

**LATVIJAS UNIVERSITĀTE**  
**BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE**  
**BOTĀNIKAS UN EKOLOĢIJAS KATEDRA**

**Klimatisko faktoru ietekme uz parastās priedes**  
***Pinus sylvestris* L. radiālo augšanu Latvijas rietumu**  
**daļas sausieņu mežos**

**Promocijas darbs**

**Autors:** **Didzis Elferts**

**Darba vadītājs:** **Dr.biol., prof. Guntis Brūmelis**

**Recenzenti:** **Dr.habil.biol., prof. Ģederts Ieviņš**

**Dr.habil.biol., asoc.prof. Valdis Ģirts Balodis**

**Dr.habil.biol., prof. Imants Liepa**

**Rīga, 2008**

# Saturs

<b>KOPSAVILKUMS .....</b>	<b>10</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>11</b>
<b>1. IEVADS .....</b>	<b>12</b>
1.1. PAMATOJUMS .....	12
1.1. DENDROKLIMATOĻĪSKIE PĒTĪJUMI .....	12
1.3. PARASTĀ PRIEDE .....	16
<b>2. METODIKA UN MATERIĀLS .....</b>	<b>19</b>
2.1. PARAUGU ŅEMŠANAS VIETAS .....	19
2.2. KLIMATISKIE DATI.....	21
2.2.1. Gaisa temperatūras un nokrišņi .....	21
2.2.2. Ziemeļatlantijas Oscilāciju indeksi (NAO).....	23
2.3. PARAUGU ŅEMŠANAS UN APSTRĀDES METODES .....	23
2.3.1. Gadskārtu paraugu iegūšana un sagatavošana apstrādei .....	23
2.3.2. Gadskārtu mērīšana.....	23
2.4. GADSKĀRTU APSTRĀDES METODES .....	24
2.4.1. Šķērsdatēšana .....	24
2.4.2. Hronoloģiju veidošana .....	24
2.5. GADSKĀRTU, HRONOĻĪJU UN KLIMATISKO DATU ANALĪZE.....	25
2.5.1. Klimatisko datu analīze .....	25
2.5.2. Korelācijas analīze .....	26
2.5.3. “Atbildes funkcijas” un daudzfaktoru regresijas analīze.....	26
2.5.4. Zīmīgo gadu (Pointer-year) analīze .....	27
2.5.5. “Karsto dienu” analīze.....	27
2.5.6. Neparametriskā multiplikatīvā regresija .....	28
<b>3. REZULTĀTI.....</b>	<b>30</b>
3.1. GADSKĀRTU PARAUGI UN HRONOĻĪJAS .....	30
3.2. KLIMATISKO FAKTORU ANALĪZE .....	34
3.2.1. Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksi.....	34
3.2.2. Klimata izmaiņas .....	39
3.3. KLIMATISKO FAKTORU UN HRONOĻĪJU KORELĀCIJA .....	39
3.3.1. Nokrišņu daudzuma un hronoloģiju korelācija .....	39
3.3.2. Vidējās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija .....	45
3.3.3. Maksimālās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija.....	51
3.3.4. Minimālās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija .....	52
3.4. ZIEMEĻATLANTIJAS OSCILĀCIJU INDEKSA UN HRONOĻĪJU KORELĀCIJA.....	53
3.5. ZĪMĪGO GADU (POINTER-YEARS) ANALĪZE.....	55
3.6. AR KLIMATISKAJIEM FAKTORIEM IZSKAIDROTĀ HRONOĻĪJU VĒRTĪBU VARIĒŠANA .....	59
3.7. “KARSTO DIENU” ANALĪZE .....	61
3.8. NEPARAMETRISKĀ MULTIPLIKATĪVĀ REGRESIJA .....	62
<b>4. DISKUSIJA .....</b>	<b>64</b>
4.1. KLIMATISKIE FAKTORI.....	64
4.2. KLIMATISKO FAKTORU UN HRONOĻĪJU KORELĀCIJA .....	65
4.3. ZIEMEĻATLANTIJAS OSCILĀCIJU INDEKSA ANALĪZE.....	69
4.4. ZĪMĪGIE GADI.....	70
4.5. AR KLIMATISKAJIEM FAKTORIEM IZSKAIDROTĀ HRONOĻĪJU VĒRTĪBU VARIĒŠANA .....	72

4.6. KARSTO DIENU IETEKME UZ PRIEŽU AUGŠANU .....	73
4.7. KLIMATISKO FAKTORU MIJEDARBĪBAS IETEKME UZ PRIEŽU AUGŠANU .....	73
4.8. KOPĪGĀS IEZĪMES .....	75
<b>5. SECINĀJUMI.....</b>	<b>76</b>
<b>6. PATEICĪBAS.....</b>	<b>77</b>
<b>7. LITERATŪRA .....</b>	<b>78</b>
<b>PIELIKUMI.....</b>	<b>85</b>

## Tabulu saraksts

- 2.1. Pētīto parauglaukumu raksturojums: koordinātes, meža augšanas apstākļu tips, kvartāls, nogabals (informācija no Valsts meža dienesta datu bāzes). 20
- 2.2. Pieejamie klimatiskie dati darbā izmantotajām meteoroloģiskajām stacijām un parauglaukums, kura analīzei izmantoti dotās stacijas dati. 22
- 3.1. Parauglaukumu (koku skaits, koku vecums) un tiem atbilstošo hronoloģiju raksturojums (laika periods, vidējā vērtība, vidējā jutība). 30
- 3.2. Pīrsona korelācijas koeficienti ( $r$ ) starp Rīgas meteoroloģiskās stacijas klimatiskajiem datiem (vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu daudzums) un citu meteoroloģisko staciju (Liepāja, Saldus, Kolka, Mērsrags, Stende un Jelgava) datiem. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) (Korelācija ir statistiski būtiska visos gadījumos.) 35
- 3.3. Pīrsona korelācijas koeficienti ( $r$ ) starp Ziemeļatlantijas oscilāciju (NAO) indeksu vērtībām un vidējām gaisa temperatūrām Rīgā, Liepājā, Saldū, Kolkā, Mērsragā, Stendē un Jelgavā. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) 36
- 3.4. Pīrsona korelācijas koeficienti ( $r$ ) starp Ziemeļatlantijas oscilāciju (NAO) indeksu vērtībām un nokrišņu daudzumu Rīgā, Liepājā, Saldū, Kolkā, Mērsragā, Stendē un Jelgavā. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) 37
- 3.5. Statistiski būtiskās atšķirības (apzīmētas ar \*, pie  $\alpha=0,05$ ) starp 30 gadu laika periodiem ar augstāko un zemāko vidējo gaisa temperatūru un augstāko un zemāko vidējo nokrišņu daudzumu Jelgavas, Kolkas, Liepājas, Mērsraga, Rīgas, Saldus un Stendes meteoroloģiskajās stacijās. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) (Būtiskās atšķirības noteiktas pēc *Mann-Whitney U* testa.) 38
- 3.6. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp parauglaukumu, kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas nokrišņu summām (pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim). 40
- 3.7. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp parauglaukumu, kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas vidējām gaisa temperatūrām (rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim). 46

- līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.8. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) 52  
starp Kolkas, Ķemeru parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas maksimālām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.9. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) 53  
starp Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas minimālām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.10. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) 54  
starp parauglaukumu un kopējo hronoloģijām un Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa vērtībām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.11. Pozitīvo, negatīvo, kopējais un vidēji 10 gados zīmīgo gadu (zīmīgo gadu 55  
intensitātes vērtība virs 25% vai zem -25%) skaits atsevišķos parauglaukumos un kopumā pētītajās teritorijās.
- 3.12. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) 57  
starp būtiskajām (intensitātes vērtības virs 25% vai zem -25%) zīmīgo gadu intensitātes vērtībām parauglaukumos un atbilstošo meteoroloģisko staciju vidējām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.13. Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) 58  
starp būtiskajām (intensitātes vērtības virs 25% vai zem -25%) zīmīgo gadu intensitātes vērtībām parauglaukumos un atbilstošo meteoroloģisko staciju nokrišņu summu (rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).
- 3.14. Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotās hronoloģiju vērtību variēšanas daļa 59  
(%) un klimatiskie faktori, kas izmantoti regresijas analīzei.
- 3.15. Statistiski būtiskie Pīrsona korelācijas koeficienti ( $r$ ) starp karsto dienu 62  
(diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaitu gadā un atbilstošā parauglaukuma hronoloģijas vērtībām.
- 3.16. Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotās parauglaukumu hronoloģiju vērtību 63  
variēšanas daļa ( $xR^2$ ), veicot neparametrisko multiplikatīvo regresijas analīzi, kā regresorus izmantojot: (a) aprīļa vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu; (b) rudens un ziemas vidējo gaisa temperatūru; (c) ziemas vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu.

