



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS

VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”

SNIEGA SEGAS BIEZUMA PĀRMAIŅU SCENĀRIJI LATVIJAI

Ziņojums

Viesturs Zandersons

Svetlana Aņiskeviča

Rīga, 2018

SATURA RĀDĪTĀJS

IEVADS	3
LĪDZŠINĒJĀS SNIEGA SEGAS IZMAIŅAS.....	4
Sniega segas izmaiņas pasaulē.....	4
Vēsturisko datu apstrādes metodika	4
Sniega segas vēsturiskās izmaiņas Latvijā.....	6
Vidējais sniega biezums	7
Maksimālais sniega biezums	11
Dienu skaits ar sniegu	15
PROGNOZĒTĀS SNIEGA SEGAS BIEZUMA IZMAIŅAS	22
Prognožu noteikšanas metodika.....	22
Sniega segas vidējā biezuma izmaiņas laika posmā līdz 2100. gadam	23
SECINĀJUMI	26
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	27

IEVADS

Sezonālais sniega segas biezums ir viens no klimatu raksturojošajiem meteoroloģiskajiem parametriem. Sniega segas biezuma mērījumi ir nozīmīgi vairākās tautsaimniecības nozarēs, piemēram, satiksmes drošībā (nepieciešams prognozēt autoceļu izbraucamību un kvalitāti), lauksaimniecībā (sniega sega pasargā grunti no sasalšanas un ļauj pārziemot augiem) un būvniecībā (sniega segas biezums būtiski ietekmē uzbūves plānošanu sniega slodzes aprēķinos). Sniega segas biezums ir būtisks arī klimata pārmaiņu kontekstā – sniegam ir ļoti augsts virsmas albedo (saules radiācijas atstarošanas mērījums), kas izraisa saules enerģijas atstarošanu atpakaļ kosmosā, tādā veidā samazinot enerģijas daudzumu, ko saņem Zeme. Būtiskas sniega segas izmaiņas var izraisīt paātrinātu klimata pārmaiņu efektu (IPCC, 2014). Tādējādi sniega segas mērījumi ir nozīmīgi arī nākotnes klimata scenāriju izstrādei.

Šajā ziņojumā apskatīti sniega segas biezuma mērījumi un sniega izmaiņu tendences Latvijas teritorijā no 1961. līdz 2010. gadam, kā arī raksturotas iespējamās sniega segas biezuma izmaiņas Latvijā līdz 2100. gadam. Ziņojuma mērķis ir apzināt un novērtēt līdzšinējās sniega segas biezuma un pārklājuma izmaiņu tendences, kā arī raksturot to sakarību ar globālajām izmaiņu tendencēm klimata pārmaiņu kontekstā. Lai sasniegtu pētījuma mērķi, izvirzīti sekojoši uzdevumi:

1. Aprēķināt ilggadīgās vidējās un maksimālās vērtības sniega segas biezuma datiem;
2. Novērtēt sniega segas biezuma izmaiņu tendences;
3. Atbilstoši IPCC 5. ziņojuma ietvaros izstrādātajiem reprezentatīvās koncentrācijas aplēšu scenārijiem (RCP) analizēt sniega segas nākotnes izmaiņas Latvijas teritorijā (IPCC, 2014b)

Ziņojumā analizēti dati par sniega segas biezumu no 48 meteoroloģiskajām stacijām Latvijas teritorijā, apskatot sniega biezuma un pārklājuma rādītājus un nosakot to izmaiņu tendences. Ziņojums ir papildinājums 2017. gada Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (turpmāk – LVĢMC) pētījumam “Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai” (Avotniece u.c., 2017)

LĪDZŠINĒJĀS SNIEGA SEGAS IZMAIŅAS

Sniega segas izmaiņas pasaulē

Klimata pārmaiņas pasaulē ir ievērojami ietekmējušas sezonālā sniega pārklājumu un biežumu. Pēc IPCC 5. ziņojuma datiem, sniega segas izmaiņas ziemeļu puslodē visievērojamākās ir pavasara mēnešos. Laika periodā no 1967. līdz 2012. gadam sniega klātās teritorijas martā samazinājās par $0,50 \times 10^{-6}$ km²/dekādē, aprīlī par $0,63 \times 10^{-6}$ km²/dekādē un maijā par $0,90 \times 10^{-6}$ km²/dekādē. Ziemas mēnešos statistiski būtiska sniega segas pārklājuma tendence nav novērojama, bet, apskatot kopējās gadu vidējās vērtības, konstatēts sniega segas pārklājuma samazinājums par $0,40 \times 10^{-6}$ km²/dekādē (IPCC, 2013; Brown and Robinson, 2011). Citos pētījumos norādīta Eirāzijas sniega pārklājuma palielināšanās ziemas mēnešos, reizē norādot uzsniega kušanas intensitātes pieaugšanu un kušanas sezonas saīsināšanos (Bulygina et al, 2009).

Sniega segu raksturojošo parametru tendences pasaulē ir atkarīgas no reģionālajiem klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem. Mērenā klimata joslā ziemeļu puslodē novērojama temperatūras paaugstināšanās ziemas mēnešos un pieaugošs nokrišņu daudzums (IPCC, 2013). Kaut gan paaugstināta globālā temperatūra samazina sniega segas saglabāšanās laiku un samazina tās ģeotelpisko pārklājumu, palielinātais nokrišņu daudzums izraisa palielinātu sniega izkrišanu. Tādējādi sniega segas izmaiņas ir tieši atkarīgas no nokrišņu daudzuma un gaisa temperatūras mijiedarbības. Lokālas klimatiskās īpašības un palielināts nokrišņu daudzums var izraisīt gan pozitīvas, gan negatīvas sniega segu raksturojošo parametru tendences (Raisanen, 2008; Raisanen and Eklund, 2012).

Vēsturisko datu apstrādes metodika

Lai analizētu sniega segas izmaiņas Latvijas teritorijā, ziņojuma ietvaros apkopoti LVĢMC 54 meteoroloģisko novērojumu staciju sniega segas biezuma mērījumi. Lai nodrošinātu sasaisti ar iepriekš novērtētām līdzšinējām klimata pārmaiņām gaisa temperatūrā un nokrišņu daudzumā (Avotniece u.c., 2017), ziņojumā aprakstītās stacijas izvēlētas balstoties uz iepriekšējiem pētījumiem. Atsevišķas stacijās, kurās konstatēts liels datu iztrūkums (vairāk par 20%) izņemtas no analizējamo datu kopas. Ziņojumā izmantoto 48 meteoroloģisko staciju ģeotelpiskais izvietojums redzams 1.1. attēlā.



1.1. attēls. Pētījumā analizēto staciju ģeotelpiskais izvietojums

Pētījuma laikā veikta sniega segas biezuma analīze laikā un telpā. Lai noteiktu meteoroloģisko parametru ilggadīgo izmaiņu tendences tika izmantots neparametriskais Manna-Kendela tests (Richard, 1987). Testā par statistiski būtiskām atzītas visas tendences, kuras atbilda nozīmības līmenim $p = 0,1$ vai mazāk.

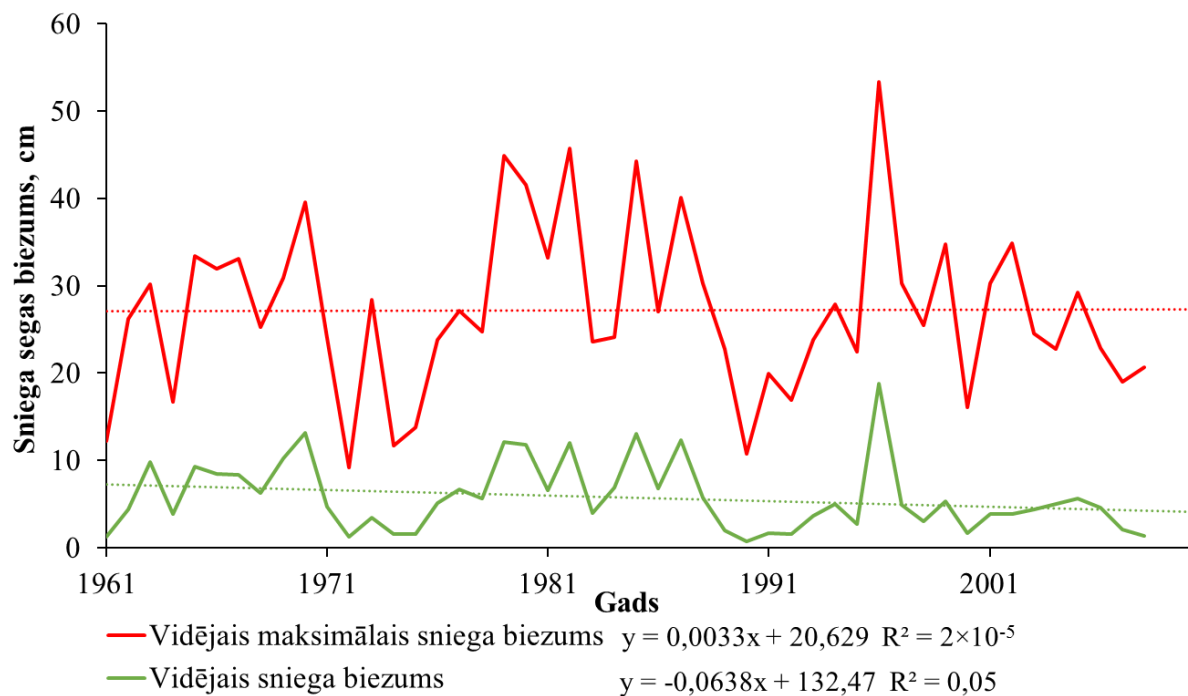
Lai veiktu ģeotelpisko analīzi sniega segas biezuma dati interpolēti visā valstī 10×10 km režģī. Interpolācijā izmantotā universālā kriginga (*Universal Kriging*) metode (Hengl, 2009). Kopumā visas datu apstrādes metodes izvēlētas identiskas 2017. gada klimata ziņojumā (Avotniece u.c., 2017) norādītajām metodēm.

Sniega segas ilggadīgās vidējās un maksimālās sniega biezuma vērtības, kā arī to tendenču analīze veikta novērojumiem no 1961. līdz 2010. gadam. Šāda pieeja izvēlēta, lai reizē izvērtētu izmaiņas klimatiskās references (1961. - 1990. g.) un klimatiskās normas (1981. - 2010. g.) periodos, kā arī lai analizētās tendences būtu salīdzināmas ar ziņojumā (LVGMC, 2017) aprēķinātajām meteoroloģisko parametru tendencēm.

