biežas temperatūras svārstības ap 0 °C, kas nozīmē daudz sasalšanas/atkušanas ciklus un biežu pretapledojuma sāls lietojumu, un tā rezultātā stipri tiek bojātas dzelzsbetona konstrukcijas. Tādēļ temperatūras pieaugums par dažiem grādiem var būtiski uzlabot dzelzsbetona tiltu ilgmūžību, jo samazināsies sasalšanas ciklu skaits.

Veģetācijas perioda izmaiņas



Notikums D1.

Apauguma apjoma palielināšanās uz nogāžu nostiprinājumiem u.c. elementiem veicināti defekti

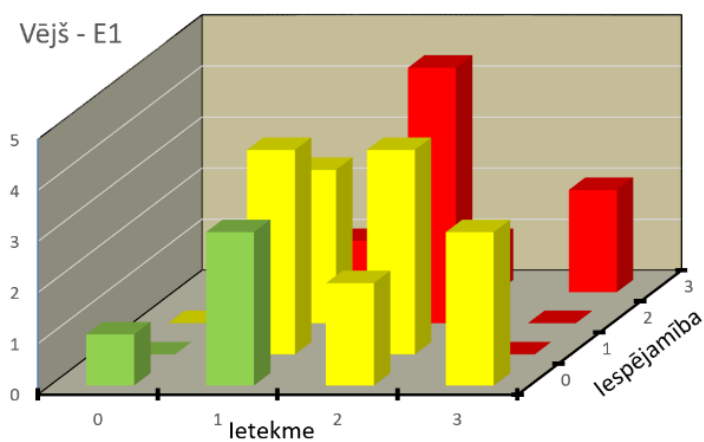
		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	3	6	1	1	11	3
	2	3	1	5	0	9	
	1	2	3	1	1	7	
	0	1	1	0	0	2	
KOPĀ	9	11	7	2	29		
MAX		1					

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
4	11	14
14 %	38 %	48 %

Respondentu komentāri

Var pasliktināties tiltu konstrukciju ventilācija, palielināties uzturēšanas izmaksas. No otras puses, palielināsies nogāžu noturība, jo ātrāk atjaunosies velēna.

Vēja ātruma izmaiņas

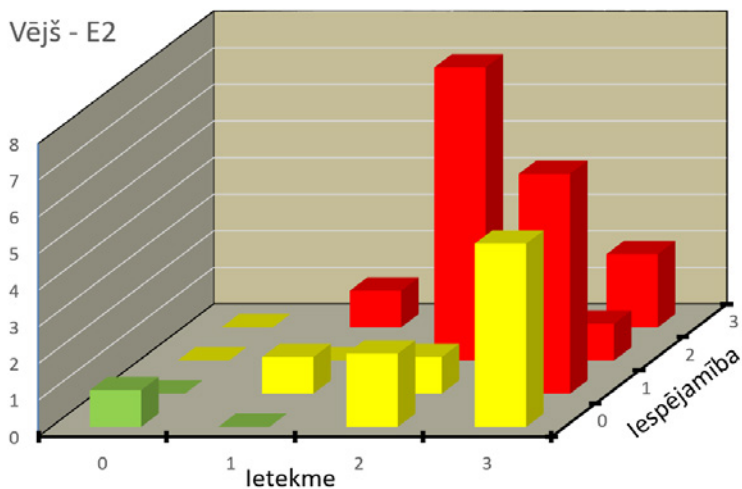


Notikums E1.

Defekti, kas saistīti ar papildu slodzi uz vējam pakļautām virsmām

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	1	1	2	4	
	2	0	3	5	0	8	
	1	0	4	4	0	8	
	0	1	3	2	3	9	0
KOPĀ	1	11	12	5	29		
MAX			2				

Vējš - E2



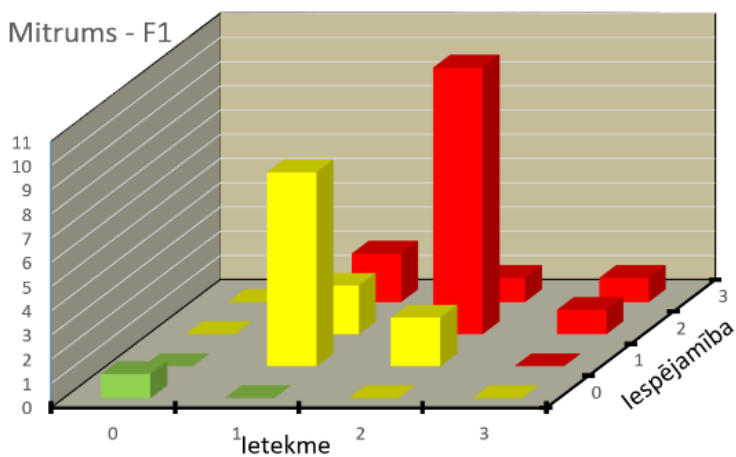
Notikums E2.

Palielināts vanšu sistēmu svārstību risks

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	1	0	2	3	
	2	0	0	8	1	9	2
	1	0	1	1	6	8	
	0	1	0	2	5	8	
KOPĀ	1	2	11	14	28		
MAX				3			

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
1	9	18
4 %	32 %	64 %

Relatīvā mitruma izmaiņas

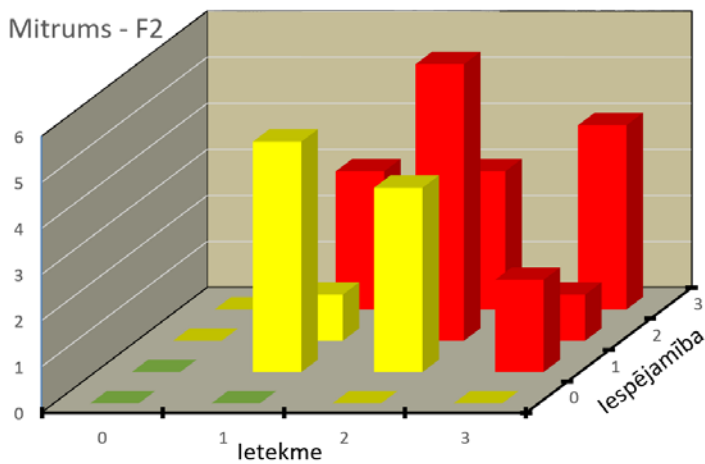


Notikums F1.

Intensīvāku betona karbonizācijas procesu radīti defekti

		IETEKME				KOPĀ	MAX
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	2	1	1	4	
	2	0	2	11	1	14	2
	1	0	8	2	0	10	
	0	1	0	0	0	1	
KOPĀ	1	12	14	2	29		
MAX			2				

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
1	12	16
3 %	41 %	55 %



Notikums F2.

Samazināts koka elementu kalpošanas laiks

IETEKME		KOPĀ	MAX				
		0	1	2	3		
IESPĒJAMĪBA	3	0	3	3	4	10	
	2	0	1	6	1	8	
	1	0	5	4	2	11	1
	0	0	0	0	0	0	
KOPĀ	0	9	13	7	29		
MAX			2				

RISKS		
Zems	Vidējs	Augsts
0	10	19
0 %	34 %	66 %

Respondentu komentāri

- 1) Betona karbonizācijas attīstības vislielākais ātrums ir tad, ja relatīvais gaisa mitrums ir robežās no 60 % līdz 75 %. Latvijā raksturīgais gaisa mitrums ir ~ 67–93 %. Tātad, pieaugot relatīvajam gaisa mitrumam, karbonizācijas attīstība samazinās. Ja gaisa relatīvais mitrums ir 80 %, karbonizācija praktiski vairs neattīstās. Tērauda elementu korozija (t. sk. nepasargāta stieģrojuma korozija) attīstība palielināsies (samazināsies periodi ar sausāku gaisa relatīvo mitrumu, pie kā tērauda korozija attīstās lēnāk). Zema notikuma iespējamība, zema sagaidāmo seku ietekme, ja notikums realizējas.
- 2) Iespējams, ka būs nepieciešama biežāka vai pastiprināta tērauda konstrukciju aizsardzība.

Iepriekš nekategorizētas notikumu grupas papildinājums no respondentu skatupunkta

Komentārs. CO₂ pieaugums atmosfērā palielina karbonizācijas attīstību betona konstrukcijās, bet sekas būtu uzskatāmas par nebūtiskām vismaz tādām būvēm kā tilti (0,0).

G1 – Klimata politika, tās izmaiņas un praktiskā rīcība pasaulē un Eiropā; vidēja iespējamība [3], vidēja ietekme [3].