## Attēlu saraksts

1.1.	Parastās priedes <i>Pinus sylvestris</i> izplatības areāls Eiropā (pārpublicēts no Kelly, Connolly, 2000).	17
2.1.	Darbā apskatīto parauglaukumu izvietojums.	21
3.1.	Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3 un Kolka 4 hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.	31
3.2.	Engure 1, Engure 2, Ķemeru un Rendas hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.	32
3.3.	Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.	33
3.4.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) oktobra un (B) novembra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	41
3.5.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) decembra, (B) janvāra un (C) februāra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	42
3.6.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) marta, (B) aprīļa un (C) maija nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	43
3.7.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) jūnija, (B) jūlija un (C) augusta nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	44
3.8.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas septembra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	45
3.9.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) oktobra un (B) novembra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	47
3.10.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) decembra, (B) janvāra un (C) februāra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	48
3.11.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) marta, (B) aprīļa un (C) maija vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	49
3.12.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) jūnija, (B) jūlija un (C) augusta vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	50
3.13.	Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas septembra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)	51

- laika periodam)
- 3.14. Zīmīgo gadu intensitātes vērtības apvienojot visus parauglaukumus kopā un parauglaukumu procentuālais daudzums, kas uzrāda tādu pašu zīmīgā gada intensitātes vērtības zīmi kā kopējā zīmīgā gada vērtība. 56
  - 3.15. Karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaits (A) Jelgavas, (B) Kolkas, (C) Liepājas un (D) Mērsraga meteoroloģiskajās stacijās. 60
  - 3.16. Karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaits (A) Rīgas, (B) Saldus un (C) Stendes meteoroloģiskajās stacijās. 61

## Pielikumu saraksts

1. Engure 1 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – 86  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
2. Engure 2 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – 87  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
3. Kolka 1 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkaniem punktiem): A – 88  
topogrāfiskā karte, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
4. Kolka 2 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkaniem punktiem): A – 89  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
5. Kolka 3 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkaniem punktiem): A – 90  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
6. Kolka 4 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkaniem punktiem): A – 91  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
7. Ķemeru parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – ortofoto 92  
attēls (Valsts meža dienests, 2008).
8. Rendas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – 93  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
9. Sakas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu 94  
plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
10. Spāres parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – 95  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
11. Svirlaukas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – 96  
mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
12. Zaņas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu 97  
plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).
13. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 98  
gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no oktobra līdz martam.
14. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 99  
gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no aprīļa līdz septembrim.
15. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 100  
gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās rudenī, ziemā, pavasarī, vasarā un sezonā.
16. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 101  
nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no oktobra līdz martam.
17. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 102  
nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no aprīļa līdz septembrim.
18. 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo 103  
nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un  
Liepājas meteoroloģiskajās stacijās rudenī, ziemā, pavasarī, vasarā un sezonā.
19. Attiecība starp nokrišņu daudzumu (mm) aprīlī (nokr\_IV), vidējo gaisa 104  
temperatūru (°C) aprīlī (temp\_IV) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2,  
Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas  
un Zaņas parauglaukumos.



20. Attiecība starp vidējo gaisa temperatūru ( $^{\circ}\text{C}$ ) rudenī (rud\_t), vidējo gaisa 105  
temperatūru ( $^{\circ}\text{C}$ ) ziemā (ziem\_t) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2,  
Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas  
un Zaņas parauglaukumos.
21. Attiecība starp nokrišņu daudzumu (mm) ziemā (ziem\_n), vidējo gaisa 106  
temperatūru ( $^{\circ}\text{C}$ ) ziemā (ziem\_t) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2,  
Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas  
un Zaņas parauglaukumos.

## Kopsavilkums

Darba mērķis ir noskaidrot klimatisko faktoru ietekmi uz parastās priedes radiālo augšanu Latvijas rietumu daļas sausieņu mežos, ņemot vērā arī iespējamās izmaiņas klimatiskajos faktoros un šo izmaiņu ietekmi.

Latvijas rietumu daļas sausieņu mežos ierīkoja divpadsmit parauglaukumus. Šajos parauglaukumos no vecākajām priedēm ņēma gadskārtu paraugus, izmantojot Preslera svārpstu vai zāģējot koku ripas. Laboratorijā veica gadskārtu mērīšanu un šķērsdatēšanu. No šķērsdatētajām gadskārtu rindām veidoja gadskārtu hronoloģijas visiem parauglaukumiem, kā arī veidoja vienu kopīgo hronoloģiju, kurā iekļāva gadskārtu rindas no visiem parauglaukumiem. Dotās hronoloģijas izmantoja, lai veiktu korelācijas un regresijas analīzi, nosakot saistību ar klimatiskajiem faktoriem (mēnešu un apkopoto periodu vidējās, minimālās, maksimālās gaisa temperatūras, nokrišņu daudzums un Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksu (NAO) vērtības). Korelācijas analīzi veica arī pa atsevišķiem laika periodiem (30 gadi). Katram parauglaukumam noteica arī zīmīgo gadu vērtības, un tās salīdzināja ar klimatiskajiem faktoriem, kas bija izteikti standartnoviržu vienībās.

Februāra un marta gaisa temperatūras ir nozīmīgākais klimatiskais faktors, kas ietekmē priežu gadskārtu variēšanu, un šo ietekmi apstiprina gan korelācijas, gan zīmīgo gadu, gan arī “atbildes funkcijas” analīzes. Februāra un marta gaisa temperatūrām ir pozitīva ietekme uz radiālo pieaugumu, tas ir, pie paaugstinātām gaisa temperatūrām novērojamas platākas gadskārtas.

Skatot saistību starp klimatiskajiem faktoriem un hronoloģiju vērtību variēšanu dažādos laika periodos, vērojamas izmaiņas klimatisko faktoru un hronoloģiju vērtību saistībā, kas vismaz daļēji skaidrojama ar izmaiņām klimatiskajos faktoros.

Parauglaukumiem ir 11 kopīgi zīmīgie gadi, kas saistās ar ļoti zemām un augstām janvāra, februāra un marta gaisa temperatūrām.

Ziemas un pavasara NAO indeksiem ir statistiski būtiska saistība ar hronoloģiju vērtību variēšanu (zemāka nekā atbilstošajiem vidējo gaisa temperatūru radītājiem), kas parāda, ka NAO indeksus var izmantot gadījumos, kad nav pieejami gaisa temperatūru dati.

Promocijas darbs tika izstrādāts LU Bioloģijas fakultātes Botānikas un Ekoloģijas katedrā Dr.biol., prof. Gunta Brūmeļa vadībā no 2003. gada septembra līdz 2008. gada aprīlim.

## Summary

**Elferts, D., 2008.** Influence of climatic factors on the radial growths of Scots pine *Pinus sylvestris* L. in Western Latvia on dry soils. Doctoral thesis, 106 pp.