Lai raksturotu sniega segas izmaiņu tendences Latvijā, pētījumā apskatītas vēsturiskās vidējā sniega biezuma un vidējā maksimālā sniega biezuma vērtības. Pētījumā analizēts arī dienu skaits gadā, kurās bija novērots sniegs (sniega segas biezums sasniedz vismaz 1 cm) dienu skaits gadā, kurās bija novērots liels sniega biezums (sniega segas biezums sasniedz vismaz 10 cm) un dienu

skaitis gadā, kurās bija novērots ļoti liels sniega segas biežums (sniega segas biežums sasniedz vismaz 30 cm). Mēnešu un gadu vidējās sniega segas biežuma vērtības aprēķinātas no diennakts sniega segas biežuma mērījumiem. Vidējās vērtības apskatītas mēnešos, kad Latvijā novērota sniega sega, oktobra – aprīļa mēnešos. Sniega sega Latvijā tiek novērota arī maijā un septembrī, tomēr tas notiek salīdzinoši reti, līdz ar to, analizējot ilggadīgās vērtības, un kopējā pētījumā nav apskatīti (Pirmais sniegs Latvijā, 2018)

Sniega segas vēsturiskās izmaiņas Latvijā



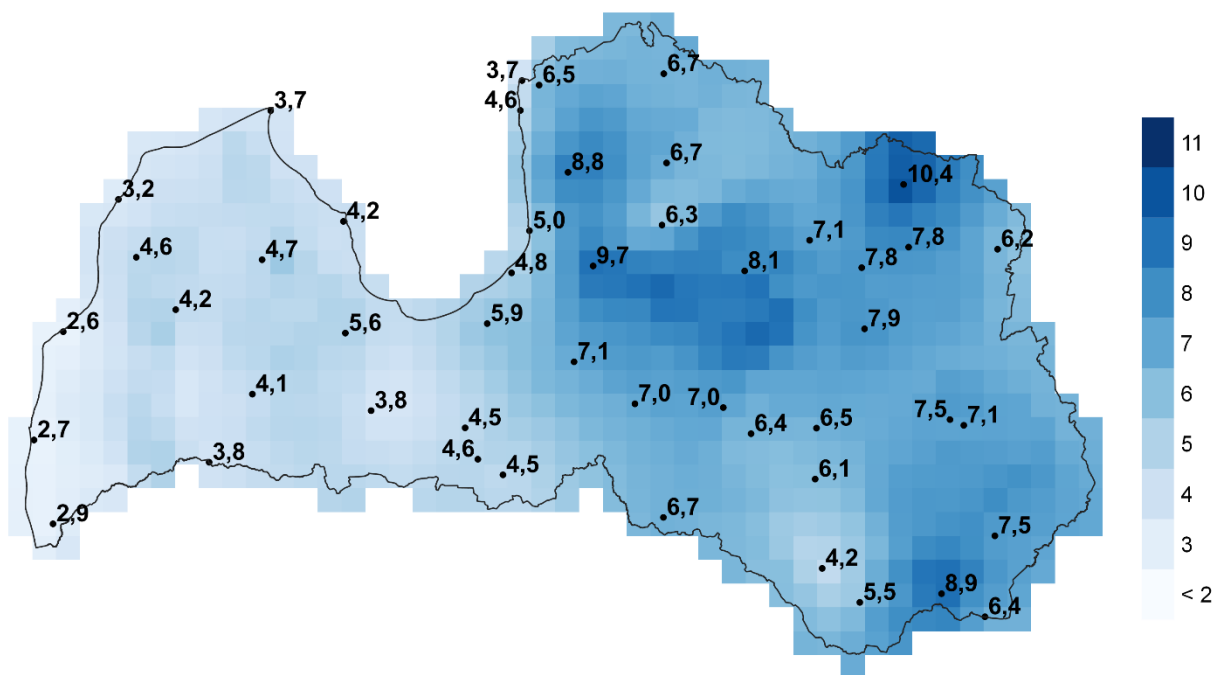
2.1. attēls. Gada vidējā un vidējā maksimālā sniega biežuma izmaiņas Latvijā laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

Pēdējo 50 gadu laikā (laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam) Latvijā novērota vienmērīga vidējā sniega segas biežuma samazināšanās (-0,06 cm/gadā), savukārt vidējais maksimālais sniega segas biežums praktiski nav mainījies (+0,003 cm/gadā). Jāatzīmē gan, ka ne vidējā sniega biežuma, ne vidējā maksimālā sniega biežuma izmaiņas nav statistiski būtiskas (pie rezultātu ticamības līmeņa $p = 0,1$), tādējādi 2.1. attēlā novērojamā izmaiņu tendence nav viennozīmīga.

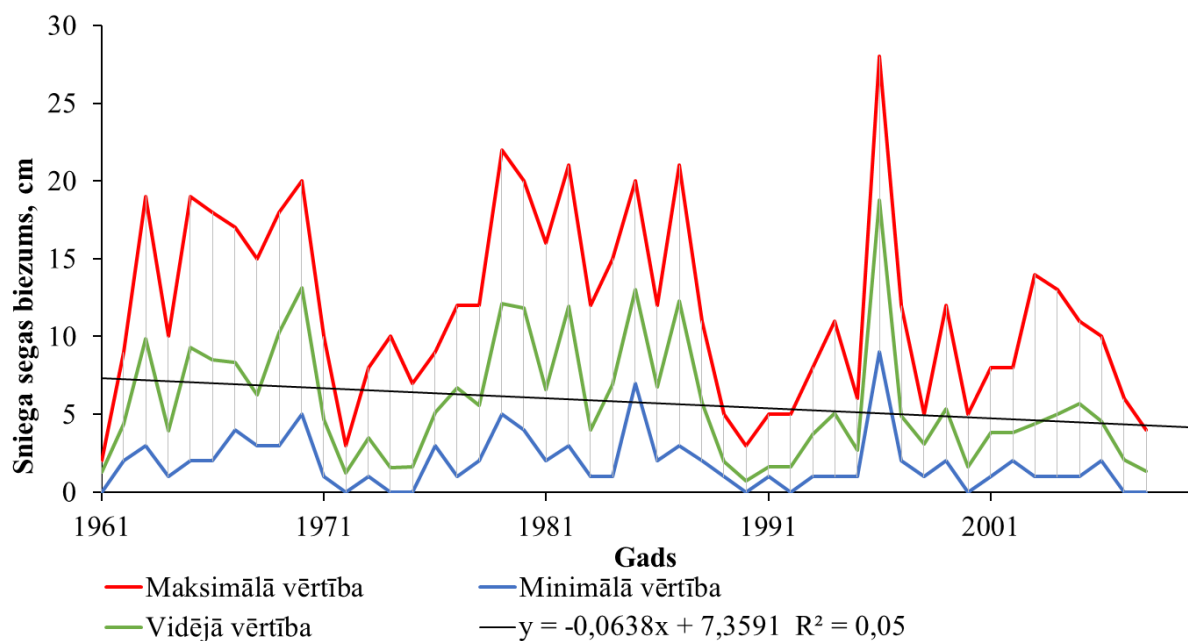
Vēsturiskajos sniega segas biežuma mērījumos ir novērojamas cikliskas izmaiņas gadiem, kuros bijis salīdzinoši liels sniega segas biežums (1996., un 1982. gads), un gadiem, kad kuros bijis salīdzinoši neliels sniega segas biežums (1972., 2008., 1990. gads).

Vidējais sniega segas biezums

Gada vidējais sniega segas biezums Latvijas teritorijā no 1961. līdz 2010. gadam ir no 2,6 cm jūras piekrastē (Pāvilostā – 2,6 cm un Liepājā – 2,8 cm) līdz 10,5 cm Alūksnes augstienē (3.1. attēls.). Kopumā Latvijā vidējam sniega segas biezumam ir tendence pieaugt valsts austrumu virzienā, tas ir līdz ar attālumu no Baltijas jūras. Pastāvīgāka, biežāka sniega sega ir novērojama arī Latvijas augstieņu rajonos (skat. Alūksnes augstienes, Latgales augstienes un Vidzemes augstieņu apkārtnes). Salīdzinoši augstais vidējais sniega segas biezums Siguldā (9,6 cm) skaidrojams ar lielo nokrišņu daudzumu šajā reģionā (LVĢMC, 2017).



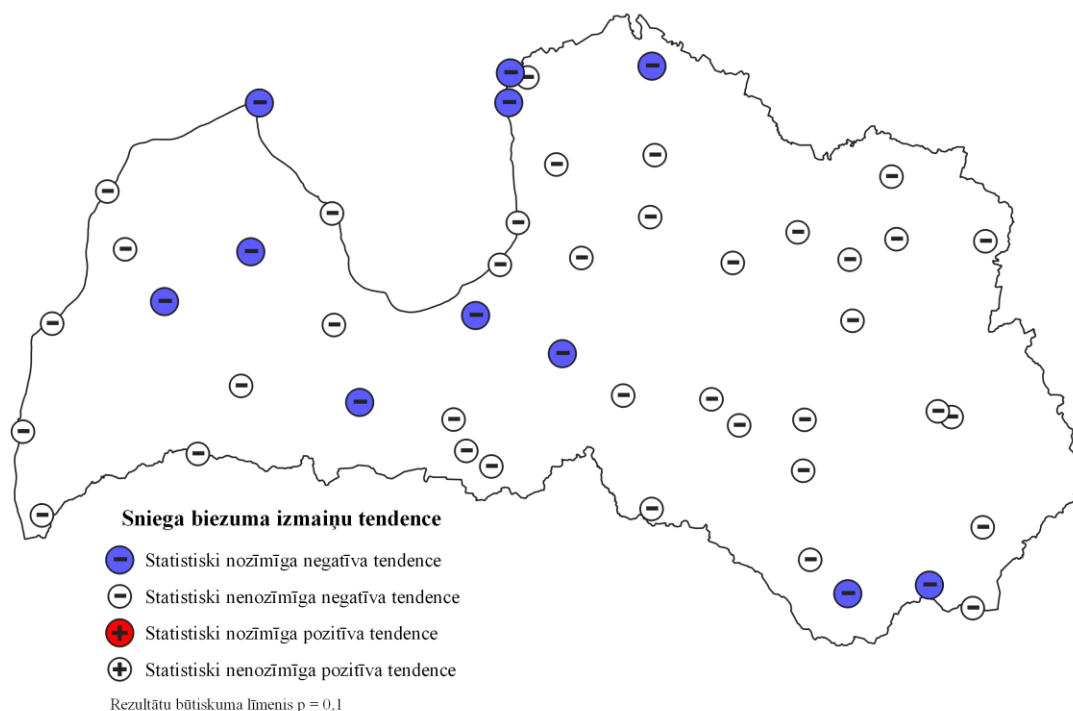
3.1. attēls. Ilggadīgais vidējais sniega segas biezums (cm) gada laikā Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam.