Riska novērtējums pēc aptaujas rezultātiem

1) Pēc visbiežāk atzīmētā kritērija:

	IESPĒJAMĪBA	IETEKME	SUM	RISKS
Nokrišņi – A1	1	3	4	augsts
Nokrišņi – A2	1	3	4	augsts
Nokrišņi – A3	2	2	4	augsts
Nokrišņi – A4	2	2	4	augsts
Temperatūra – B1	2	2	4	augsts
Temperatūra – B2	2	2	4	augsts
Temperatūra – B3	1	2	3	vidējs
Ziema – C1	1	1	2	vidējs
Veģetācija – D1	3	1	4	augsts
Vējš – E1	0	2	2	vidējs
Vējš – E2	2	3	5	augsts
Mitrums – F1	2	2	4	augsts
Mitrums – F2	1	2	3	vidējs

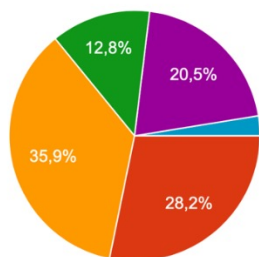
2) Ar izkliedi pa risku kategorijām:



10.9. Aptauja par klimata pārmaiņu ietekmi uz autoceļu konstrukciju drošību un ilgmūžību

Vecuma grupa

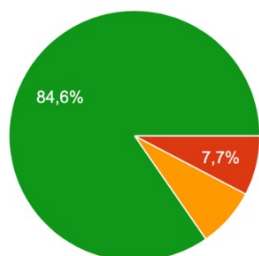
39 atbildes



- 18 - 25 gadi
- 26 - 35 gadi
- 36 - 45 gadi
- 46 - 55 gadi
- 56 - 65 gadi
- 65 + gadi

Izglītības līmenis

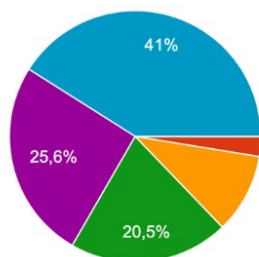
39 atbildes



- Pamatizglītība
- Vidējā vai vidējā speciālā izglītība
- Nepabeigta augstākā izglītība
- Augstākā izglītība

Darba pieredze

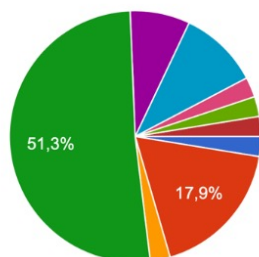
39 atbildes



- 1 - 2 gadu pieredze
- 3 - 5 gadu pieredze
- 5 - 10 gadu pieredze
- 10 - 15 gadu pieredze
- 15 - 20 gadu pieredze
- 20 + gadu pieredze

Respondenta pārstāvētā nozares profesionāļu grupa

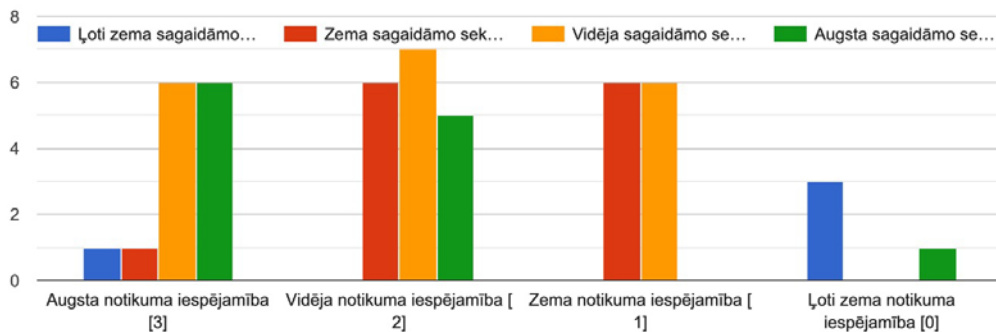
39 atbildes



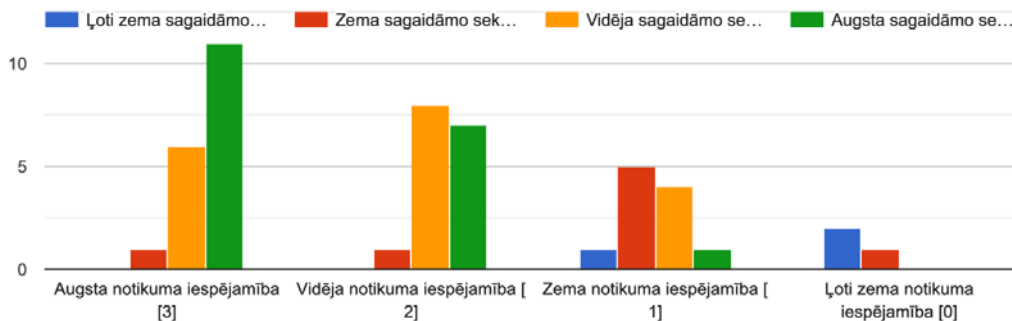
- Plānotājs
- Pasūtītājs
- Projektētājs
- Būvdarbu veicējs
- Būvuzraugs
- Uzturētājs
- Uzturētājs un būvnieks
- Testēšanas laboratorija
- Ražošanas direktors

Augstas gaisa temperatūras izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

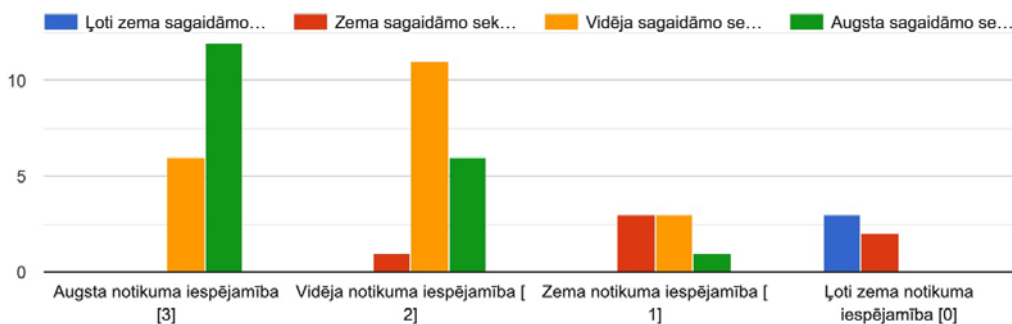
A1 – Būvdarbu veikšana personālam var būt apgrūtināta.



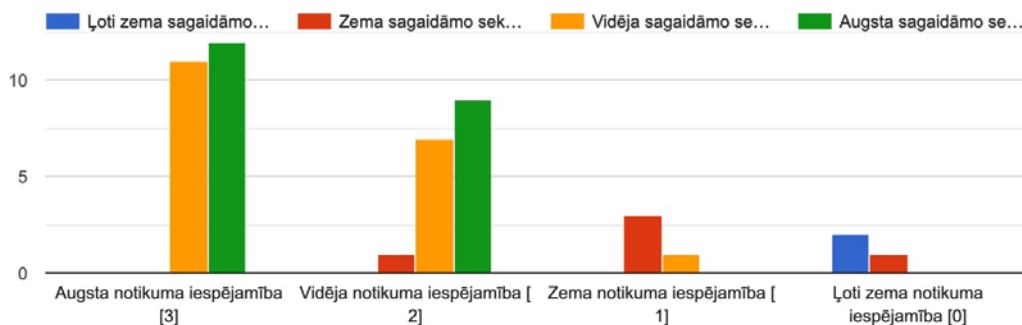
A2 – Atsevišķu tehnoloģiju lietošana uz laiku var būt neiespējama (piemēram, virsmas apstrāde).



A3 – Asfalta seguma deformācijas riski.



A4 – Virsmas apstrādes izsvīdumu, izblīdumu u.c. defektu riski.