The aim of the study is to determine the climatic factors influencing the radial growth of Scots pine in Western Latvia on dry soils, taking into account possible climate changes and their influence on growth.

Twelve sampling sites were established in western Latvia. In sampling sites, tree-ring samples from the oldest trees were taken using borer or chain saw. Tree-ring series were measured and cross-dated. From cross-dated tree-ring series a chronology was developed for each sampling site and one common chronology that included samples from all sampling sites. Chronologies were used to perform correlation and regression analysis, to determine their relation with climatic factors (monthly and aggregated period mean, minimal, maximal air temperature, precipitation amount and North Atlantic Oscillation index (NAO) values). Correlation analysis was also performed at different time periods (30 years each). For each sampling-site pointer-years were calculated and compared to climatic factors, expressed as standard deviation units.

Mean February and March air temperature was found to be the main climatic factor influencing the variation of pines tree-ring width, shown by correlation, pointer-year and response function analysis. February and March mean air temperature had a positive influence – raised temperatures were associated with wider tree-rings.

The relation between climatic factors and chronology value differed for different time periods, which could be explained by changes in climatic factors.

There are 11 common pointer years for all sampling-sites, explained by very low and high January, February and March mean air temperatures.

Winter and spring NAO indexes were significantly related to the chronology value (lower than with mean air temperature data), indicating that NAO indexes can be used in cases when air temperature data is not available.

This study was conducted in the University of Latvia, Faculty of Biology, Department of Botany and Ecology, under supervision of Dr.biol., prof. Guntis Brūmelis from September 2003 till April 2008.

# 1. Ievads

## 1.1. Pamatojums

Pēdējos piecdesmit gados pasaulē ir vērojams straujš gaisa temperatūru pieaugums – salīdzinot 1850.-1899. gadus ar 2001.-2005. gadiem, pieaugums ir 0,76 °C; daļā pasaules, tai skaitā Ziemeļeiropā, ir arī palielinājies nokrišņu daudzums (Solomon, et al., 2007). Šīs gaisa temperatūru un nokrišņu daudzuma izmaiņas ir vērojamas arī Latvijā, kur laika periodā no 1851. līdz 2006. gadam vidējā gaisa temperatūra ir pieaugusi par 1,4 °C (Lizuma, et al., 2007) un nokrišņu daudzumam pēdējos piecdesmit gados ir bijusi tendence pieaugt, sevišķi Latvijas rietumu daļā (Briede, Lizuma, 2007). Jaunākās zinātnieku prognozes liecina, ka arī turpmāk Eiropā ir gaidāms vidējo gaisa temperatūru pieaugums, pat lielākā mērā nekā vidējais pieaugums pasaulē kopumā. Pieaugums tiek prognozēts arī nokrišņu daudzumam, sevišķi Ziemeļeiropā, vienlaicīgi ir liela iespējamība, ka samazināsies gan laika perioda ilgums ar sniega segu, gan arī samazināsies sniega segas biezums (Christensen, et al., 2007).

Ar samērā lielu pārliecību var apgalvot, ka dotās izmaiņas klimatiskajos apstākļos, ietekmēs Eiropas dabiskās ekosistēmas un bioloģisko daudzveidību. Pastāv liela varbūtība, ka daudziem organismiem un ekosistēmām būs problēmas pielāgoties klimata izmaiņām. Izmaiņas varētu notikt ar mežiem aizņemto platību apjomā, gan arī mežu tipos (Alcamo, et al., 2007).

Lai būtu iespējams labāk spriest par iespējamo klimata izmaiņu ietekmi uz ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību, ir nepieciešama informācija par to, kā pašreizējie un pagātnē bijušie klimatiskie apstākļi ietekmē dotās ekosistēmas un bioloģisko daudzveidību, konkrēti arī apskatot klimatisko faktoru ietekmi uz atsevišķām sugām. Lai dotie secinājumi būtu attiecināmi uz konkrētu reģionu, tad arī pētījumi jāveic konkrētā reģionā.

## 1.1. Dendroklimatoloģiskie pētījumi

Viens no pētījumu objektiem, ko izvēlēties klimata ietekmes noskaidrošanai, varētu būt koki, par kuriem pētījumi saistībā ar klimata ietekmi jau tiek veikti sākot ar 20. gadsimta sākumu, kad savus pētījumus uzsāka E.Douglass (ASV). Viņš pētīja sakarību starp koku augšanas ikgadējām izmaiņām un saules aktivitātes cikliem (Robinson, 1990), un tiek uzskatīts par dendroklimatoloģijas zinātnes virziena aizsācēju. Pēc tam dendroklimatoloģiskie pētījumi ir veikti daudzās valstīs: Francijā, Kiprā, Šveicē, Vācijā, Austrijā, Krievijā (Rigling,

et al., 2001), Somijā (Mäkinen, et al., 2000), Zviedrijā (Linderholm, et al., 2002), ASV (Yeh, Wensel, 2000), Kanādā (Tardif, et al., 2001), arī Latvijā (Špalte, 1975).

Dendroklimatoloģiskie pētījumi pamatojas uz faktu, ka daudzām koku sugām ikgadējā augšana mainās atkarībā no klimata izmaiņām, ko var viegli noteikt pēc koku gadskārtu vai koksnes blīvuma izmaiņām (Fritts, 2001). Dendroklimatoloģijas galvenais uzdevums ir klimata un koku augšanas saistību noskaidrošana un aprēķināšana, kas pamatots ar to, ka gadskārtas uzglabā informāciju par klimatiskajiem apstākļiem noteiktā apgabalā (Carrer, Urbinati, 2001), jo katra koku gadskārta ir kā „attēls” tam laikam, kad gadskārta veidojās, un tās satur plašu informāciju par vides pārmaiņām, kas atspoguļojas gadskārtu izmēros, struktūrā un kompozīcijā (Schweingruber, 1996; Vagonov, et al., 2006). Sezonālās izmaiņas koku radiālajā augšanā ir saistītas gan ar iekšējiem faktoriem (ģenētiski noteiktie, vecums), gan arī ārējiem faktoriem (klimats, ģeogrāfiskais novietojums, konkurence, kaitēkļu un slimību ietekme), pie tam, klimats ir viens no svarīgākajiem ārējiem ietekmējošajiem faktoriem (Vagonov, et al., 2006).

Tā kā koku augšanu ietekmē ļoti dažādi vides faktori vienlaicīgi, tad, lai pētītu tikai klimata ietekmi, ir jāsamazina vides faktoru skaits, kas ietekmē koku augšanu. To var izdarīt rūpīgi izvēloties paraugu ņemšanas vietas un analizējamos kokus (Fritts, 2001; Schweingruber, 1996). Pamatojoties uz to, ka gadskārtas satur plašu informāciju par vides izmaiņām, koku gadskārtu mērījumi ir ļoti svarīgs informācijas avots par pagātnes klimata mainību. Izteiktāk to var redzēt vietās, kur koku augšanu limitē veģetācijas sezonas gaisa temperatūra. No šādās teritorijās augošiem kokiem veidotās hronoloģijas (hronoloģija ir vidējie standartizētie gadskārtu platumi vairākiem kokiem no noteiktas paraugu ņemšanas vietas (Fritts, 2001)) var izmantot, lai rekonstruētu gaisa temperatūras izmaiņas no gada uz gadu par periodiem, kas bieži ir senāki nekā pieejamie gaisa temperatūras mērījumi (Briffa, et al., 2001). Koku gadskārtu hronoloģijas vairāk nekā koku gadskārtu rindas pašas var parādīt klimata signālus (Osborn, Briffa, 2000). Garas, nepārtrauktas un pilnībā datētas koku gadskārtu hronoloģijas izmanto, lai pētītu koku augšanu pagātnē, un no tā secinātu par koku augšanu virzošajiem faktoriem (Briffa, et al., 1998). Gadskārtu hronoloģijas parāda koku augšanas saistību ne tikai ar konkrētā gada klimatiskajiem apstākļiem, bet arī ar iepriekšējo gadu klimatiskajiem apstākļiem (Ashby, Fritts, 1972).