3.2. attēls. Gada vidējais sniega biežums Latvijā laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

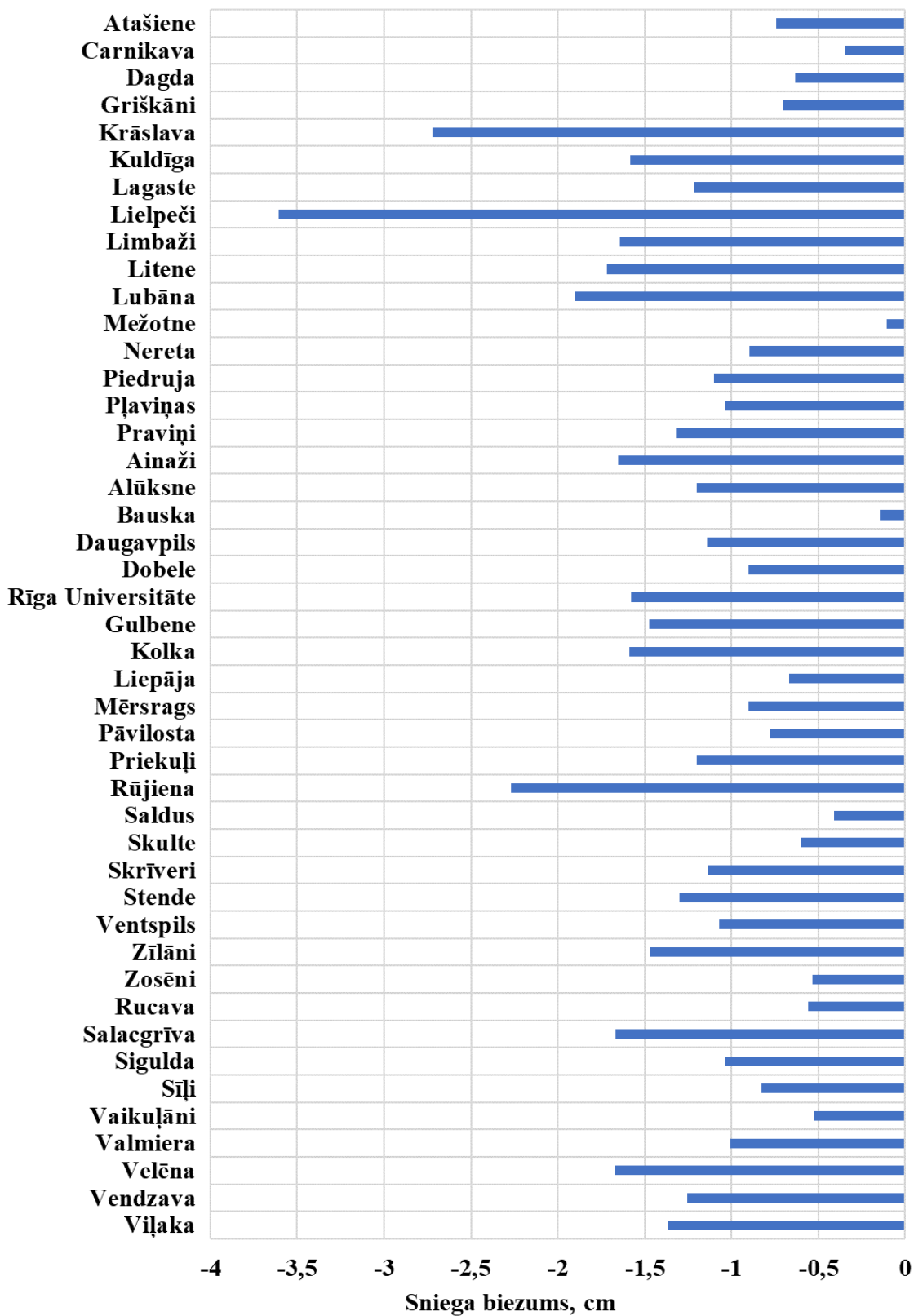
Gada vidējais sniega segas biežums Latvijas teritorijā mainās no 0,7 cm 1990. gadā līdz 18,8 cm 1996. gadā (3.2. attēls) ar vidējo vērtību 5,8 cm. Vēsturiskajos vidējā sniega segas biežuma mērījumos ir novērojama jau iepriekš minētā cikliskuma tendence gadiem, kuros ir salīdzinoši daudz sniega, ar gadiem, kuros sniegs ir mazāk, vai gandrīz vispār nav bijis novērots. Latvijas gada vidējā sniega segas biežuma datiem nav novērojama statistiski būtiska negatīva tendence (atbilstošā *p* vērtība ir 0,1266), un ievērojama vidējā sniega segas biežuma samazināšanās Latvijas mērogā 50 gadu laikā nav notikusi.

Salīdzinot vidējā sniega segas biežuma izmaiņu tendences atsevišķās meteoroloģiskajās stacijās (3.3 attēls), ir redzams, ka statistiski nozīmīgas negatīvas tendences ir novērojamas tikai 11 no 48 meteoroloģiskajās stacijās. Būtiskākās izmaiņas saistītas ar Latvijas ziemeļu daļu (Kolkā, Ainažos, Salacgrīvā un Rūjienā) kā arī ar atsevišķām stacijām valsts vidusdaļā, Kurzemē un Latgalē (Rīgā, Lielpeços, Dobelē, Stendē, Kuldīgā, Daugavpilī un Krāslavā).



3.3. attēls. Vidējā sniega biezuma izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam.

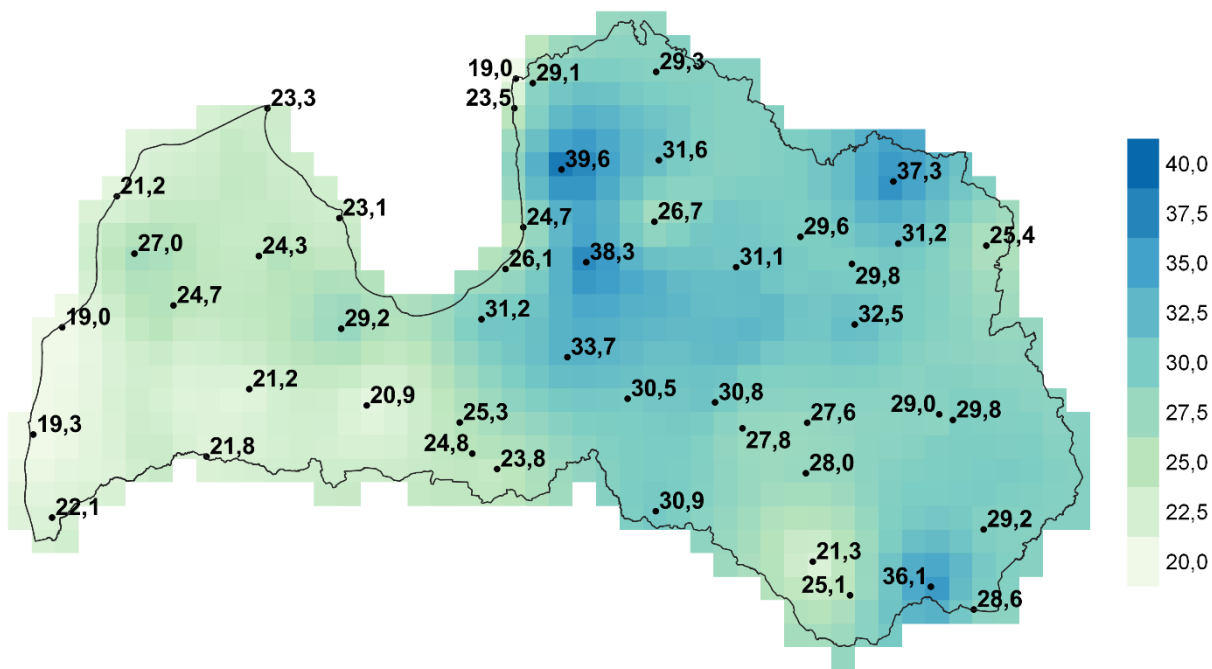
Salīdzinot sniega segas biezuma izmaiņas starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.) (3.4. attēls), ir redzams, ka pilnīgi visās meteoroloģiskajās stacijās vidējais sniega biezums mūsdienu klimatiskās normas periodā ir mazāks. Sniega segas biezums mūsdienu klimatiskās normas periodā ir samazinājies intervālā no 0,1 cm Jelgavā līdz 3,6 cm Lielpečos. Vidējais sniega segas biezums starp klimatiskās references un mūsdienu klimatiskās normas periodu ir samazinājies par 1,1 cm. Tādējādi, salīdzinot klimatiskās normas periodus visā Latvijā, ir redzama vidējā sniega segas biezuma samazināšanās.



3.4. attēls. Gada vidējā sniega biezuma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās referenču periodu (1961.-1990. g.)

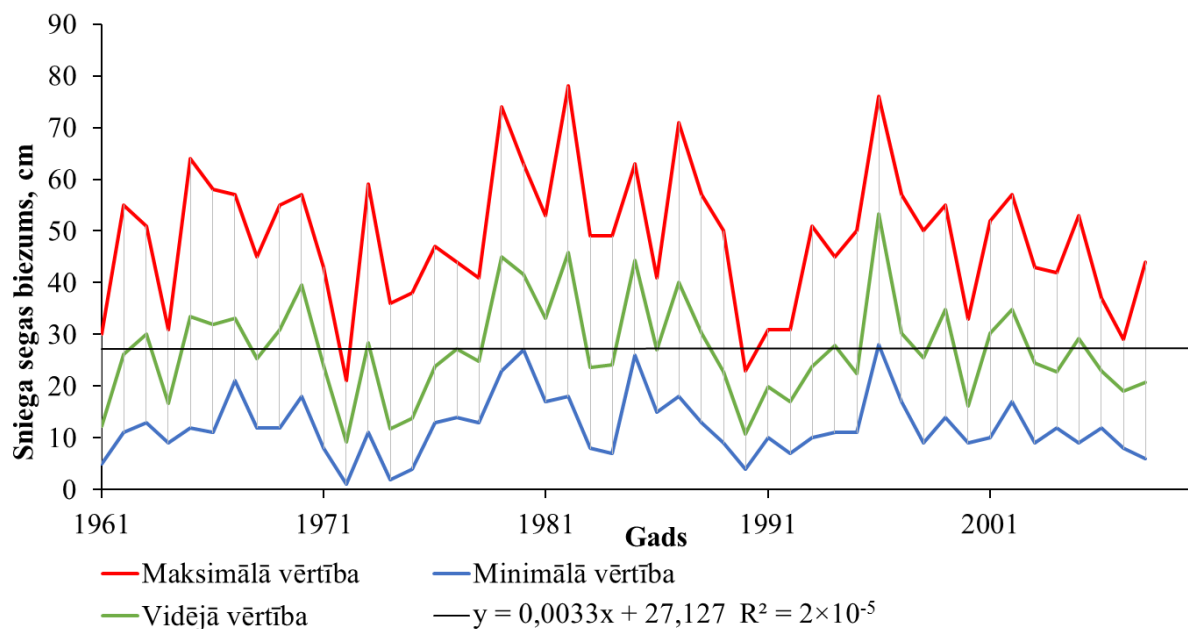
Maksimālais sniega segas biežums

Maksimālā sniega segas biežuma parametrs norāda uz ekstremālo sniega biežumu. Apskatot maksimālās sniega segas biežuma vērtības, ir iespējams novērtēt ekstremālā sniega intensitāti Latvijas teritorijā, kā arī novērtēt tā atkārtojamību gadu gaitā.