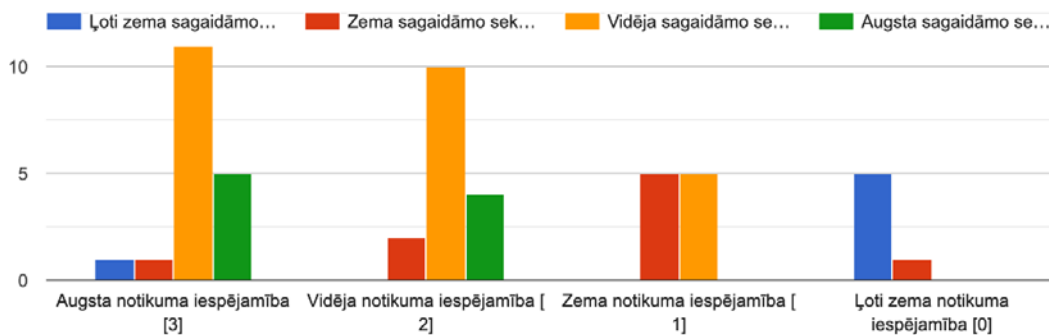


Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildu skaidrojumi par sadaļu "A" 3 atbildes

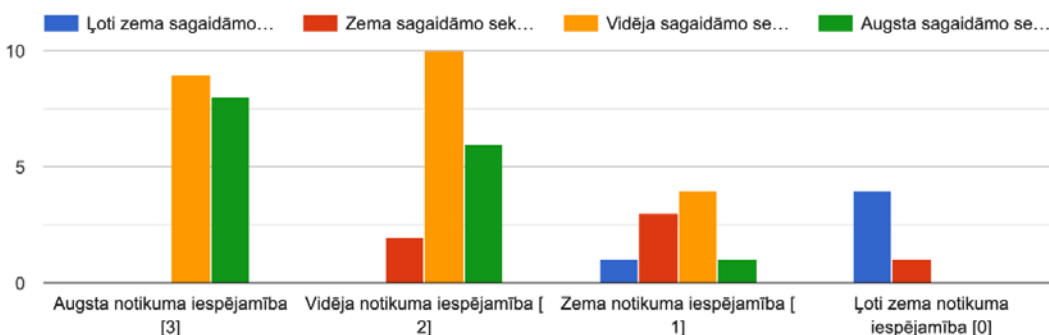
- Jau patlaban vasaras periodā, kad ir paaugstināta gaisa temperatūra, asfaltēšanas darbi tiek plānoti nakts laikā. Jo, ja gaisa temperatūra ir + 28 °C un augstāka, asfaltbetona ieklāšanas operatora darba vietā temperatūra ir ap + 50 °C grādiem.
- Jau tiek lietoti materiāli, lai novērstu klimata ietekmi uz autoceļiem.
- Jau patlaban redzam izmaiņas, kad bitumena izsvīdumi parādās daudz biežāk, laikapstākļu dēļ tiek ietekmēta būvniecības sezona utt.

Temperatūras svārstības ap 0 °C (ziemā) izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

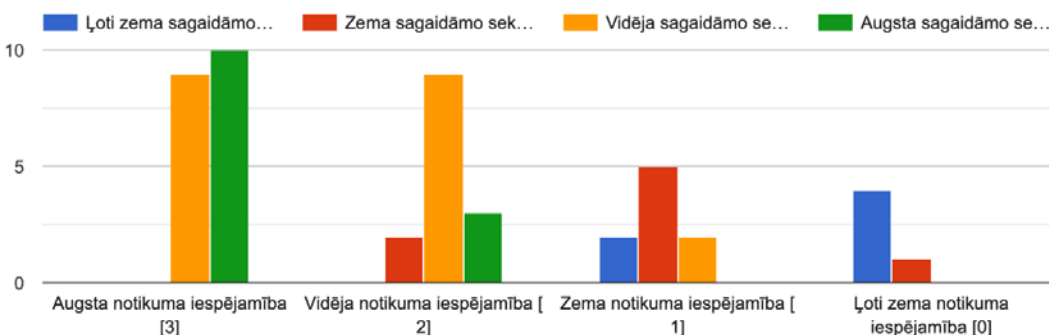
B1 – Nesaistītu minerālmateriālu segas kārtu materiāla pastiprināta sabīršana (sadrupšana) sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā.



B2 – Asfalta seguma dilumkārtu defektu apjomu pieaugums sasalšanas – atkušanas ciklu iedarbībā.

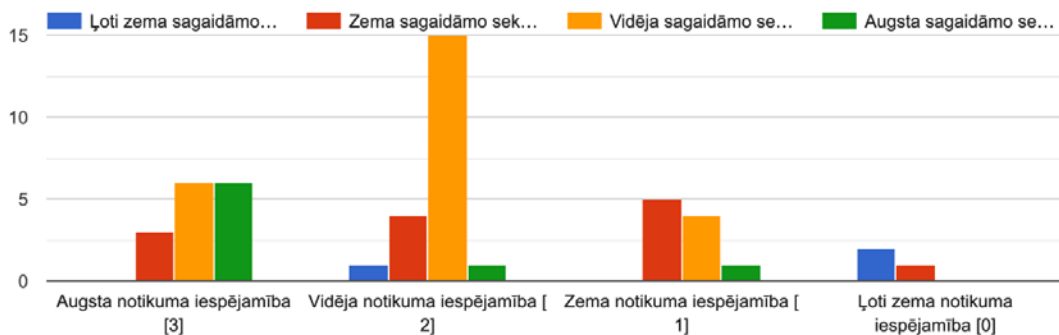


B3 – Grants seguma dilumkārtas defektu apjomu pieaugums sasalšanas/atkušanas ciklu iedarbībā.

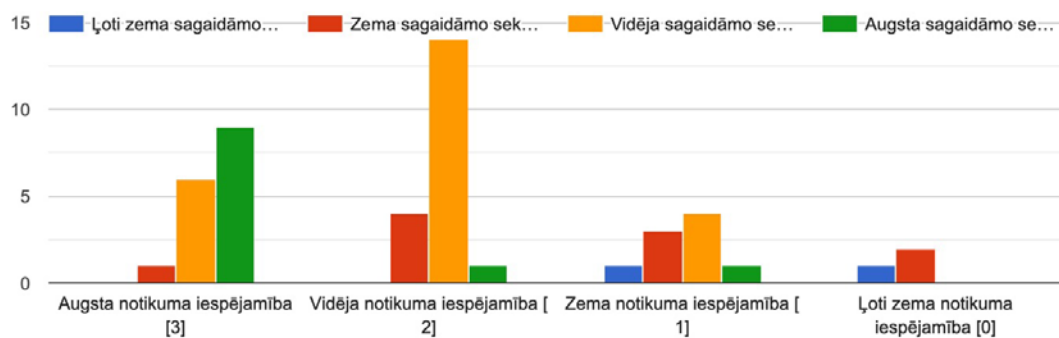


Intensīva apledojuma izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

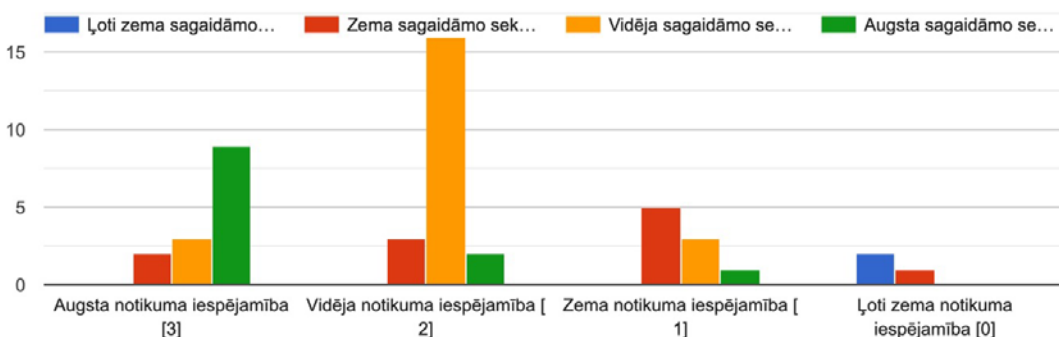
C1 – Investīcijas ziemas dienesta aprīkojumā būs nepieciešamas vismaz līdzīgā vai lielākā apjomā nekā patlaban.



C2 – Pieaug nepieciešamība veikt preventīvus atledošanas pasākumus.