Starp dažādiem paleoklimata informācijas avotiem, koku gadskārtu hronoloģiju priekšrocība ir tā, ka tās ir nepārtrauktas, labi replicētas, datētas ar precīziem kalendāriem gadiem, tādējādi tās ir viegli salīdzināt ar instrumentāliem datiem (Cook, Kairiukstis, 1990; McCarroll, et al., 2003). Ar dendroklimatoloģijas metodēm ir iespējams rast atbildes,

piemēram, uz to, cik neparasts ir bijis klimats pēdējo 2000 gadu laikā, vai „mazais ledus laikmets” ir bijis sinhrons un apjomos vienāds abās zemeslodes puslodēs, vai ir bijis visu pasauli aptverošs siltuma periods ap 1000. gadu, kādas hidroloģiskas izmaiņas ir notikušas pēdējo divu tūkstošgadu laikā, kāda ir cilvēka ietekmes nozīme klimata izmaiņās (Eddy, 1992, cit. pēc Schweingruber, 1996). Tā ir iespējams iegūt informāciju par vēsturiskās klimata mainības ietekmi uz mežu produktivitāti (Peterson, et al., 2002). Izmantojot dendroklimatoloģiskās metodes var identificēt klimatiskos faktorus, kas limitē koku augšanu un tādējādi labāk saprast klimata ietekmi uz sugu ģeogrāfisko izplatību un izteikt daudz pamatotākus minējumus par iespējamo mežu atbildi uz nākotnes klimatu (Peterson, et al., 2002).

Visbiežāk lietotie klimatisko faktoru parametri, lai tos saistītu ar koku augšanu, ir nokrišņu daudzums un gaisa temperatūra, jo citi parametri vairumā gadījumu nav pietiekami ilgi novēroti, lai būtu pietiekams datu apjoms statistiskajām analīzēm (Fritts, 1974). Veicot klimatisko faktoru rekonstrukcijas, dendroklimatoloģiskajos pētījumos rekonstruē vidējās gaisa temperatūras, jo, iespējams, tas ir universālākais un pieejamākais klimata statistiskais rādītājs un tiek uzskatīts par pietiekami būtisku un reprezentatīvu klimatisko rādītāju (Wilson, Luckman, 2002). Vēl viens no klimatiskajiem faktoriem, ko izmanto analīzēm, ir Ziemeļatlantijas oscilāciju indekss (NAO). NAO ir Ziemeļu puslodes vidējos un aukstajos platumā grādos saskatāmākā un periodiskākā klimata mainības iezīme, kas īpaši izpaužas gada aukstajos mēnešos, no novembra līdz aprīlim (Hurrell, et al., 2003). NAO rašanās saistīta ar atmosfēras spiediena izmaiņām starp Īslandes pazeminājumu (*Icelandic Low*) un Azoru paaugstinājumu (*Azores high*) (Marshall, et al., 2001). NAO attiecas uz atmosfēras masu pārvietošanos starp Arktisko zonu un Atlantijas subtropiem, un pāreja no vienas fāzes uz citu rada lielas pārmaiņas vēja stiprumā un virzienā, siltuma un mitruma transportā starp Atlantijas okeānu un kontinentu (Hurrell, et al., 2003). Ziemeļatlantijas oscilācijas ir galvenais faktors, kas nosaka ziemas gaisa temperatūru mainību lielākajā daļā Ziemeļatlantijas puslodes (Thompson, et al., 2000). Latvijā NAO ir augsta pozitīva korelācija ar ziemas mēnešu gaisa temperatūrām (Briede, Lizuma, 2007).

Klimatiskajiem faktoriem ir raksturīga ne tikai tieša ietekme uz koku augšanu, bet raksturīga arī dažādu klimatisko faktoru kompleksa ietekme (Helle, Schleser, 2004), kas rada nepieciešamību izmantot kompleksus modeļus, jo lineārā regresija, kas tiek izmantota faktoru ietekmes analīzei, neņem vērā iespēju, ka viena faktora ietekme varētu izpausties pie noteiktām klimatiskā faktora vērtībām. Kompleksa klimatisko faktoru ietekme varētu būt dažādu sezonu gaisa temperatūrām, sezonu nokrišņu daudzumam un gaisa temperatūrai. Kā

piemērus varētu minēt to, ka iespējams paaugstināts nokrišņu daudzums ziemā varētu samazināt ziemas gaisa temperatūru ietekmi, jo tiktu samazināts sasalušās augsnes slānis, kas ļautu pavasarī ātrāk uzsākt augšanas sezonu. Otra iespējamā kombinācija varētu būt rudens un ziemas gaisa temperatūras, tas ir, ja ir silts rudens, priedes varētu vieglāk pārciest zemas ziemas gaisa temperatūras. Īpašs gadījums varētu būt arī aprīļa mēneša nokrišņu daudzums un gaisa temperatūras, jo aprīlī nokrišņi mēdz būt gan kā lietus, gan kā sniegs, kas ir atkarīgs no gaisa temperatūrām, tādējādi nokrišņu ietekme uz priežu augšanu varētu būt atšķirīga pie zemām vai augstām aprīļa gaisa temperatūrām.

Dendroklimatoloģiskajos pētījumos var izmantot daudzas koku sugas. Ziemeļamerikas boreālajos mežos pētījumi ir pierādījuši, ka klimata mainība ir svarīgs faktors, kas kontrolē septiņu boreālo koku sugu (*Betula papyrifera*, *Abies balsamea*, *Thuja occidentalis*, *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana* un *Pinus resinosa*) radiālo augšanu (Tardif, et al., 2001). Viena no plašāk izmantotajām koku sugām ir parastā priede *Pinus sylvestris* (Linderholm, et al., 2002; Špalte, 1975; Lindholm et al., 2000; Rigling, et al., 2001). Grūtāk klimata rekonstrukcijā ir izmantot tropisko koku gadskārtas, jo šo gadskārtu rašanos nosaka sausuma un lietus periodi vai arī plūdi (Hansen, 2001).

Pētījumi ir pierādījuši, ka ir vērojamas atšķirības starp klimatisko faktoru ietekmi uz vienu koku sugu dažādās augsnēs un dažādos reģionos. Boreālā mežā klimatiskie faktori gadskārtu platumu variēšanu labāk izskaidro sausās augsnēs nekā mitrās augsnēs augošām priedēm, sevišķi kūdrājos augošām, un ir atšķirīgi klimatiskie faktori, kas tieši ietekmē augšanu. Zviedrijas zinātnieki (Linderholm, 2001; Linderholm, et al., 2002) atklāja, ka novembra un decembra gaisa temperatūrai ir būtiska ietekme sausās augsnēs, bet septembra gaisa temperatūrai mitrās augsnēs. Uz atšķirībām reģionālā mērogā norāda pētījums Somijā (Lindholm et al., 2000), kur atklāja, ka klimatiskie faktori izskaidro līdz 50% no gadskārtu platumu variēšanas Somijas ziemeļos un apmēram vienu trešdaļu dienvidos. Austrumos un vidusdaļā šī ietekme ir tikai attiecīgi 17% un 12%. Ir vērojamas arī atšķirības vienā teritorijā augošo koku starpā, jo ir atšķirīgs konkurences līmenis, augsnes apstākļi un mikroklimats (Briffa, et al., 1998).

Parastajām priedēm, kas aug ekstrēmos apstākļos tuvu izplatības areāla ziemeļu robežai, ir izteikti stipri kopīgie „signāli”, kas lielā mērā korelē ar gaisa temperatūras izmaiņām (Lindholm, et al., 1996). Virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem koku augšanu mazāk ietekmē veģetācijas sezonas gaisa temperatūra, bet lielāku nozīmi iegūst nokrišņu ietekme (Lindholm, et al., 1997). Salīdzinot ar ziemeļu areāla robežu, pieaug ar audzes dinamiku saistīto faktoru nozīme dienvidos augošo priežu ikgadējā pieauguma variēšanā (Lindholm, et al., 2000).