4.1. attēls. Ilggadīgais vidējais maksimālais sniega segas biežums (cm) gada laikā Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Gada vidējais maksimālais sniega segas biežums Latvijas teritorijā mainās no 19,0 cm Pāvilostā līdz 39,6 cm Limbažos (4.1. attēls). Vidējā maksimālā sniega segas biežuma telpiskais sadalījums kopumā ir līdzīgs vidējā sniega segas biežuma sadalījumam – mazākie sniega segas biežumi ir novērojami Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē, savukārt lielākie – augstieņu apgabalos. Izņēmumi šajā gadījumā ir Sigulda un Limbaži, kur novērojams salīdzinoši lielākas vidējā maksimālā sniega segas biežuma vērtības nekā pārējā valsts teritorijā (attiecīgi 38,0 cm un jau minētie 39,6 cm abās novērojumu stacijās).

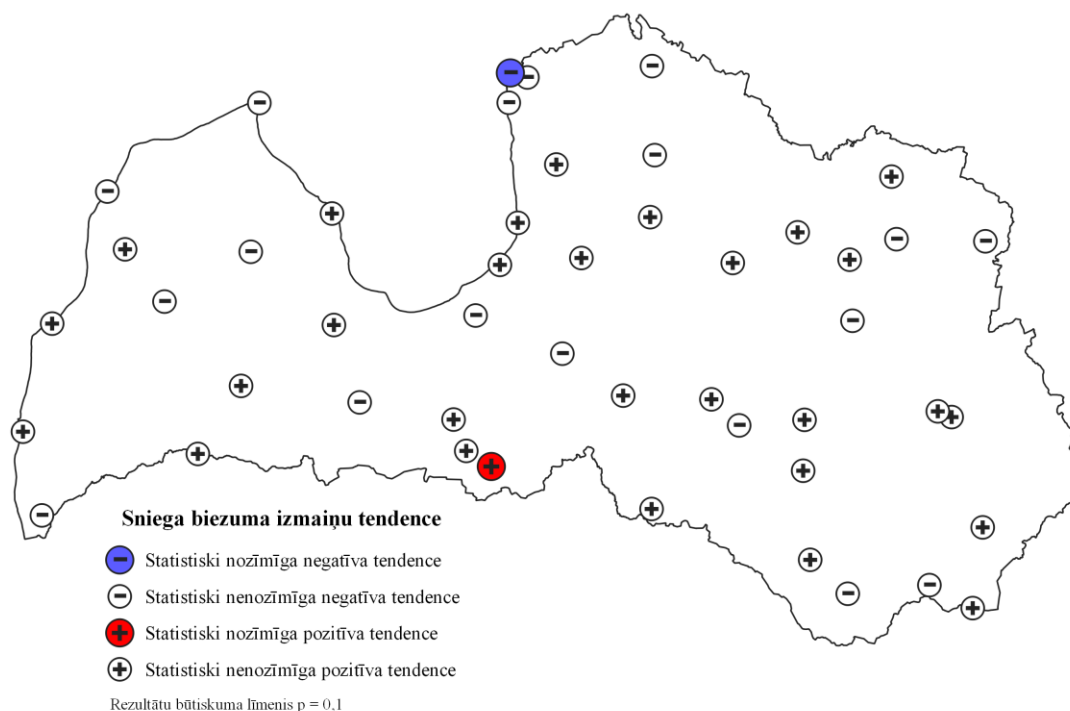


4.2. attēls. Gada maksimālais sniega biežums Latvijā laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

Ikgadējās maksimālās sniega segas biežuma vērtības Latvijas teritorijai ir redzamas 4.2. attēlā. Augstākā gada vidējā maksimālās sniega segas vērtības novērojumu periodā fiksēta 1996. gadā (53 cm), savukārt augstākā maksimālā vērtība fiksēta 1982. gadā (78 cm). Zemākās gada maksimālā sniega segas biežuma vērtības fiksētas 1972. gadā (maksimālā - 21 cm, vidējā – 9 cm, minimālā – 1 cm). Vidējā gada maksimālā vērtība Latvijas teritorijā laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam ir 27,2 cm.

Maksimālā sniega biežuma datus novērojamas līdzīgas likumsakarības kā vidējā sniega biežuma datus. Gadi ar izteikti ekstremālām maksimālā sniega biežuma vērtībām (kā 1996. gads) mijas ar gadiem, kad novērots salīdzinoši neliels daudzums sniega (piemēram, 1990. gads, kad gada vidējais maksimālais sniega segas biežums bija 10,8 cm).

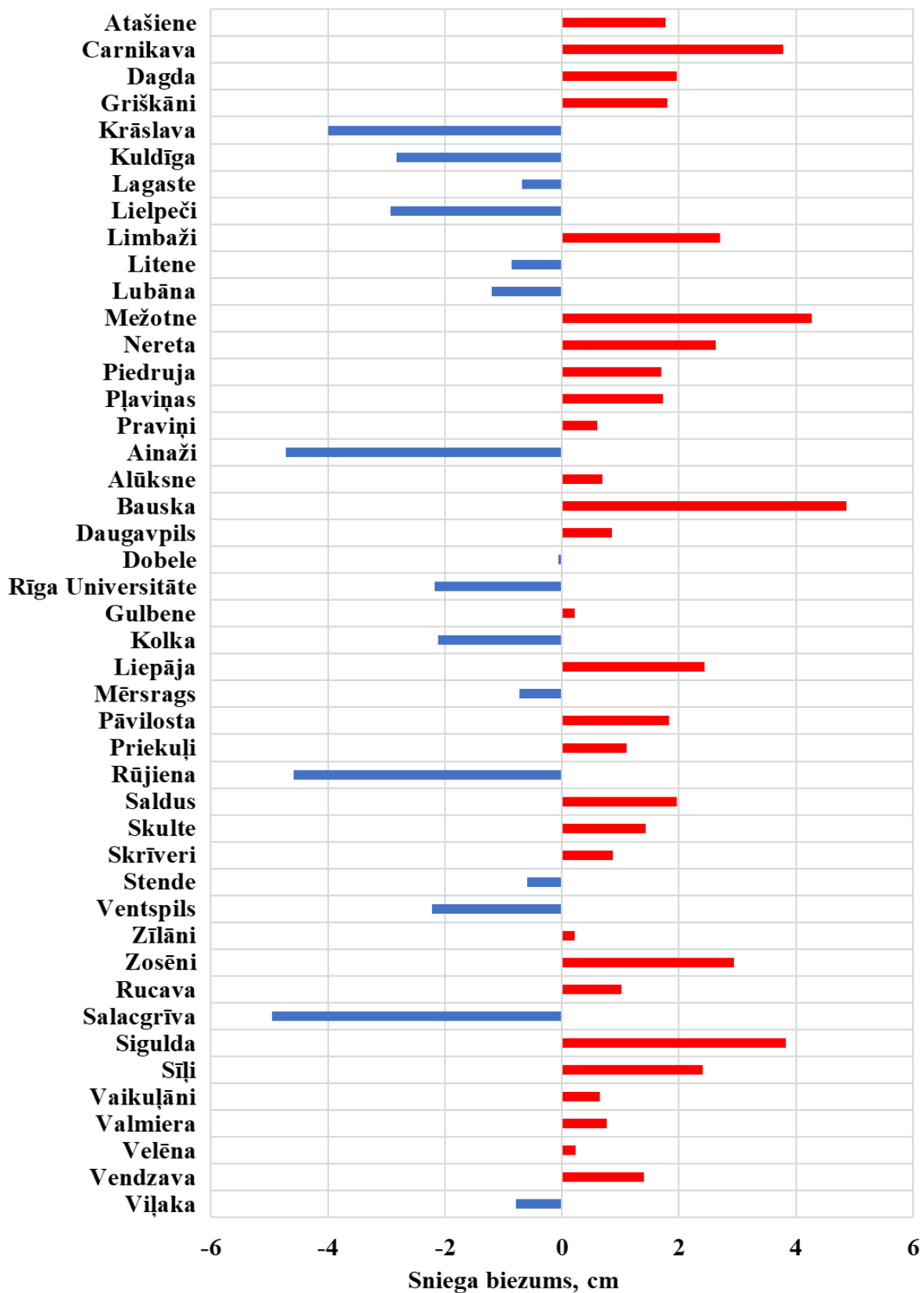
Atšķirībā no vidējās sniega segas biežuma mērījumiem, vidējam maksimālās sniega segas biežumam nav novērojama negatīva tendence. 4.2. attēlā redzams, ka lineārās tendences līnija laika posmā no 1961. līdz 2010. gada datiem ir tuva konstantai, t.i., maksimālais sniega segas biežums pieaug par 0,0033 cm/gadā. Tādējādi ievērojamas vidējā maksimālā sniega izmaiņas apskatītajā laika periodā nav novērotas.



4.3. attēls. Gada maksimālā sniega biezuma izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

Nebūtiskā maksimālās sniega segas biezuma izmaiņu tendence redzama arī 4.3. attēlā. Statistiski nozīmīgas sniega izmaiņas ir novērojamas tikai divās meteoroloģiskajās stacijās Bauskā (pozitīva tendence) un Ainažos (negatīva tendence). Pārējās Latvijas meteoroloģiskajās stacijās būtiskas gada maksimālās sniega segas biezuma izmaiņas nav konstatētas.