C3 – Vēlams izstrādāt precīzākus apledojuma prognozēšanas algoritmus un rīkus

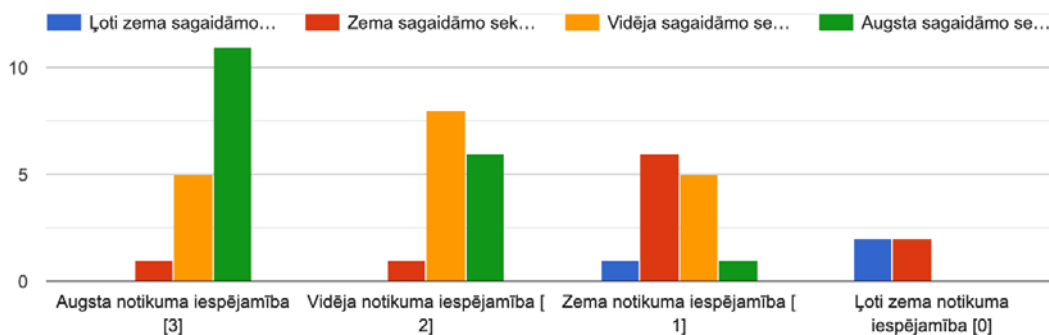


Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "C" 3 atbildes

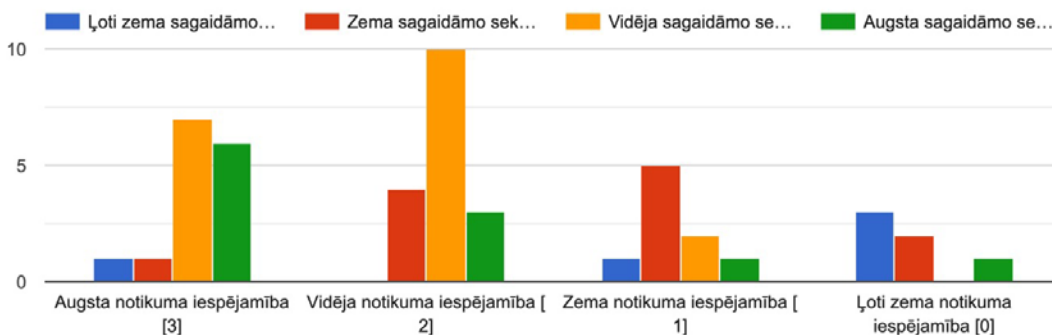
- Tehnoloģijas attīstās. Bet varbūt lietderīgāk izglītot sabiedrību attiecībā par braukšanu ziemas apstākļos. Varbūt nākotnē tiks izgudrota piedeva asfaltam, kas neitralizē melnā ledus veidošanos ...
- Varbūt var mainīties lietotās tehnoloģijas, fiziska sāls kaisīšana aizstāta ar sāls šķīduma lietošanu, bet tas jau ir sekundārs jautājums.
- Šis jautājums jāskata kontekstā ar MK prasībām – ap-
ledojuma iespējamība, reaģēšanas laiks u.c., ar spēkā
esošo līgumu prasībām, ar to, vai tiks noteiktas maksi-
mālās sāls izlietojuma normas uz gr/m² gada laikā u.c.

Intensīvu nokrišņu izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

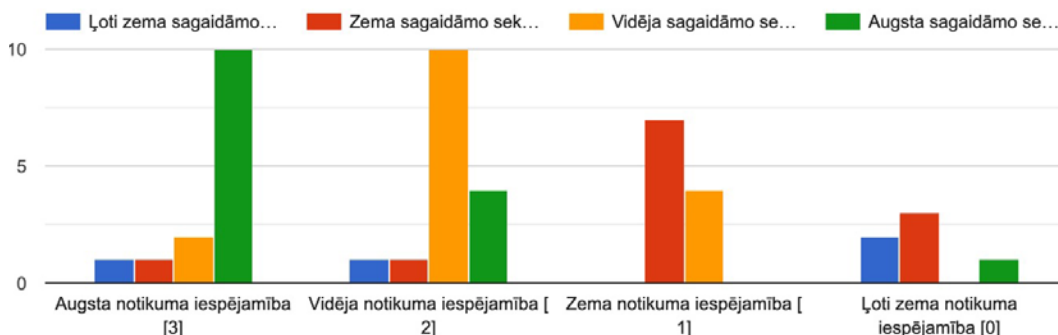
D1 – Būvdarbu veikšana var būt apgrūtināta gan pienācīgai ūdens novadīšanai no būvlaukuma (neappludinot pieguļošās teritorijas), gan uzbūvēto konstrukciju un elementu aizsardzībai.



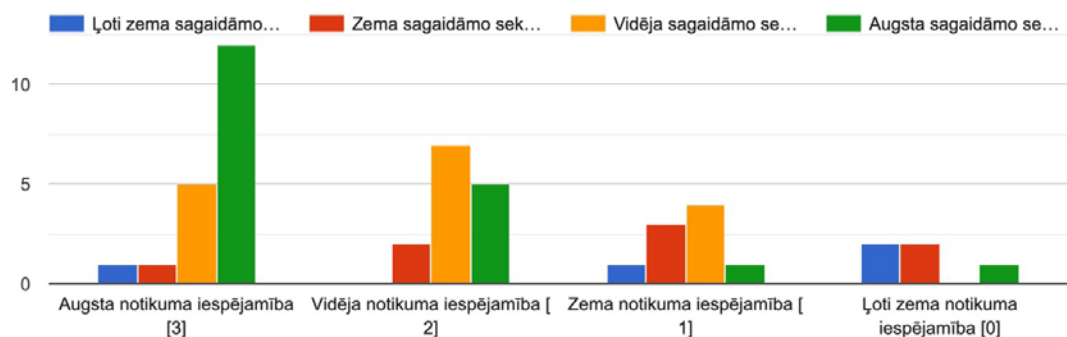
D2 – Atsevišķu tehnoloģiju lietošana uz laiku var būt neiespējama (piemēram, zemes darbi).



D3 – Ūdens novades sistēmu caurlaidība var būt nepietiekama.



D4 – Autoceļu nogāžu un grāvju nostiprinājumi var būt nepietiekami.

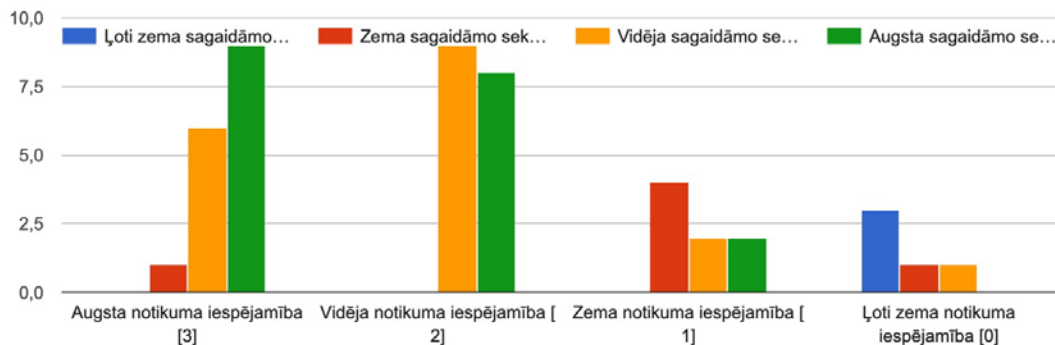


Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "D" 2 atbildes

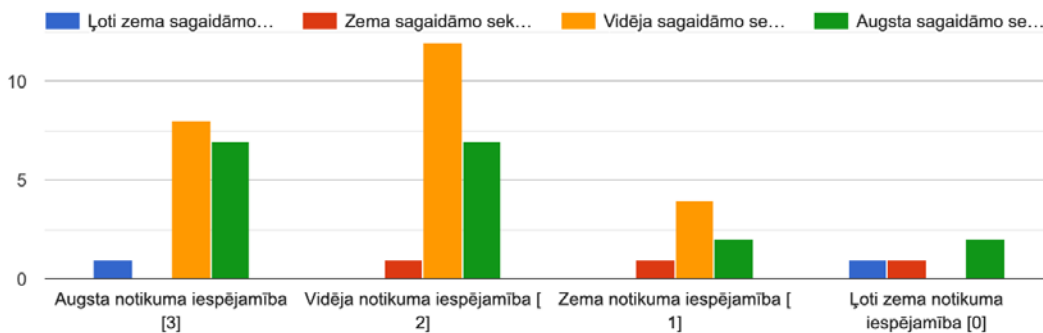
- Pašu autoceļu ūdens atvades problēmas ir niecīgas, tālākā ūdens atvades sistēma (meliorācijas grāvji), kas ir privātajās teritorijās, netiek kopta, un tā jau ir valsts nozīmes problēma.
- Jau patlaban ir palielinājusies lietusgāžu intensitāte, un nogāžu nogruvumi vai veiktie zemes darbi ir jāpārstrādā. Ir jāpārskata ūdens novades sistēmu aprēķina metodika.

Plūdu upēs izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

E1 – Autoceļu un to elementu daļēji vai pilnīgi bojājumi (izskalojumi).

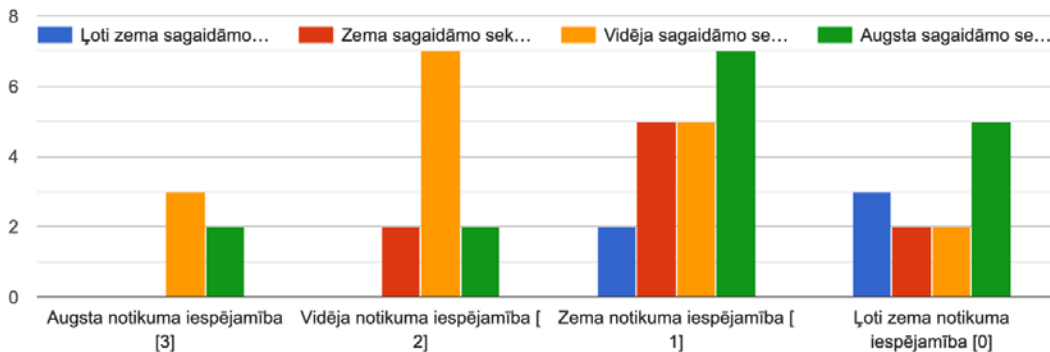


E2 – Būvniecības riski – daļēji uzbūvētu konstrukciju bojājumi, būvniecības termiņu aizkavējumi.