Ir vairāki apstākļi, kas ietekmē rezultātu interpretāciju un var radīt problēmas. Lai precīzi interpretētu rezultātus, klimatiskajiem datiem ir jābūt atbilstošiem paraugu ņemšanas vietai, jo klimatiskajiem faktoriem ir raksturīga reģionālā mainība (Bircher, 1986.). Daudzos gadījumos ir pieejami tikai mēneša vidējie klimatiskie dati, bet ļoti liela ietekme var būt arī īstermiņa gaisa temperatūras pazeminājumiem, ko šajā gadījumā nevarēs pamanīt. Jāņem vērā arī fakts, ka koku gadskārtu platumu fluktuācijas reti kad precīzi atbilst vēsturiskiem klimata notikumiem uz gads-pret-gadu bāzes, jo konkrētā gada klimata ietekme var būt novērojama arī pēc vairākiem gadiem, skujkokiem pat līdz 30 skuju attīstības cikliem (Schweingruber, 1996). Kļūdas, nehomogenitāte un nepilnīgs pārklājums klimatiskajos datos arī var radīt saskatāmas izmaiņas gadskārtu un klimatisko faktoru korelācijā, kas var novest pie nepareizas rezultātu interpretācijas (Osborn, Briffa, 2000).

Klimatisko signālu atklāšanu var ietekmēt tas, ka koks var adaptēties pastāvīgām klimatiskajām anomālijām, kā rezultātā rodas savādāka (samazināta) koka atbilde uz šīm anomālijām (Osborn, Briffa, 2000).

Ir jābūt informācijai par analīzē iekļautās sugas augšanas īpatnībām, lai šīs īpatnības neizskaidrotu kā klimata ietekmes sekas (Bircher, 1986.). Tas saistīts ar to, ka augšanas parametru vērtības kokos vienmēr ietekmēs ne tikai klimatiskie faktori, bet arī citi faktori. Labākais piemērs ir gadskārtu platumu samazināšanās pieaugot koka vecumam (Briffa, et al., 1998). Kā vēl vienu problēmu var minēt to, ka priežu sugas salīdzinot ar citām koku sugām mazāk ietekmē nelabvēlīgi klimatiskie faktori, piemēram, ūdens trūkums, kas novērojams pie zema nokrišņu daudzuma (Yeh, Wensel, 2000).

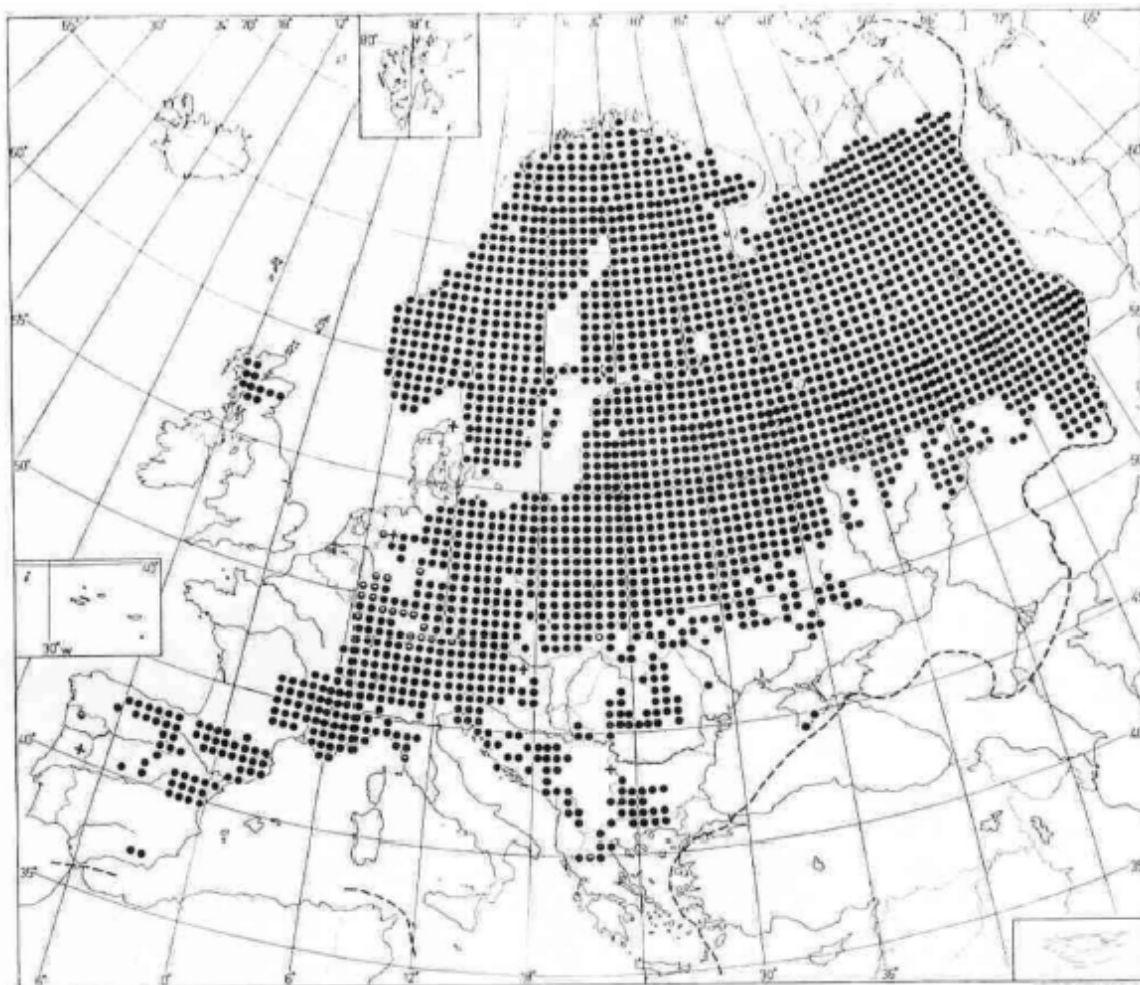
### ***1.3. Parastā priede***

Parastā priede (*Pinus sylvestris* L) ir priežu dzimtas priežu ģints koks. Tas ir mūžzaļš vienmājas koks, ziedi ir viendzimuma. Skujas atrodas uz īsvasām pa divām kopā, to garums ir trīs līdz septiņi centimetri, un tās saglabājas divus līdz astoņus gadus (Richardson, Rundel, 2000). Priedes sāk ziedēt maijā vai jūnijā sākumā. Savrup augošie koki sāk ziedēt 15 gadu vecumā, bet mežaudzēs augošie sāk ziedēt 20 – 25 gadu vecumā. Parastās priedes mūža ilgums var būt no 300 līdz 350 gadiem. Tās garums Latvijā var sasniegt 46 m un apkārtmērs četrus metrus (Cinovskis, 1997). Parastā priede ir gaismas prasīga suga (Priedītis, 1999).

Priedei ir plaša ekoloģiskā amplitūda, tā sastopama ļoti dažādos biotopos. Latvijā un Ziemeļeiropā tā sastopama kāpu silos, sausos mežos ar ķērpjiem dominējošu augāju, slapjos mežos un vairāk vai mazāk atklātos augsto purvu biotopos (Zackrisson, 1977; Cinovskis, 1997; Kelly, Connolly, 2000). Parastās priedes ekoloģiju lielā mērā raksturo stresa tolerance.