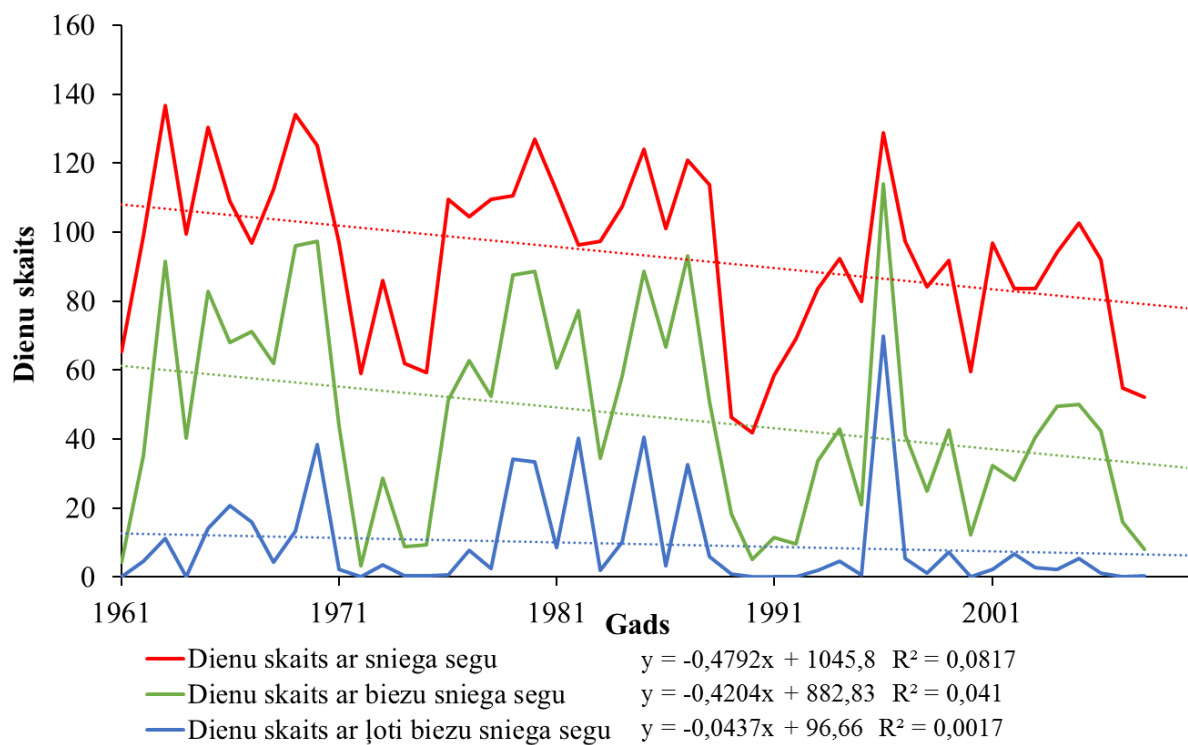
Salīdzinot maksimālās sniega segas biezuma mūsdienu klimatiskās normas perioda vidējās vērtības ar klimatiskās references perioda vidējām vērtībām, ir redzams, ka ir novērotas gan pozitīvas, gan negatīvas vidējā maksimālā sniega izmaiņas (4.4. attēls). Salīdzinājumā ar klimatiskās references periodu, visvairāk maksimālais sniega segas biezums ir palielinājies Bauskā par 4,9 cm, savukārt visvairāk samazinājies Salacgrīvā – par 5,0 cm. Vidēji starp abiem klimatiskās references periodiem vidējā maksimālā sniega sega ir palielinājusies par 0,5 cm.



4.4. attēls. Ilggadīgā vidējā maksimālās sniega segas biezuma izmaiņas Latvijā starp mūsdienu klimatiskās normas periodu (1981.-2010. g.) un klimatiskās references periodu (1961.-1990. g.)

Dienu skaits ar sniegu

Lai salīdzinātu sniega segas pārklājumu Latvijas teritorijā, pētījumā laikā apskatīts dienu skaits gadā ar sniega segu (sniega segas biezums vismaz 1 cm), dienu skaits gadā ar biezu sniega segu (biezums vismaz 10 cm) un dienu skaits gadā ar ļoti biezu sniega segu (biezums vismaz 30 cm) (5.1. attēls). Ikgadējam aprēķinātajam dienu skaitam noteiktas absolūtas izmaiņas, kā arī statistiskās tendences gan atsevišķās stacijās, gan Latvijā kopumā.



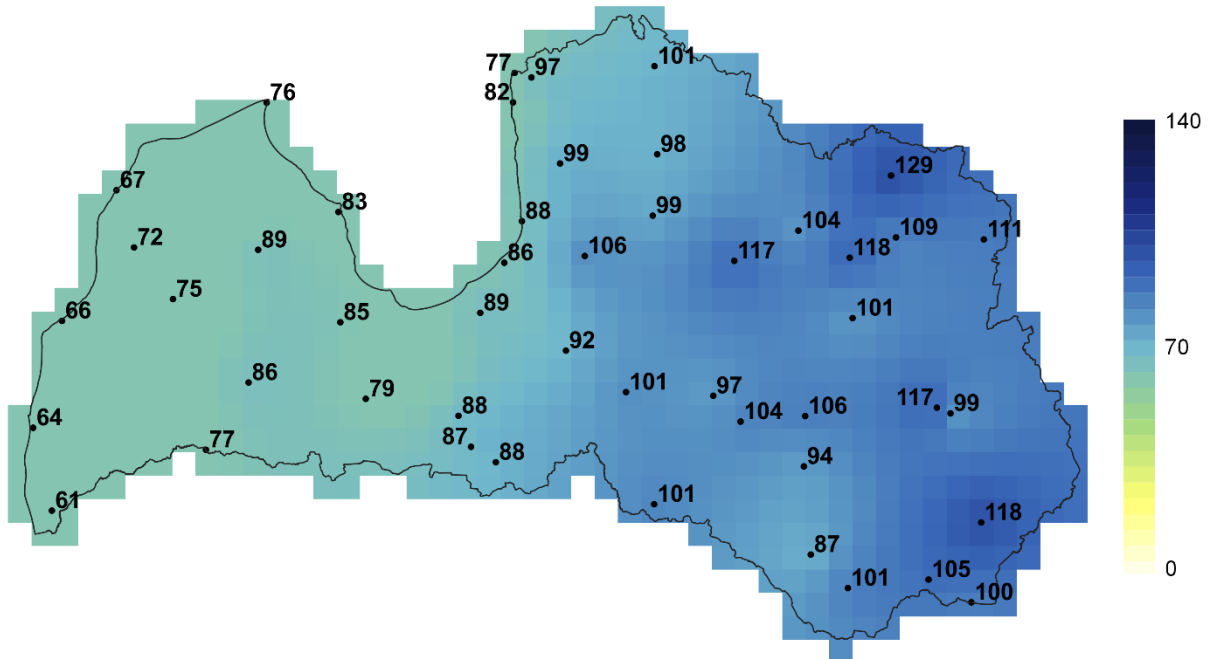
5.1. attēls. Dienu skaita gadā ar sniega segu, biezu sniega segu un ļoti biezu sniega segu Latvijā laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

Dienu skaits ar novērotu sniega segu mainās intervālā no 42 dienām 1990. gadā līdz 137 dienām 1963. gadā, kopumā vidēji 94 dienas. Dienu skaits ar biezu sniega segu mainās intervālā no 2 dienām 1972. gadā līdz 114 dienām 1996. gadā, vidēji 47 dienas. Dienu skaits ar ļoti biezu sniega segu novērots intervālā no 0 dienām 2007., 1990. un 1972. gadā līdz 70 dienām 1996. gadā, vidēji Latvijā 10 dienas.

Apskatot 5.1. attēlu ir redzamas līdzīgas iezīmes, kādas bija novērotas vidējā un vidējā maksimālā sniega segas biezuma datos. Atbilstoši gados, kad bija novērots salīdzinoši biezs sniega sega (1996. g.) attiecīgi novērots arī lielāks dienu skaits ar sniega segas biezumu, un gados, kad vidējais sniega biezums nebija tik liels, novērots salīdzinoši mazāk dienu ar sniega segu (1972. g.)

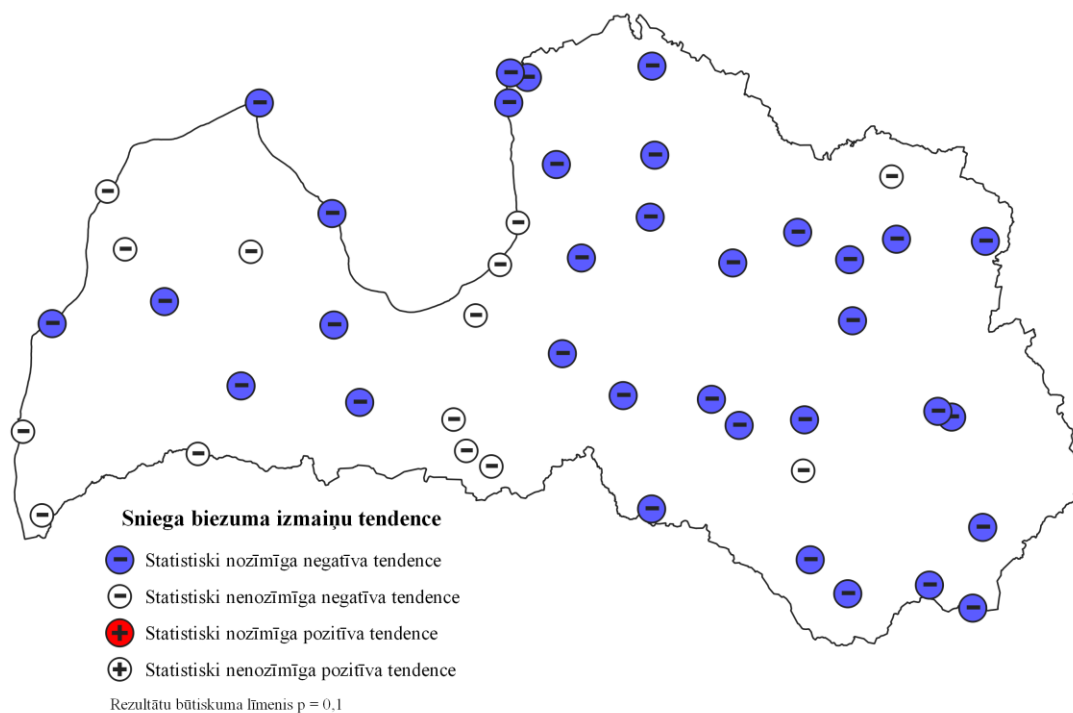
Apskatot lineārās tendences 1961.-2010. gada datos, vienīgā statistiski būtiskā samazināšanās tendence ir dienu skaitam ar novērotu sniega segas biežumu vismaz 1 cm (pie ticamības līmeņa $p = 0,1$). Dienu skaits ar sniega segu katru gadu samazinās par vidēji 0,5 dienām (vienu dienu divos gados).

Laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam abos pārējos apskatītajos parametros – dienu skaitu ar biezu un ļoti biezu sniegu, tika novērotas statistiski nebūtiskas lineārās tendences. Tās daļēji sakrīt ar iepriekš redzamajām tendencēm vidējā un maksimālā vidējā sniega biežuma datos.



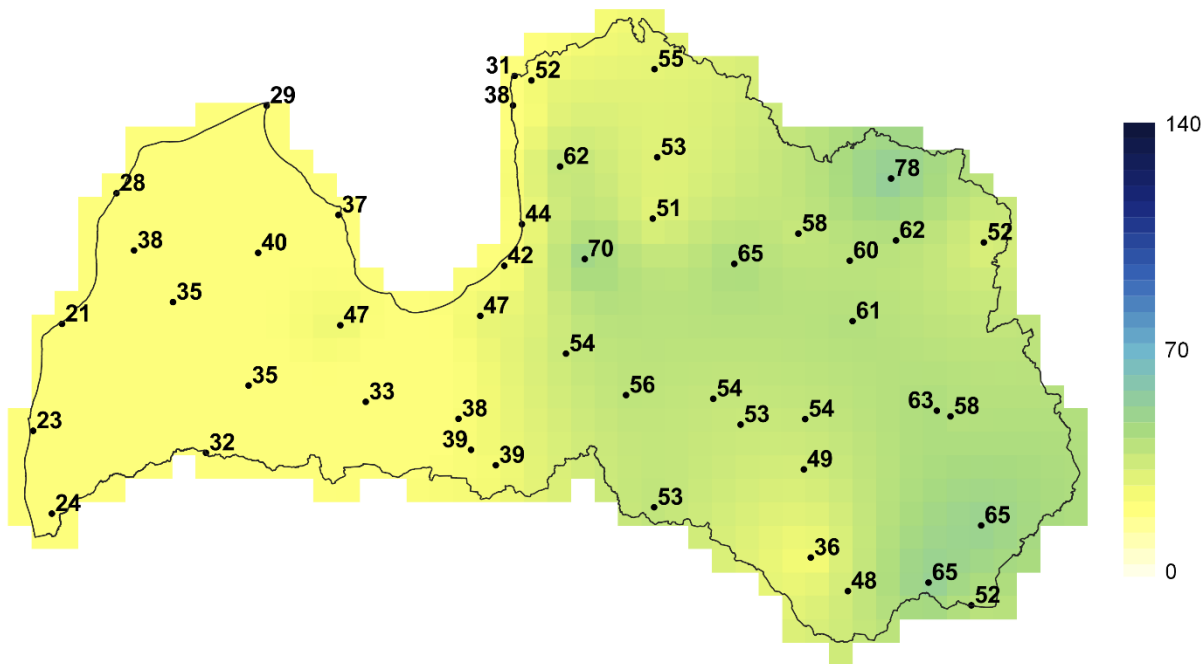
5.2. attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits gada laikā ar novērotu sniega segu periodā no 1961. līdz 2010. gadam.

Ilggadīgais vidējais dienu skaits gadā ar novērotu sniega segu Latvijā fiksēts intervālā no 63 dienām Rucavā līdz 131 dienai Alūksnē. 5.2. attēlā redzamas līdzīgas tendences, kādas novērotas vidējā sniega segas biežuma datos: salīdzinoši vairāk sniega, un attiecīgi vairāk dienas ar sniega segu novērotas valsts austrumu pusē, kontinentālākos apstākļos, savukārt mazāks dienu skaits novērojams piekrastes reģionos. Vērts atzīmēt, ka šajā meteoroloģiskajā parametrā nav salīdzinoši tik ļoti izteikti augstas vērtības Siguldā (107 dienas) un Limbažos (99 dienas), ņemot vērā novēroto lielo nokrišņu daudzumu šajās stacijās.



5.3. attēls. Dienu skaita gadā ar novērotu sniega segu izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

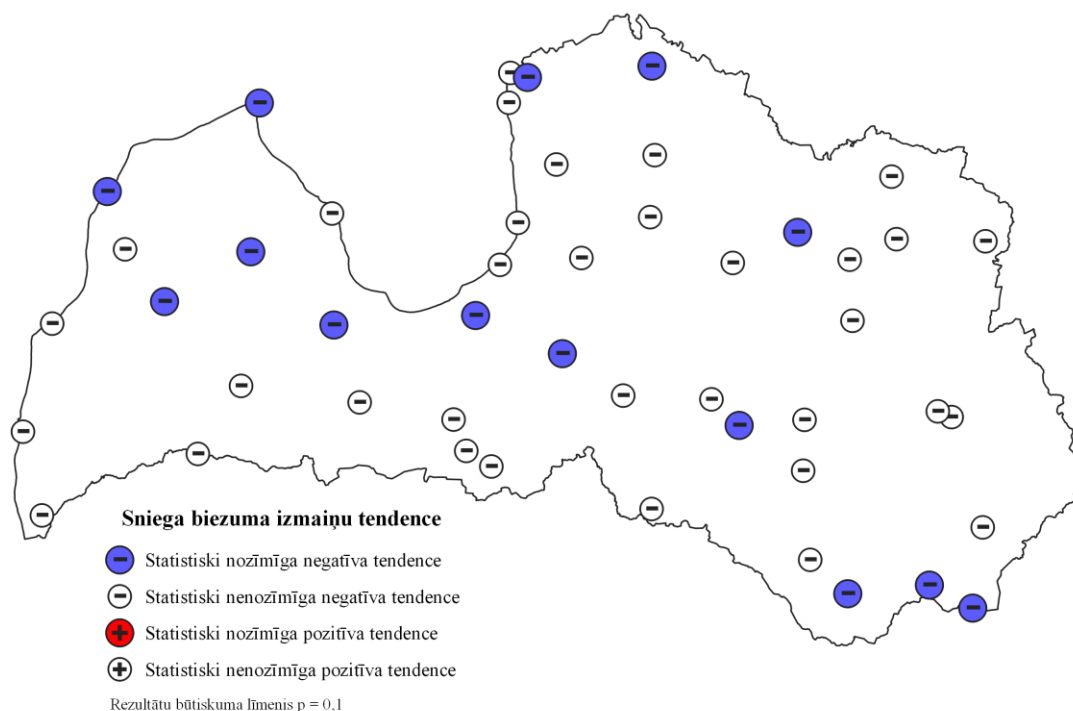
Apskatot 5.3. attēlu, ir redzams, ka gandrīz visā Latvijas teritorijā ir novērojams statistiski būtisks dienu skaita ar novērotu sniega segu samazinājums. Būtiska dienu skaita samazinājuma tendence nav redzama tikai valsts centrālajā daļā, kā arī atsevišķās vietās Baltijas jūras krastā (piemēram, Rīgā, Ventspilī un Liepājā). Tādējādi visā novērots statistiski būtisks dienu skaita ar novērotu sniega segu samazinājums.



5.4. attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits gada laikā ar novērotu biezu sniega segu periodā no 1961. līdz 2010. gadam

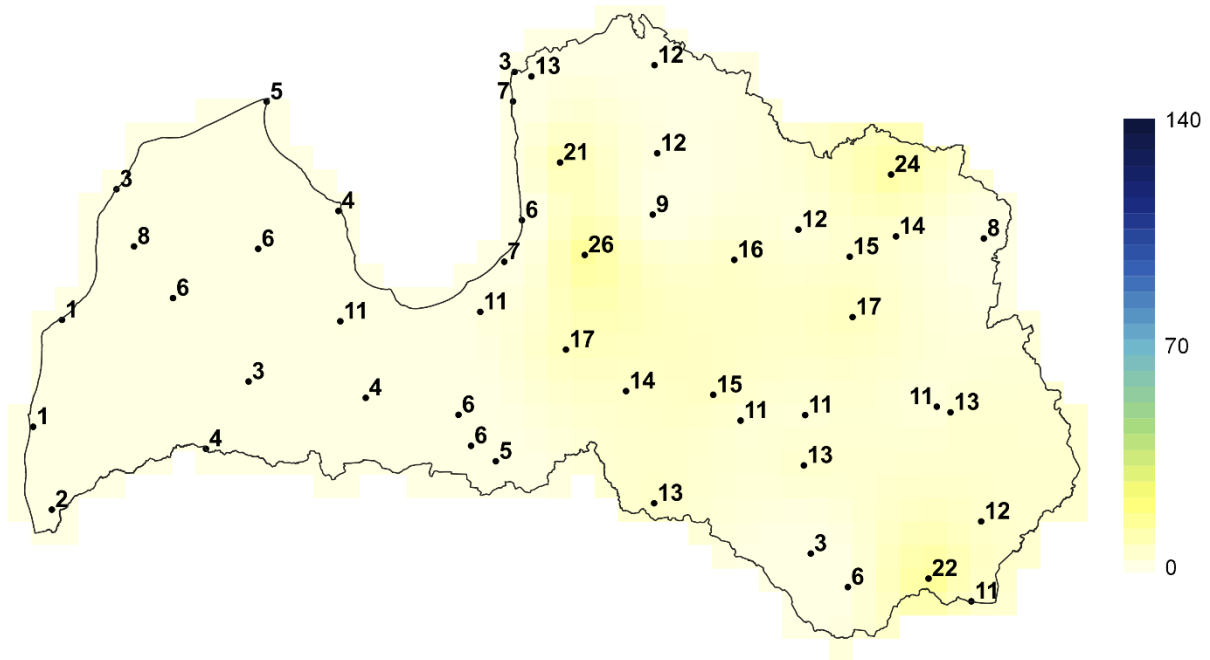
5.4. attēlā redzams ilggadīgais vidējais dienu skaits gadā ar biezu sniega segu (sniega segas biezums sasniedz vismaz 10 cm). Dienu skaita vērtību telpiskais sadalījums ir līdzīgs kā pārējos sniega biezumu raksturojošos parametros. Dienu skaits Latvijā svārstās no 21 dienas Pāvilostā līdz 79 dienām Alūksnē.