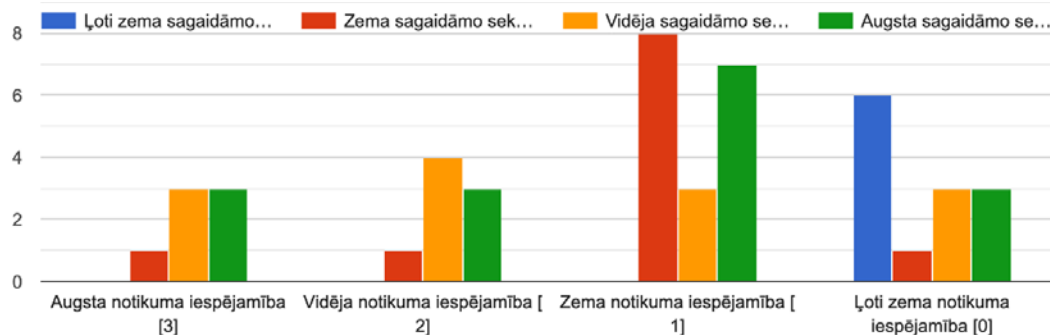


Jūras līmeņa paaugstināšanās iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

F1 – Nepieciešamība esošos autoceļu posmus pārbūvēt jaunā vietā.



F2 – Nepieciešamība esošos autoceļu posmus nostiprināt pret jūras invāziju.

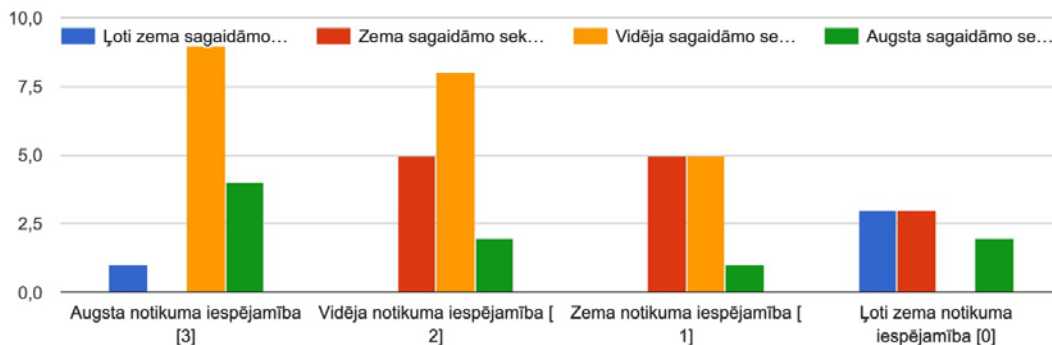


Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "F" 4 atbildes

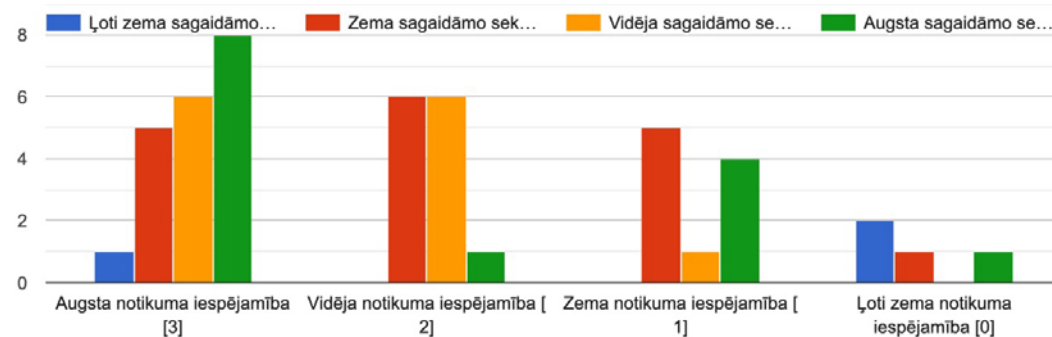
- Saulkrasti, Zvejniekiems, Vitrupe
- a/c P111
- Kurzemes krasta līnijas erozijas riski.
- Jūras piekrastē esošie autoceļi, patlaban konkrētu bīstamo posmu nav.

Vētru izmaiņu iespējamā ietekme uz autoceļiem un to elementiem (notikumi):

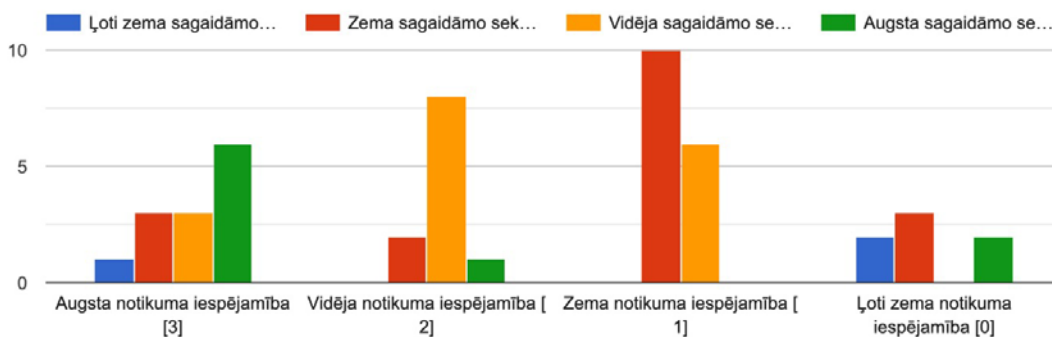
G1 – Satiksmes kustības ierobežojumi vēja iedarbības radīto bojājumu dēļ.



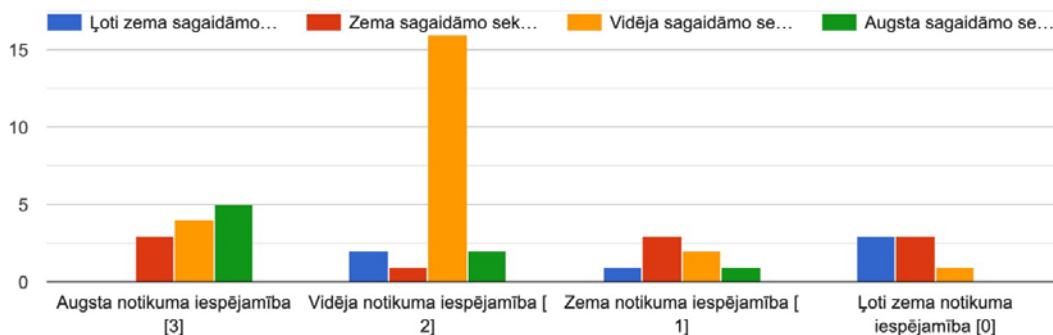
G2 – Vēja gāzti koki uz brauktuves un ceļa nodalījuma joslā.



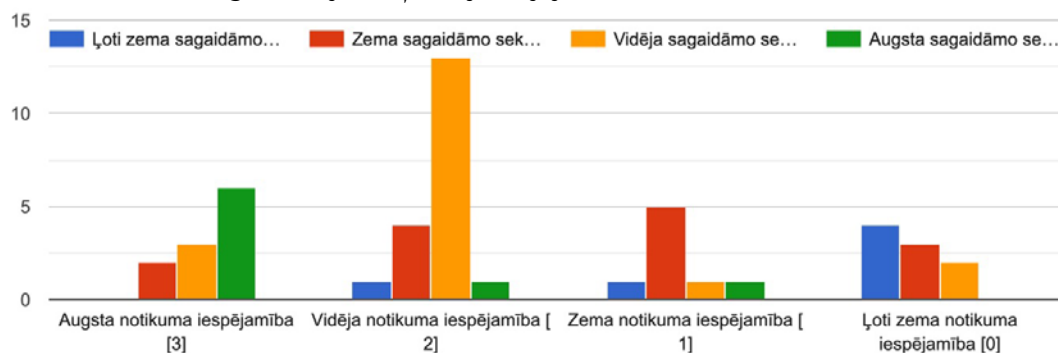
G3 – Trešo pušu komunikāciju un būvju bojājumi, kas ietekmē ceļa lietotājus.