Tas ļauj šai sugai ieņemt biotopus, kuros nespēj augt daudzas citas koku sugas, jo priede spēj pielāgoties dažādām vides faktoru kombinācijām (Kelly, Connolly, 2000). Sugu sastāvu un vecumstruktūru priežu mežos, kas aug uz nabadzīgām un smilšainām augsnēm, vēsturiski lielā mērā ietekmējis ugunsgrēku biežums biotopos (Zackrisson, 1977). Ja ugunsgrēks ir vidēji liels, tad parasti izdzīvo vecākās priedes, jo tām ir bieza miza (Kolström, Kellomäki, 1993). Galvenie faktori, kas ietekmē koku augšanu ir audzes struktūra (blīvums) un augšanas apstākļi dotajā teritorijā, liela nozīme ir klimatiskajiem apstākļiem (Tegelmark, 1999).



**1.1. attēls./ Figure 1.1.**

Parastās priedes *Pinus sylvestris* izplatības areāls Eiropā (pārpublicēts no Kelly, Connolly, 2000).

Distribution area of Scots pine *Pinus sylvestris* in Europe (Kelly, Connolly, 2000).

Parastā priede Eirāzijā sastopama no Skandināvijas ziemeļdaļas līdz Itālijai (Priedītis, 1999) (1.1. attēls). Parastajai priedei ir plašākais areāls no visām priežu sugām Eiropā – 10800 km<sup>2</sup> (Nikolov, Helmisaari, 1992). Lielā daļā Ziemeļeiropas boreālo mežu parastā priede ir dominējošā koku suga (Kuusela, 1990). Latvijā tā bieži sastopama visā teritorijā, veido tīraudzes vai mistraudzes un aizņem 37% mežu kopplatības (Valsts meža dienests, 2008). Parastā priede Latvijā ir visvecākais mūsdienu mežu koks (Priedītis, 1999).

Balstoties uz iepriekš teikto, tika izvirzīts darba mērķis: noskaidrot klimatisko faktoru ietekmi uz parastās priedes radiālo augšanu Latvijas rietumu daļas sausieņu mežos.

Lai sasniegtu doto mērķi, tika izvirzīti vairāki uzdevumi:

1) izveidot gadskārtu hronoloģijas un noskaidrot “zīmīgos gadus” pētījumā iekļautajiem parauglaukumiem;

2) noskaidrot saistību starp gadskārtu hronoloģijām un klimatiskajiem faktoriem (gaisa temperatūra, nokrišņu daudzums, Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksi);

3) noskaidrot, cik lielu daļu no gadskārtu platumu variēšanas izskaidro klimatiskie faktori.

Pirms darba veikšanas tika izvirzītas sekojošas hipotēzes:

1) klimatiskie apstākļi ir nozīmīgs priežu augšanu ietekmējošais faktors;

2) pastāv klimatiskie apstākļi, kas vienādi ietekmē priežu augšanu Latvijas rietumu daļā;

3) mainoties klimatiskajiem apstākļiem, mainās arī klimata un parastās priedes augšanas saistība;

4) starp Ziemeļatlantijas oscilācijām un priežu augšanu Latvijā pastāv saistība;

5) konkrēta klimatiskā faktora ietekme uz priežu augšanu ir saistīta ar citu faktoru ietekmi:

a) ja ir paaugstināts ziemas nokrišņu daudzums, tad ir mazāka ziemas gaisa temperatūru ietekme;

b) ja ir silts iepriekšējā gada rudens, tad ir mazāka ziemas gaisa temperatūru ietekme;

c) nokrišņu daudzumam aprīlī ir atšķirīga ietekme, ja aprīļa gaisa temperatūra ir augsta vai zema.

## 2. Metodika un materiāls

### 2.1. Paraugu ņemšanas vietas

Priežu gadskārtu paraugu ņemšana kopumā tika veikta divpadsmit parauglaukumos (2.1. attēls) laika posmā no 2001. gada līdz 2006. gadam. Parauglaukumi tika izvēlēti tā, lai mežu augšanas tips būtu kāds no sausieņu mežiem (sils, mētrājs, damaksnis, lāns) vai āreņiem (meži nosusinātās minerālaugsnēs – viršu ārenis, mētru ārenis, šaurlapju ārenis) (2.1. tabula). Parauglaukumu lielums netika definēts (izņemot Kolkas parauglaukumus, kur tika veikti arī cita veida pētījumi) – paraugus no kokiem ņēma viena vai divu nogabalu ietvaros.

Parauglaukumu kartes tika iegūtas no Valsts meža dienesta Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (<http://80.232.129.232:7777/vmdgis/main.jsp>).

**Engure 1** parauglaukums ierīkots Tukuma rajonā, Sēmes pagastā, Ziemeļkurzemes virsmežniecības Engures mežniecībā (1. pielikums). Paraugi ņemti 2005. gadā no 15 priežu celmiem.

**Engure 2** parauglaukums atrodas Tukuma rajonā, Engures pagastā, Ziemeļkurzemes virsmežniecības Engures mežniecībā netālu no Engures ezera (2. pielikums). Paraugi ņemti 2006. gadā no 20 augošiem kokiem.

**Kolkas** parauglaukums sastāv no četriem mazākiem parauglaukumiem (Kolka 1, 2, 3, 4), kas atrodas Talsu rajona Kolkas pagastā, Kolkas raga apkaimē. Parauglaukumu lielumi attiecīgi ir 400, 600, 300 un 300 m<sup>2</sup>.

Kolka 1 parauglaukums atrodas aiz Melnsila, pie Bažu purva (3. pielikums). Tas atrados uz senas kāpas.

Kolka 2 parauglaukums atrodas silā pie jūras starp Kolku un Vaidi (4. pielikums).

Kolka 3 parauglaukums atrodas četrus kilometrus uz dienvidrietumiem no Kolkas raga, jūras krastā (5. pielikums), koki šajā parauglaukumā ir daļēji aprakti.

Kolka 4 parauglaukums atrodas aptuveni vienu kilometru no Kolkas raga, tuvu jūras krastam (6. pielikums), koki daļēji aprakti.

Parauglaukumus izvēlējās vietās, kur pēc mežu plāniem atrodas vecākie priežu meži Kurzemes piekrastē. Paraugu ievākšana tika veikta 2001. gadā, kopumā no 110 augošiem kokiem.

**Ķemeru** parauglaukums atrodas Ķemeru nacionālā parka teritorijā Raganu purvā (7. pielikums). Parauglaukums izvietots uz kādreizējās kāpas, kura ir paaugstināta salīdzinot ar apkārtējo reljefu. Gadskārtu paraugi no 20 augošiem kokiem tika ņemti 2001. gadā.

**Rendas** parauglaukums atrodas Kuldīgas rajonā, Renda pagastā, Kuldīgas virsmežniecības Rendas mežniecībā (8. pielikums). Paraugi ņemti 2005. gadā no 17 koku celmiem.

### 2.1. tabula/ Table 2.1.

Pētīto parauglaukumu raksturojums: koordinātes, meža augšanas apstākļu tips, kvartāls, nogabals (informācija no Valsts meža dienesta datu bāzes).

Characteristics of studied sampling sites: coordinates, forest growth condition type, management unit, stand (Data from State Forest Service database).