Dienu skaita ar novērotu biezu sniega segu izmaiņu tendencēs (5.5. attēls) redzams, ka dienu skaits ir samazinājies visā Latvijā, bet statistiski būtiskas tendences ir novērojamas tikai 14 no 48 meteoroloģiskajām stacijām (Ventspilī, Kolkā, Stendē, Kuldīgā, Tukumā, Rīgā, Lielpečos, Lagastē, Rūjienā, Velēnā, Zilānos, Daugavpilī, Krāslavā un Piedrujā). Jāatzīmē, ka stacijās, kurās nebija būtisku dienu skaita ar sniega segu izmaiņu (kā piemēram Ventspilī un Rīgā) ir novērojamas statistiski būtiskas negatīvas tendences dienu skaitam ar biezu sniega segu.



5.5. attēls. Dienu skaita gadā ar biezu sniega segu izmaiņu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

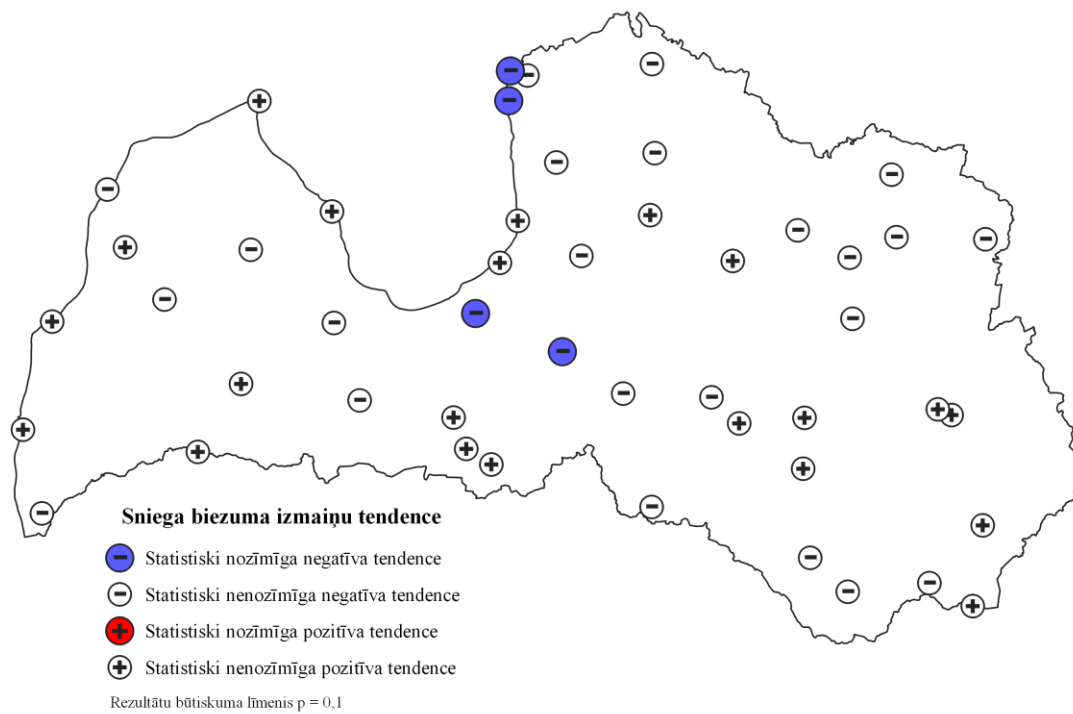
Arī apskatot dienu skaitu gada laikā ar ļoti biezu sniega segu (sniega segas biezums sasniedz vismaz 30 cm), (5.6. attēls) ir redzamas ļoti līdzīgas telpiskas sakarības kā pārējiem meteoroloģiskajiem parametriem. Vidējais dienu skaits gada laikā ar novērotu ļoti biezu sniega segu mainās no 1 dienas Liepājā un Pāvilostā līdz 25 dienām Siguldā. Ļoti izteikti redzams, ka mazāks dienu skaits ir novērojams Baltijas jūras piekrastē, bet lielāks valsts austrumu daļā. Nozīmīgs ir fakts, ka augstākais vidējais dienu skaits ar sniegu, līdzīgi kā ilggadīgais vidējais sniega segas biezums, ir novērots tieši Siguldā.



5.6. attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits gada laikā ar novērotu ļoti biezu sniega segu laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam

Kā redzams 5.7. attēlā, dienu skaitam gadā ar novērotu ļoti biezu sniega segas biezumu gadu gaitā ir novērojamas atšķirīgas tendences nekā pārējiem šajā pētījumā analizētajiem meteoroloģiskajiem parametriem. Statistiski būtiska dienu skaita samazināšanās tendence ir novērojama tikai četrās meteoroloģiskajās stacijās – Rīga, Lielpečos, Ainažos un Salacgrīvā, kamēr pārējās stacijās sniega segas izmaiņas nav būtiskas.

Kopumā apskatot dienu skaita ar sniegu meteoroloģiskos parametrus, var secināt, ka ir novērojamas statistiski būtiskas izmaiņas neliela sniega biezuma gadījumu biežumā, savukārt ekstremālāko gadījumu (dienas ar ļoti biezu sniega segu) biežums būtiski nemainās.



5.7. attēls. Dienu skaita gadā ar ļoti biezu sniega segu tendences Latvijā (Manna-Kendala testa rezultāti) laika posmā no 1961. līdz 2010. gadam

PROGNOZĒTĀS SNIEGA SEGAS BIEZUMA IZMAIŅAS

Prognožu noteikšanas metodika

Nākotnes klimata pārmaiņu un sniega segas biezuma izmaiņu raksturošanai tika izmantoti skaitlisko klimata prognožu modeļu aprēķini, ko piedāvā Saistītās modeļu savstarpējās salīdzināšanas projekts CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project*). Lai nodrošinātu rezultātu savietojamību ar iepriekšējiem secinājumiem par klimata pārmaiņām Latvijā (Avotniece u.c., 2017), iespēju robežās tika izvēlēti iepriekš izmantotie globālā klimata modeļi. Pētījumā netika izmantoti MIROC-ESM un MIROC-ESM-CHEM modeļi to datu kopas neatbilstošā ģeotelpiskā pārklājuma dēļ.

6.1. tabula

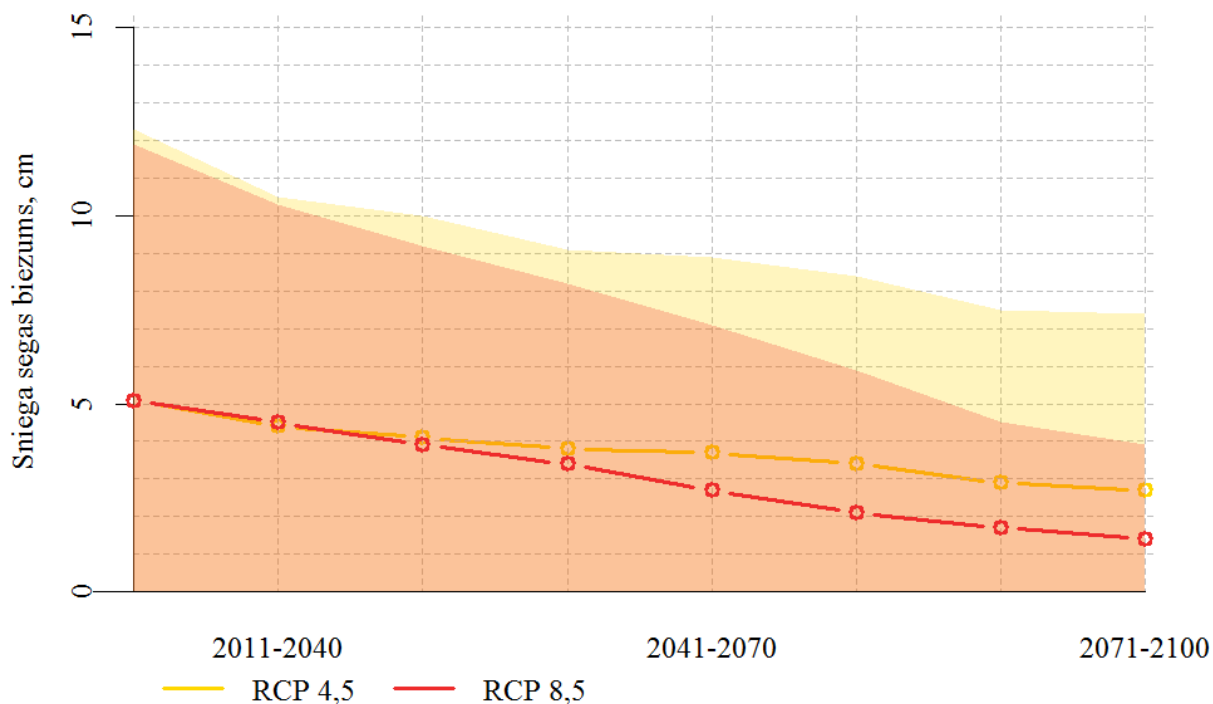
Pētījumā izmantotie globālie klimata modeļi

Globālais klimata modelis	Izstrādātājvalsts
ACCESS1-0	Austrālija
CanESM2	Kanāda
CMCC-CM	Itālija
CMCC-CMS	Itālija
CNRM-CM5	Francija
GISS-E2-H	ASV
GISS-E2-R	ASV
INMCM4	Krievija
MIROC5	Japāna
MRI-CGCM3	Japāna
NorESM1-M	Norvēģija
NorESM1-ME	Norvēģija

Lai novērtētu nākotnes klimata pārmaiņu telpiskās izplatības raksturu Latvijas teritorijā, prognozētās parametru izmaiņas tika interpolētas 10 x 10 km LKS92 režģī, izmantojot bilineāro interpolāciju. Rēķinot vidējo vērtību un to standartnovirzi, visiem 12 globālajiem klimata modeļiem tika piešķirts vienāds svars. Lai novērtētu 90% nenoteiktības intervālus, tika izmantots normalitātes pieņēmums (modeļu vidējās izmaiņas $\pm 1,645$ simulēto izmaiņu standartnovirzes).