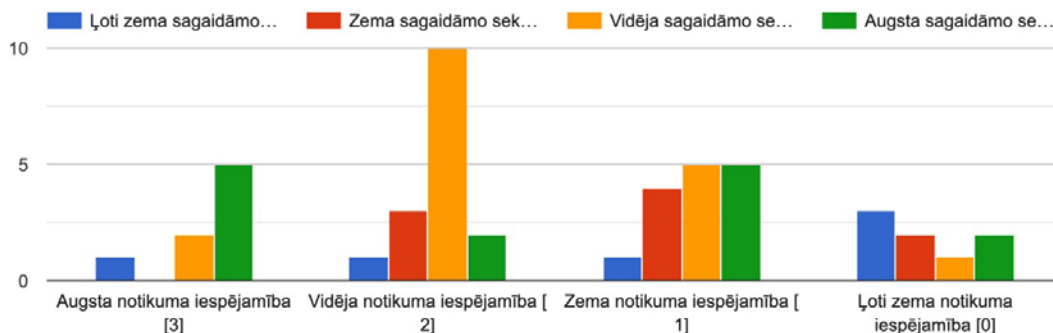
G4 – Lielo informācijas zīmju bojājumi.



G5 – Satiksmes organizācijas ceļazīmju bojājumi.



G6 – Krastu erozija, kā rezultātā rodas autoceļu infrastruktūras bojājumi.



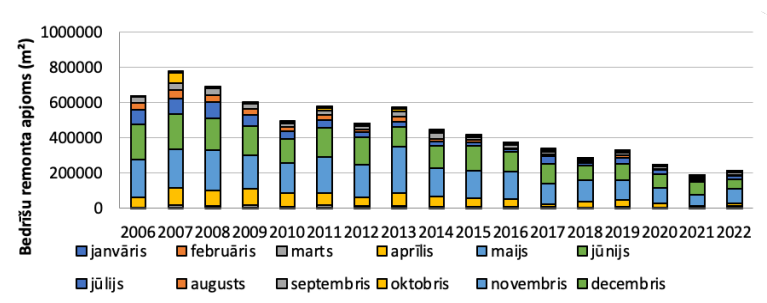
Papildinājumi / piezīmes / komentāri / papildus skaidrojumi par sadaļu "G" 3 atbildes

- Ceļa zemes nodalījuma josla bieži ir attīrīta. Problēmas sagādā blakus teritorijās esošie meži un koki. Koka garums ir ~ 25–30 m, un tāds var uzkrīst uz ceļa bez problēmām. Piemēram, 2024. gada ziemā, kad sniegs izraisīja koku noliekšanos uz ceļa un masveidā traucēja satiksmi, Igaunijas teritorijā izraisot ļoti daudz elektro-līniju bojājumu.
- Patlaban vērojamas lokālas spēcīgas vētras.
- Pēkšņās vēja brāzmas, jau patlaban nodara būtiskus bojājumus satiksmes organizācijas infrastruktūrai.

Bedrīšu remonta darbu korelācija ar klimata parametriem

Ievērojot klimata parametru potenciālo ietekmi uz transporta infrastruktūras stāvokli, veikts apkopojums par bedrīšu remonta apjomiem no 2006. līdz 2022. gadam (13.6.–1.–13.6.–5. att.), kā arī izvērtēta nokrišņu daudzuma un gaisa vidējās temperatūras korelācija ar bedrīšu remonta apjomu dažādos gada mēnešos (13.6.–6.–13.6.–17. att.). Jāņem vērā, ka saremontēto bedrīšu apjoms galvenokārt raksturo ceļu tīkla kopējo stāvokli, kas pakāpeniski uzlabojas, līdz ar to kopējā tendence ir tāda, ka remontēto bedrīšu apjoms samazinās, bet salīdzinošais bedrīšu remonta apjomu pieaugums konkrētos periodos, iespējams, ļautu identificēt kopsakarības arī ar klimatisko apstākļu iedarbību.

10.5.–1. attēlā redzama bedrīšu remonta dinamika no 2006. līdz 2022. gadam.



10.5.–1. attēls.

Bedrīšu remonta apjomu izmaiņu ikgadējā dinamika no 2006. līdz 2022. gadam.

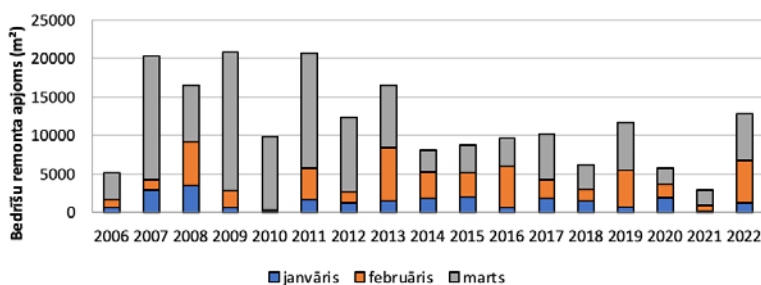
Bedrīšu veidošanos veicinošie galvenie iemesli:

- ziema–pavasaris – periods, kad apkārtējā gaisa temperatūra izmainās no negatīvas uz pozitīvu un atpakaļ, svārstoties ap 0 °C, īpaši, ja gaisa temperatūra strauji paaugstinās $\geq +4$ °C. Ceļa konstrukciju struktūrā iekļuvušais ūdens sasalstot izplešas un grauž to struktūru, savukārt pozitīva gaisa temperatūra atkausē šo ceļa konstrukciju struktūrā iekļuvušo ūdeni, kā arī izraisa sniega kušanu, kas kopumā rada paaugstināta mitruma negatīvu iedarbību uz ceļa konstrukciju, īpaši – uz segumu;
- vasara–rudens – periods, kad iestājas salīdzinoši ilgstoši (orientējoši, nedēļu un ilgāk) un intensīvi pastāvīgi nokrišņi, kas rada paaugstināta mitruma negatīvu iedarbību uz ceļa konstrukciju, īpaši – uz segumu.

10.5. – 2. attēlā redzami bedrīšu remonta apjomi gada 1. kvartālā 2006.–2022. gada griezumā. Gada 1. kvartālā, kas ir ziemas–pavasara sākuma periods, galvenokārt lielākie bedrīšu remonta apjomi bijuši martā, bet 2014., 2016., 2019. un 2022. gadā salīdzinoši lielāki vai līdzīgi bedrīšu remonta apjomi bijuši februārī.

Salīdzinoši proporcionāli lielāks bedrīšu remonta apjoms ir bijis:

- janvārī – 2008., 2011., 2014., 2015., 2017., 2020. gadā;
- februārī – 2008., 2011., 2013., 2016., 2019. un 2022. gadā;
- martā – 2007.; 2009.; 2011.; 2017.; 2019.; 2022. gadā.



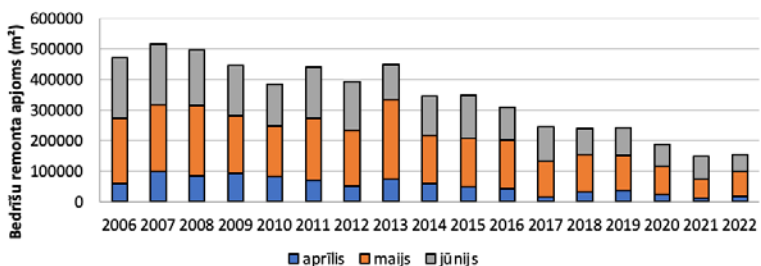
10.5. – 2. attēls.

Bedrīšu remonta apjomi periodā janvāris – marts no 2006. līdz 2022. gadam

10.5. – 3. attēlā parādīti bedrīšu remonta apjomi gada 2. kvartālā 2006.–2022. gada griezumā. Gada 2. kvartālā, kas ir pavasara–vasaras sākuma periods, lielākie bedrīšu remonta apjomi bijuši maijā.

Salīdzinoši proporcionāli lielāks bedrīšu remonta apjoms ir bijis:

- aprīlī – nav izteiktu atšķirību – bedrīšu apjoms vienmērīgi samazinās;
- maijā – bedrīšu apjoms vienmērīgi samazinās, izņemot 2013. gadu;
- jūnijā – nav izteiktu atšķirību – bedrīšu apjoms vienmērīgi samazinās.



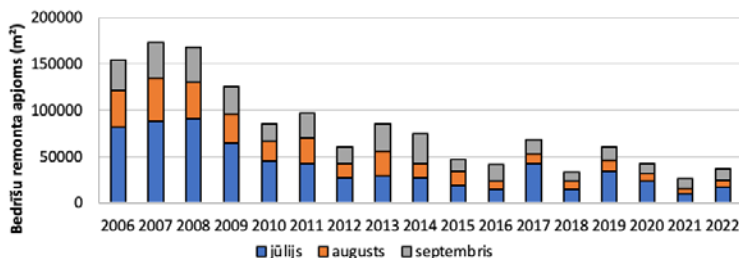
10.5. – 3. attēls.

Bedrīšu remonta apjomi periodā aprīlis – jūnijs no 2006. līdz 2022. gadam.