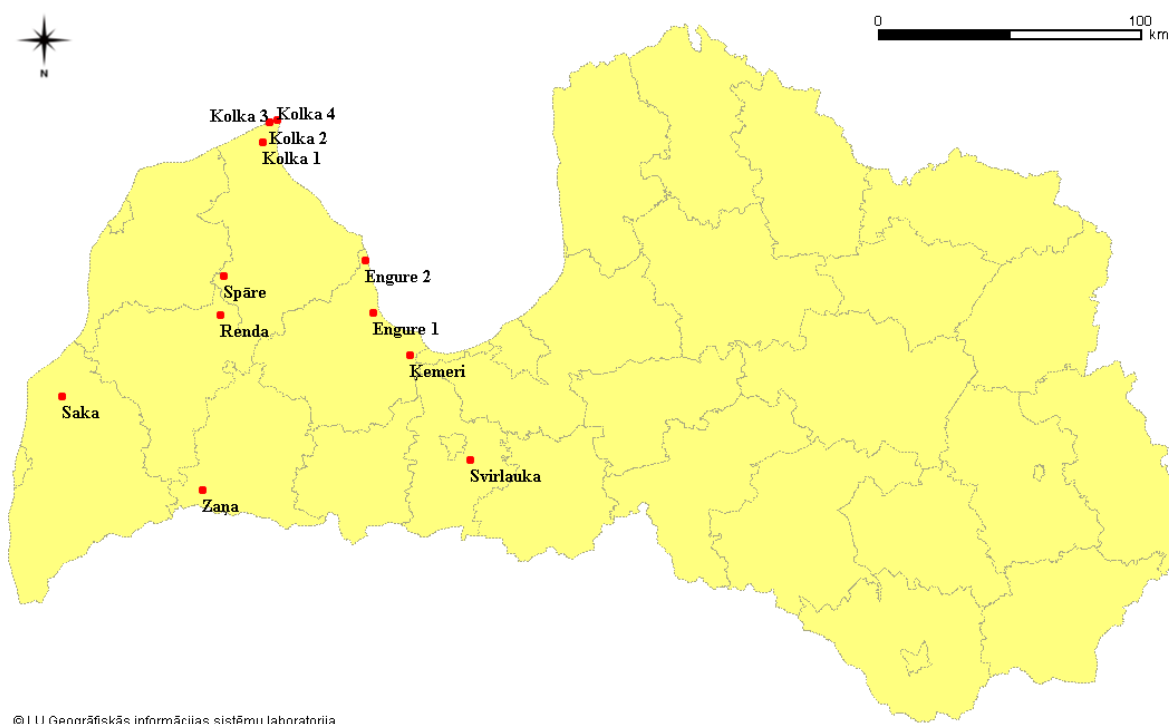
Parauglaukums/ Sampling-site	Koordinātes (LKS-92)/ Coordinates (LKS-92)	Meža augšanas apstākļu tips/ Forest growth condition type	Kvartāls/ Management unit	Nogabals/ Stand
Engure 1	0451864 6328885	Lāns	350	4
Engure 2	0448716 6348735	Mētrājs	9	15
Kolka 1	0409636 6393696	Mētrājs	127	11
Kolka 2	0412346 6401541	Mētrājs	8	2
Kolka 3	0412500 6401528	Sils	8	4
Kolka 4	0415516 6402400	Sils	1	3
Ķemeru	0465829 6312801	Sils		
Renda	0393844 6327857	Lāns	257	7
Saka	0333281 6296831	Šaurlapju ārenis	247	8
Spāre	0395106 6342757	Damaksnis	219	9
Svirlauka	0488665 6272789	Šaurlapju ārenis	60	15
Zaņa	0387092 6261323	Damaksnis	241	5

**Sakas** parauglaukums ierīkots Liepājas rajonā, Sakas pagastā, Liepājas virsmežniecības Sakas mežniecībā (9. pielikums). Paraugi ņemti 2006. gadā no 18 koku celmiem.

**Spāres** parauglaukums atrodas Talsu rajonā, Ģibuļu pagastā, Ziemeļkurzemes virsmežniecības Talsu mežniecībā, apdzīvotā vietā Spāre pie Gulbju ezera (10. pielikums). Paraugi ņemti 2006. gadā no 20 augošiem kokiem.

**Svirlaukas** parauglaukums ierīkots Jelgavas rajonā, Jaunsvirlaukas pagastā, Zemgales mežniecības Svirlaukas iecirknī (11. pielikums). Paraugus ņēma 2006. gadā no 19 koku celmiem.

**Zaņas** parauglaukums atrodas Saldus rajonā, Zaņas pagastā, Saldus virsmežniecības Kursīšu mežniecībā (12. pielikums). 2006. gadā tika ņemti paraugi no 17 koku celmiem.



© LU Ģeogrāfiskās informācijas sistēmu laboratorija

### **2.1. attēls./ Figure 2.1.**

Darbā apskatīto parauglaukumu izvietojums.  
Location of sampling sites.

## **2.2. Klimatiskie dati**

### **2.2.1. Gaisa temperatūras un nokrišņi**

Klimatiskos datus ieguva no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras. Datu analīzei izmantoja klimatiskos datus no septiņām meteoroloģiskajām stacijām: Jelgava, Kolka, Liepāja, Mērsrags, Rīga, Saldus un Stende (2.2. tabula). Visām stacijām bija pieejami dati par vidējo mēnešu gaisa temperatūru, vidējo diennakts gaisa temperatūru un mēneša nokrišņu summu, atšķirīgi bija tikai laika intervāli, kuros pieejami šie dati. Kolkas un Rīgas meteoroloģiskajām stacijām bija pieejami arī mēneša maksimālās un minimālās gaisa temperatūras. Vairumā gadījumu klimatisko datu rindās bija atsevišķi datu iztrūkumi, kas tika

novērsti izmantojot datus no citām meteoroloģiskajām stacijām (izveidojot regresijas līknes, balstoties uz esošajiem datiem un to saistību ar citām stacijām).

## 2.2. tabula/ Table 2.2.

Pieejamie klimatiskie dati darbā izmantotajām meteoroloģiskajām stacijām un parauglaukums, kura analīzei izmantoti dotās stacijas dati.

Available climatic data for meteorological stations used for analysis and sampling-site for which analysis data from this station used.

Stacija/Station	Jelgava	Kolka	Liepāja	Mērsrags	Rīga	Saldus	Stende
Vidējās mēneša gaisa temperatūras/ Mean monthly air temperature	1832.- 2004.	1924.- 2001.	1895.- 2003.	1896.- 2004.	1795.- 2000.	1948.- 2003.	1924.- 2004.
Diennakts vidējās gaisa temperatūras/ Mean daily air temperature	1925.- 2006.	1925.- 2006.	1922.- 2006.	1927.- 2006.	1924.- 2000.	1945.- 2006.	1924.- 2006.
Minimālās un maksimālās mēneša gaisa temperatūras/ Minimal and maximal air temperature		1924.- 2001.			1924.- 2000.		
Nokrišņu daudzums/ Precipitation sum	1894.- 2002.	1891.- 2001.	1896.- 2004.	1896.- 2003.	1850.- 2002.	1933.- 2003.	1923.- 2004.
Gadi ar datu izstrūkumiem/ Years with data gaps	1877.- 1889., 1893., 1903., 1905.- 1924., 1935., 1936., 1938., 1941., 1942., 1944.	1892., 1895., 1914.- 1923., 1927., 1929., 1930., 1934.- 1937., 1940.- 1945.	1915.- 1922., 1941., 1944., 1945.	1904., 1905., 1914.- 1927., 1943., 1944.	1814.- 1823., 1831.- 1839., 1848.- 1850., 1857., 1871.- 1872.	1944.- 1945.	1925., 1926., 1940., 1944., 1945., 2001.
Parauglaukums/ Sampling-site	Svirlauka	Kolka	Saka	Engure 1, Engure 2	Ķemeri Kopējais/ Common	Zaņa	Renda, Spāre

No mēnešu datiem tika aprēķināti arī vairāki apkopotie dati (periodi) gan vidējām gaisa temperatūrām, gan nokrišņu summām. Šādi apkopotie periodi bija rudens (šajā darbā ar to izprata laika periodu no iepriekšējā gada septembra līdz iepriekšējā gada novembrim), ziema (no iepriekšējā gada decembra līdz analizējamā gada februārim), pavasaris (no analizējamā gada marta līdz maijam), vasara (no analizējamā gada jūnija līdz augustam) un sezona (no iepriekšējā gada oktobra līdz analizējamā gada septembrim).