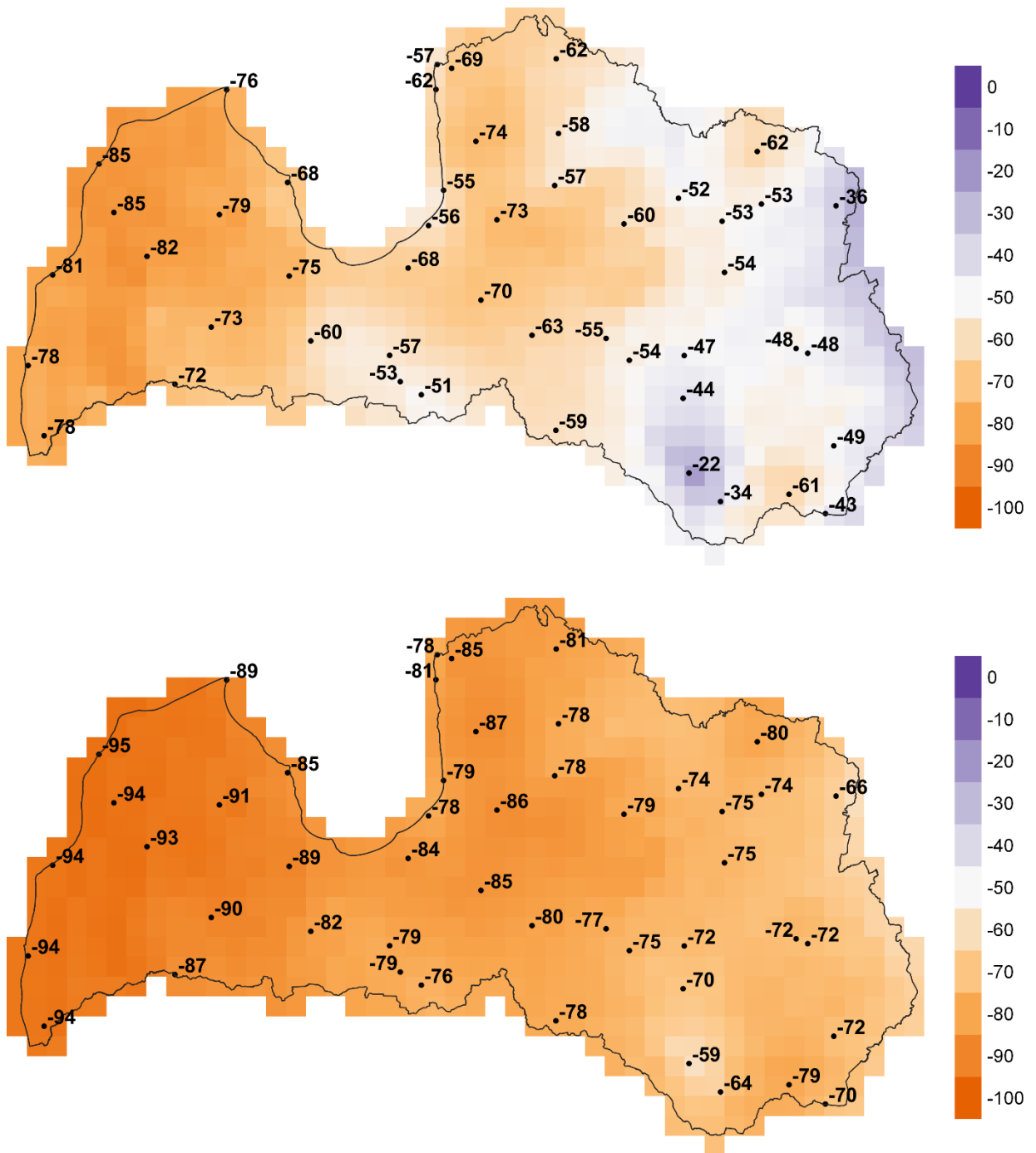
Sniega segas vidējā biezuma izmaiņas laika posmā līdz 2100. gadam

Atbilstoši RCP 4,5 un RCP 8,5 klimatiskajiem scenārijiem, vidējais sniega segas biezums Latvijas teritorijā izteikti samazināsies. Tiek prognozēts, ka līdz 2100. gadam salīdzinājumā ar 1961. - 1990. gada klimatiskās normas periodu mērenu klimatisko pārmaiņu rezultātā (RCP 4,5 scenārijs) vidējais sniega segas biezums Latvijas teritorijā samazināsies par aptuveni 4,6 cm, savukārt ievērojamu klimatisko pārmaiņu rezultātā (RCP 8,5 scenārijs) vidējais sniega segas biezums samazināsies aptuveni par 5,9 centimetriem (6.1. attēls).



6.1. attēls. Vidējā sniega segas biezuma izmaiņas atbilstoši RCP 4,5 un RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijiem. Ar iekrāsoto laukumu atzīmētas vērtības, kuras iekļaujas $\pm 1,645$ standartnovirzēs

Prognozētās sniega segas biezuma izmaiņas atbilstoši RCP 4,5 scenārija rezultātiem būs pakāpeniskas, vidējam sniega segas biezumam gadsimta sākumā samazinoties salīdzinoši lēnām, bet jau 2071. – 2100. gada periodā sasniedzot 3 cm atzīmi, savukārt sniega segas biezuma izmaiņas atbilstoši RCP 8,5 scenārijam būs straujākas, 2071 – 2100. gada periodā samazinoties līdz pat 1,4 cm.



6.2. attēls. Globālo klimatu modeļu ansambļa prognozētās vidējā sniega segas biezuma procentuālās izmaiņas attiecībā pret 1961.-1990. g. vērtībām Latvijas teritorijā. Augšā pēc RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārija prognozētās izmaiņas, apakšā pēc RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija prognozētās izmaiņas

Apskatot prognozētās sniega procentuālās izmaiņas Latvijas teritorijā (6.2. attēls), ir redzams, ka gan mērenu, gan nozīmīgu klimatisko pārmaiņu rezultātā vidējais sniega biežums Latvijas teritorijā samazināsies. Abi klimatiskie scenāriji paredz, ka vislielākais vidējā sniega segas biežuma relatīvais samazinājums notiks jūras piekrastes reģionos. Piepildoties RCP 4,5 scenārijam, nozīmīgākās sniega segas izmaiņas būtu vērojamas Kurzemē, kurā sniega biežums samazināsies varētu samazināties par 85%. Mazākās sniega segas izmaiņas būtu novērojamas Latvijas austrumu daļā, kur sniega biežums varētu samazināties par 28%. Pēc RCP 8,5 scenārija maksimālās sniega segas biežuma izmaiņas prognozētas tuvu Baltijas jūras piekrastē (līdz pat -94%), savukārt minimālās sniega segas biežuma izmaiņas prognozētas valsts dienvidaustrumu daļā, līdz -62%. Atbilstoši RCP 4,5 scenārijam, vidēji Latvijā sniega segas biežums samazināsies par 61%, savukārt atbilstoši RCP 8,5 scenārijam vidēji sniega segas biežums samazināsies par 81%. Tādējādi abi klimata pārmaiņu scenāriji prognozē ievērojamu vidējā sniega biežuma samazinājumu nākamo simts gadu laikā.

Klimata pārmaiņu rezultātā visā Latvijas teritorijā vidējais sniega segas biežums ievērojami samazināsies. Tādējādi nākotnē varētu būt nepieciešams izstrādāt jaunus pielāgošanās risinājumus sniega režīma izmaiņām, īpaši attiecinot to uz lauksaimniecības un mežsaimniecības, enerģētikas un transporta nozarēm.

SECINĀJUMI

Ziņojumā apskatītas sniega segas biezuma izmaiņas Latvijas teritorijā, to telpiski analizējot dažādos valsts reģionos un aprēķinot ilggadīgās biezuma izmaiņu tendences. Ņemot vērā klimatiskos novērojumus un no klimatiskajiem modeļiem veidotos nākotnes klimata pārmaiņu scenārijus Latvijas teritorijai, izveidotas nākotnes vidējā sniega segas biezuma prognozes Latvijai līdz 2100. gadam.

Latvijas teritorijā kopumā novērota vidējā sniega segas biezuma samazināšanās. 11 no 48 meteoroloģiskajām stacijām novēroti būtiski sniega biezuma samazinājumi, kā arī visā Latvijas teritorijā novērota statistiski būtiska dienu skaita gada laikā ar sniega biezu vismaz 1 cm negatīva tendence (dienu skaits samazinās par apmēram vienu dienu divos gados). Balstoties uz klimatisko modeļu prognozēm, vidējā sniega segas biezuma samazināšanās Latvijā turpināsies. Pat mērenu klimata pārmaiņu scenārija (RCP 4,5) gadījumā vidējais sniega segas biežums gandrīz visā Latvijas teritorijā samazināsies par vismaz 50%.

Maksimālā sniega segas izmaiņu tendence Latvijas teritorijā netika novērotas. Lineāra tendence praktiski neuzrāda gada vidējās maksimālās sniega segas biezuma izmaiņas (+0,003 cm/gadā), kā arī nav novērojamas būtiskas izmaiņas dienu skaitā gadā ar ļoti biezu sniega segu (-0,04 dienas/gadā).

Atšķirības līdzšinējās izmaiņu tendencēs starp vidējā sniega segas biežumu un maksimālo sniega segas biežumu izraisa nepieciešamību pilnveidot pielāgošanās klimata pārmaiņu stratēģijas, jo, piemēram, ceļu infrastruktūras uzturēšanu apgrūtinā ekstremālie snigšanas notikumi, savukārt lauksaimniecības infrastruktūrai nozīmīgāks ir nemainīgs neliels sniega segas pārklājums. Sniega segas režīms nozīmīgs ir arī enerģētikas un mežsaimniecības nozarēs. Arī citās tautsaimniecības nozares būtiski ietekmē sniega segas biezuma un pārklājuma izmaiņas.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētā literatūra

Avotniece, Z., Aņiskeviča, S., Maļinovskis, E., 2017. *Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai*. Rīga, LVĢMC.

IPCC, 2014. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, 358 – 361.

IPCC, 2014b. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp 1132.

Brown, R. D., and D. A. Robinson, 2011. Northern Hemisphere spring snow cover variability and change over 1922–2010 including an assessment of uncertainty. *Cryosphere*, 5, 219–229.

Bulygina, O. N., V. N. Razuvaev, and N. N. Korshunova, 2009. Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades. *Environ. Res. Lett.*, 4, 045026.

Hengl, T. 2009. *A Practical Guide to Geostatistical Mapping*. Amsterdam, University of Amsterdam. pp 291.

Raisanen, J., 2008. Warmer climate: less or more snow? *J. Clim. Dyn.* 30, 307–319.

Raisanen, J., Eklund, J., 2012. 21st Century changes in snow climate in Northern Europe: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models. *J. Clim. Dyn.* 38, 2575–2591.

Richard, O.G. 1987. *Statistical Methods for Environmental Polluting Monitoring*. John Wiley & Sons, Canada. pp 336

Interneta resursi

LVĢMC, 2018. Pirmais sniegs Latvijā. Pieejams: <https://www.meteo.lv/lapas/laika-apstakli/fakti-un-noderiga-informacija/informativie-un-uzzinu-materiali/pirmais-sniegs-latvija/pirmais-sniegs-latvija?&id=2052&nid=992> Skatīts 16.12.2018.