10.5. – 4. attēlā redzami bedrīšu remonta apjomi gada 3. kvartālā, proti, jūlijā–septembrī, kas ir vasaras–rudens sākuma periods. Lielākie bedrīšu remonta apjomi bijuši jūlijā, izņemot 2016. un 2021. gadu, kad gan jūlijā, gan septembrī remontēto bedrīšu apjoms bijis praktiski līdzīgs.

Salīdzinoši proporcionāli lielāks bedrīšu remonta apjoms ir bijis:

- jūlijā – 2017., 2019. un 2020. gadā;
- augustā – 2011., 2013., 2019. un 2022. gadā;
- septembrī – 2011., 2013., un 2014. gadā.



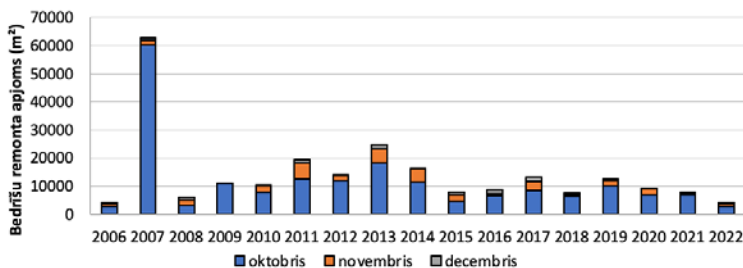
10.5. – 4. attēls.

Bedrīšu remonta apjomi periodā jūlijs–septembris no 2006. līdz 2022. gadam.

10.5. – 5. attēlā redzami bedrīšu remonta apjomi gada pēdējā kvartālā, oktobrī–decembrī, kas ir rudens–ziemas sākuma periods, lielākie bedrīšu remonta apjomi bijuši oktobrī.

Salīdzinoši proporcionāli lielāks bedrīšu remonta apjoms ir bijis:

- oktobrī – 2007., 2011., 2013. un 2019. gadā;
- novembrī – 2011., 2013., 2014. un 2017. gadā;
- decembrī – 2011., 2013., 2016., 2017. gadā.

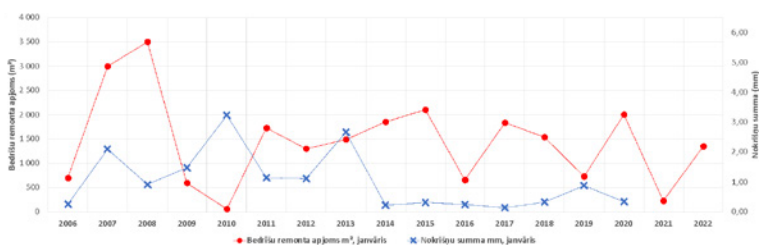


10.5. – 5. attēls.

Bedrīšu remonta apjomi periodā oktobris–decembris no 2006. līdz 2022. gadam.

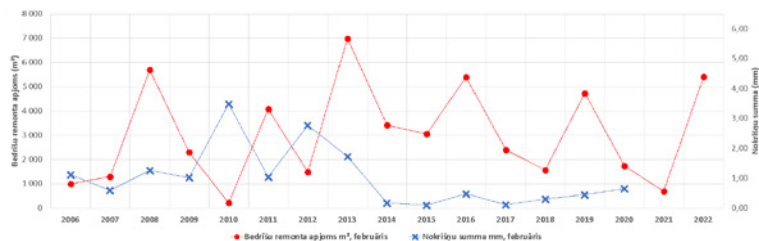
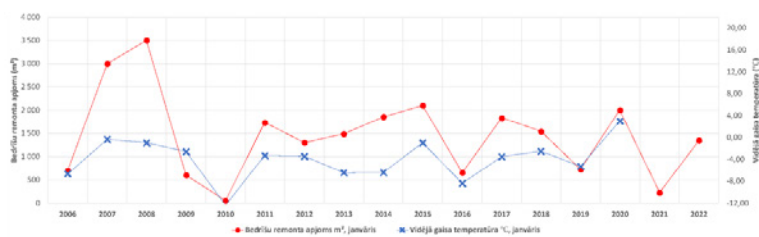
Vērtējot gada griezumā, periodā no 2006. līdz 2022. gadam visapjomīgākie bedrīšu remontu veikti šādos mēnešos: vislielākie apjomi maijā, nedaudz mazāk jūnijā, tad aprīlī. Tas ir izskaidrojams ar to, ka maijā parasti iestājas labvēlīgi klimatiskie apstākļi, lai iesāktu visaptverošu bedrīšu remontu visā ceļu tīklā, līdz ar to maijs–jūnijs ir periods lielākā apjoma bedrīšu remontiem. Vasaras periodā klimatiskie apstākļi ir labvēlīgāki, un bedrītes veidojas salīdzinoši mazāk, savukārt ziemas periodā bedrītes veidojas salīdzinoši intensīvi, bet remontētas tiek tikai satiksmei bistamās vietās, jo klimatiskie apstākļi nav piemēroti remontdarbu pienācīgai izpildei.

No 10.5. – 6. līdz 10.5. – 17. attēlam redzams bedrīšu remontdarbu apjoma salīdzinājums ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru katrā mēnesī periodā no 2006. līdz 2022. gadam. Analizējot datus, dažkārt var konstatēt, ka, piemēram, ziemas periodā, ja vidējā gaisa temperatūra ir ap 0 °C un salīdzinoši lielāks ir nokrišņu daudzums, tad bedrīšu remonta apjoms ir bijis lielāks, bet kā skaidra un noteikta likumsakarība tā tomēr nav konstatējama. Vasaras mēnešos likumsakarības starp nokrišņu daudzumu, vidējo gaisa temperatūru un bedrīšu remonta apjomiem nav konstatējamas.



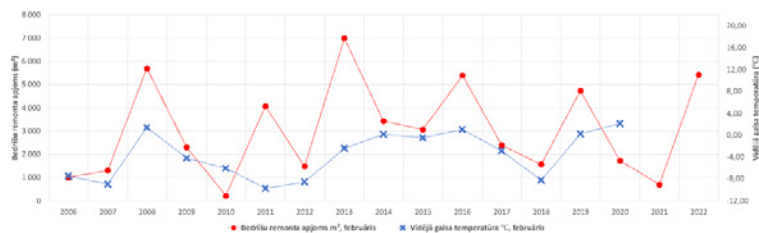
10.5. – 6. attēls.

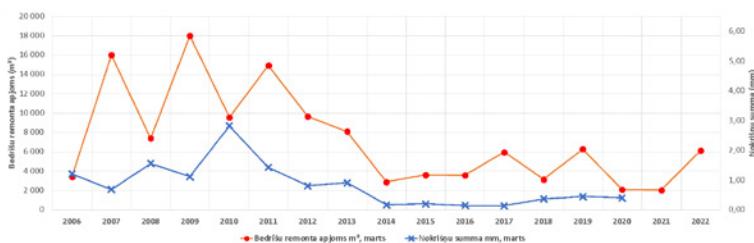
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru janvārī.



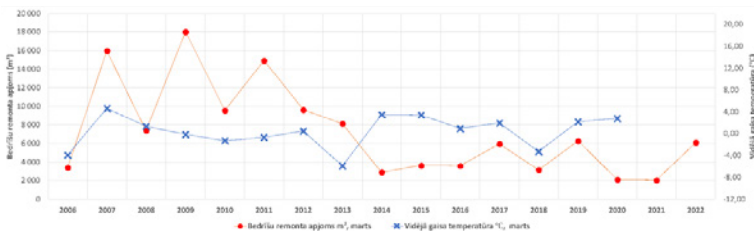
10.5. – 7. attēls.

Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru februārī.

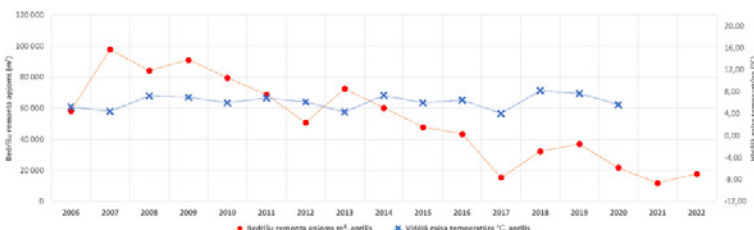
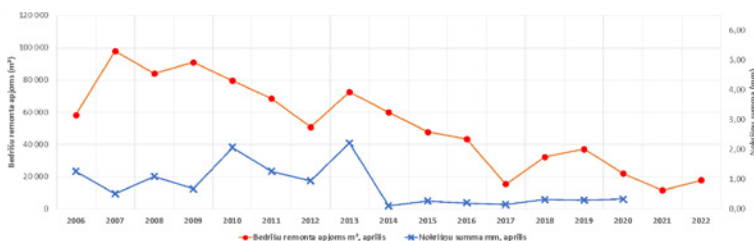




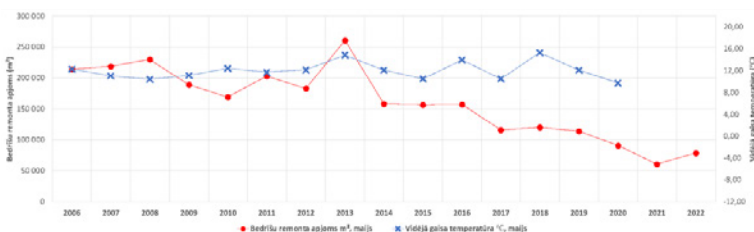
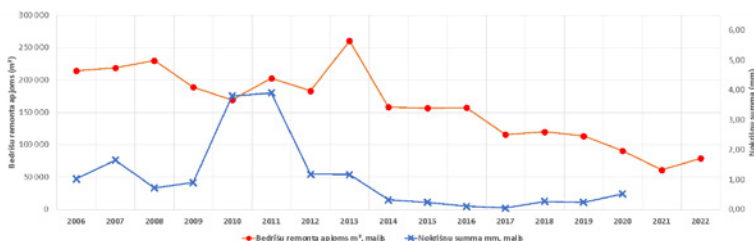
10.10.– 8. attēls.
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru martā.

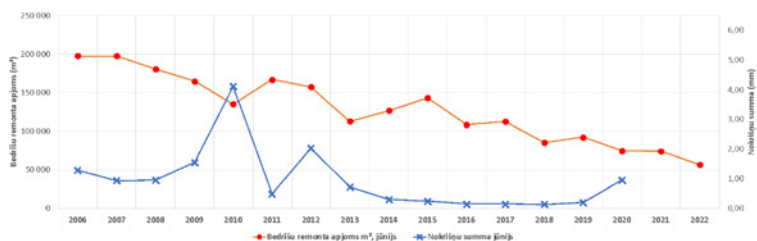


10.5. – 9. attēls.
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru aprīlī.



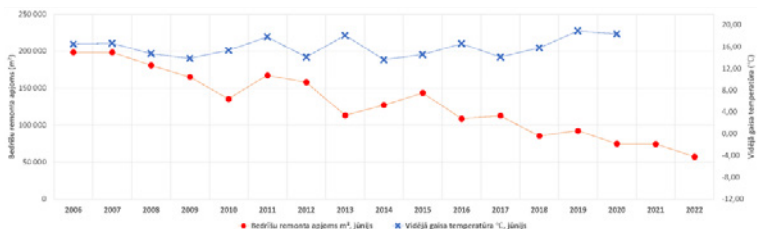
10.10.– 10. attēls.
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru maijā.





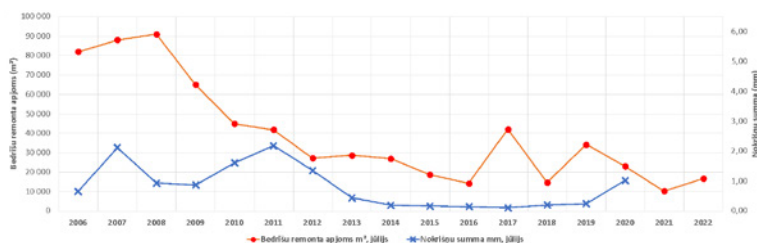
10.5. – 11. attēls.

Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru jūnijā.



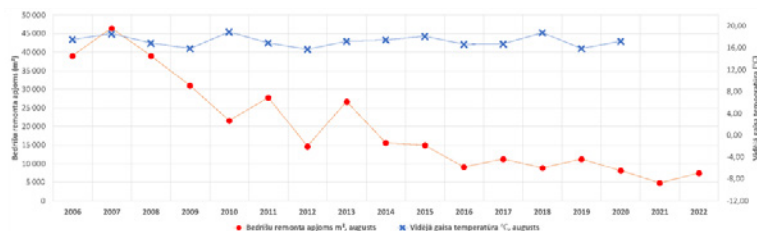
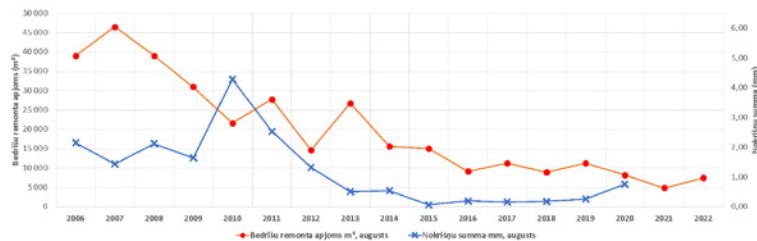
10.5. – 12. attēls.

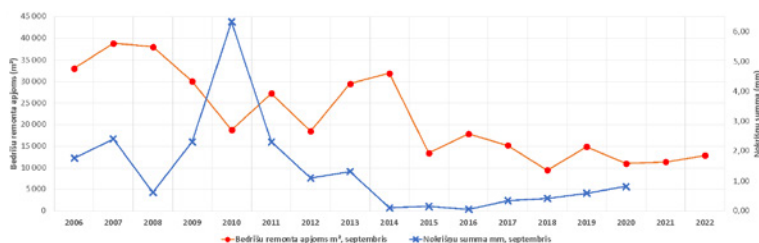
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru jūlijā.



10.5. – 13. attēls.

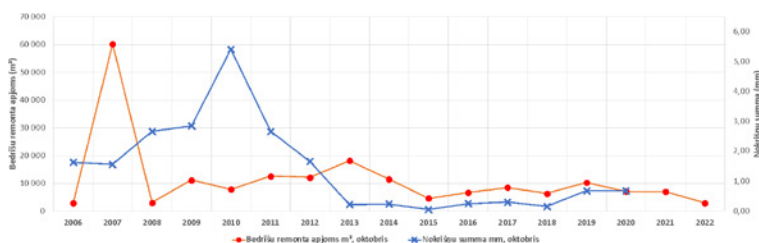
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru augustā.





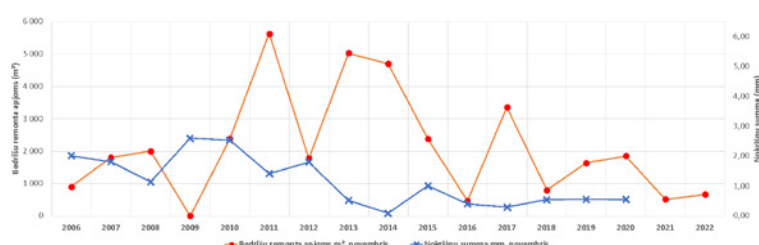
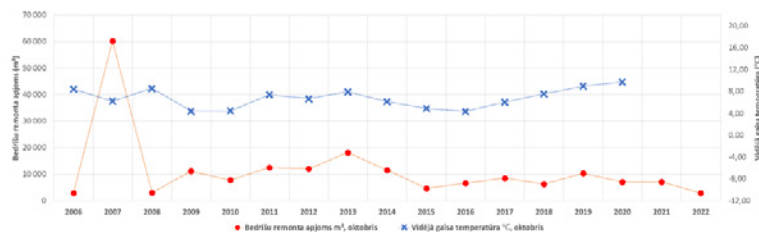
10.5. – 14. attēls.

Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru septembrī.



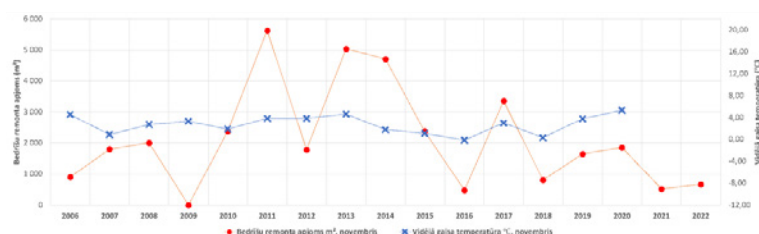
10.5. – 15. attēls.

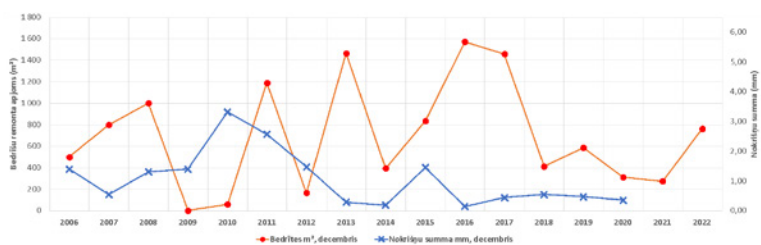
Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru oktobrī.



10.5-16. attēls.

Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru novembrī.





10.5. – 17. attēls.

Ceļa bedrīšu remontdarbu apjoms salīdzinājumā ar nokrišņu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru decembrī