### **2.2.2. Ziemeļatlantijas Oscilāciju indeksi (NAO)**

Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksi mēnešiem un gadam pieejami kopš 1658. gada (Luterbacher, et al., 2002). Līdzīgi kā gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma gadījumā, arī NAO indeksiem tika aprēķinātas vidējās vērtības rudenim, ziemei, pavasarim, vasarai un sezonai.

## **2.3. Paraugu ņemšanas un apstrādes metodes**

### **2.3.1. Gadskārtu paraugu iegūšana un sagatavošana apstrādei**

Gadskārtu platumu paraugus ņēma izmantojot divas metodes – Preslera svārpsts (Stokes, Smiley, 1996) vai koku ripu zāģēšana. Preslera svārpsts tika izmantots, lai iegūtu vienu (Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4 un Ķemeru parauglaukumos) vai divus (no koka pretējām pusēm, Engure 2, Spāres parauglaukumos) urbumus no priedēm. Zaņas, Sakas, Rendas, Engure 1 parauglaukumos tika zāģētas stumbra šķērsriezuma ripas no priežu celmiem. Katrā no parauglaukumiem tika izvēlēti tie koki, kas pēc izskata bija vecākie (cirmās izvēlējās resnākos stumbrus) un mazāk ietekmēti (tiešā tuvumā nebija citu koku, kas radītu konkurenci), jo šādi koki ir vairāk piemēroti dendroklimatoloģiskām analizēm (Schulman, 1937). Pēc nogādāšanas laboratorijā, urbumus līmēja pie iepriekš sagatavotiem dēļiņiem, pēc līmes nožūšanas tos apstrādāja ar smilšpapīru (smilšpapīru rupjums 100, 160, 200, 400, 800), bet šķērsriezuma ripas apstrādāja ar žileti, lai būtu iespējams izšķirt visas gadskārtas.

### **2.3.2. Gadskārtu mērīšana**

Gadskārtu platumus noteica izmantojot divas metodes. Šķērsriezuma ripām un daļai koku urbumu (Kolka 1, Kolka2, Kolka 3, Kolka 4 un Ķemeru parauglaukumi) platumus mērīja ar “gadskārtu mērīšanas galdu” LINTAB 3, kas sevī ietver arī Leica MS5 mikroskopu un datorprogrammu TSAP (Time Series Analysis) (Rinn, 1996). Atlikušie urbumi tika ieskanēti ar izšķirtspēju 1200 pt, pēc tam gadskārtas mērīja izmantojot datorprogrammu

LignoVision (RinTech, 2002) – datorprogramma automātiski nosaka gadskārtu robežas ieskanētajos attēlos, balstoties uz pelēkās krāsas skalu un strauju krāsas izmaiņu starp rudens un pavasara koksni. Ar datorprogrammu noteiktās gadskārtu robežas tika pārbaudītas un vajadzības gadījumā koriģētas. Ja ar datorprogrammu nebija iespējams veikt precīzu mērīšanu (gadskārtas bija pārāk tuvu viena otrai, vai krāsu atšķirība bija maz izteikta), tad to veica izmantojot “mērīšanas galdu”. Šķērsgriezumu ripām gadskārtu platumi tika noteikti trīs dažādos virzienos.

## **2.4. Gadskārtu apstrādes metodes**

### **2.4.1. Šķērsdatēšana**

Lai precīzi noteiktu katrai gadskārtai atbilstošu gadu (šķērsdatētu) un pārbaudītu, vai mērījumu veikšanas laikā nav radušās kļūdas, izmantoja datorprogrammu COFECHA (Holmes, 1992), kas parāda gadskārtu rindas, kurām ir statistiski būtiska sakritība (salīdzinot katru gadskārtu rindu ar katru citu gadskārtu rindu, vai arī ar iepriekš noteiktu references gadskārtu rindu vai to grupu), kā arī norāda iespējamās mērījumu kļūdu vietas. Gadskārtu rindas, kurās tika atrastas kļūdas, tika pārmērītas (pilnībā vai arī apgabals, kurā konstatēta kļūda). Pēc kļūdu izlabošanas, tiem kokiem, kuriem bija vairāk kā viens urbums, gadskārtu rindas tika apvienotas vienā, izrēķinot vidējo gadskārtu platumu, lai iegūtu kopējo ainu par gadskārtu platumu kokam, kā arī, lai novērstu to, ka tiem kokiem, kuriem ir vairāki urbumi (atkārojumi) būtu lielāka ietekme uz rezultātiem, salīdzinot ar kokiem, kuriem bija tikai viens urbums. Ja nebija iespējams precīzi šķērsdatēt kādu daļu no gadskārtu rindas (vairumā gadījumu pēdējos 10 līdz 20 gadus), tad šo gadskārtu rindas daļu izslēdza no turpmākajām analīzēm.

### **2.4.2. Hronoloģiju veidošana**

Hronoloģijas, kas ir vidējie standartizētie gadskārtu platumi vairākiem kokiem no noteiktas paraugu ņemšanas vietas (Fritts, 2001), veidoja katram parauglaukumam, kuram bija iespējams nodatēt pietiekamu daudzumu koku gadskārtu rindu (vismaz 10), kā arī vienu kopīgo hronoloģiju, kurā iekļāva koku gadskārtu datus no visiem parauglaukumiem. Hronoloģijā iekļāva tikai tās gadskārtu rindas, kuras bija vismaz 50 gadus garas un kuras varēja precīzi šķērsdatēt. Standartizāciju un hronoloģiju veidošanu veica izmantojot programmu ARSTAN (Holmes, et al., 1986). Standartizācija ir viena no pamatprocedūrām dendrohronoloģijā, kuras mērķis ir noņemt no gadskārtu platumu variācijas to daļu, kas saistīta ar koka vecumu, tā izmaiņām dabiskās augšanas gaitā (Fritts, 2001). To veica



piemērojot negatīvo eksponenciālo līkni vai regresijas līkni katrai rindai un pēc tam dalot platumu ar piemēroto līkni. Pēc tam no bezdimensijas indeksiem izveidoja hronoloģiju. Turpmākajām analīzēm izmantoja “atlikumu” (residual) hronoloģiju, ko iegūst pēc dubultās trendu noņemšanas un autoregresijas modelēšanas (Holmes, 1999).

Hronoloģiju raksturošanai noteica tās aptverto laika periodu, vidējo hronoloģijas vērtību, vidējo jutību (mean sensitivity). Vidējā jutība parāda vidējo relatīvo starpību starp blakus esošām gadskārtām, kas savukārt raksturo to, cik lielā mērā gadskārtas reaģē uz dažādām izmaiņām vides faktoros (ja jutība ir augsta, tad gadskārtās lielākā mērā mainās no viena gada uz otru) (Fritts, 2001).

## **2.5. Gadskārtu, hronoloģiju un klimatisko datu analīze**

Korelācijas, regresijas analīzei un vidējo vērtību salīdzināšanai izmantoja datorprogrammu SPSS (Morgan, et al., 2004), “zīmīgo gadu” aprēķināšanu veica izmantojot MS Excel, “atbildes funkcijas” analīzi un korelācijas analīzi 30 gadu laika periodos veica izmantojot datorprogrammu Dendroclim2002 (Biondi, Waikul, 2004), neparametrisko multiplikatīvo regresijas analīzi veica ar datorprogrammu HyperNiche (McCune, 2006).

### **2.5.1. Klimatisko datu analīze**

Tā kā dažām stacijām bija pieejami klimatiskie dati tikai par ļoti īsu laika periodu, tika veikta korelācijas analīze starp klimatiskajiem datiem Rīgas meteoroloģiskajā stacijā un citās meteoroloģiskajās stacijās, lai noskaidrotu, vai ar Rīgas klimatiskajiem datiem var veikt analīzes attiecībā uz visiem parauglaukumiem.

Lai novērtētu klimata izmaiņas laikā un noteiktu, vai izmaiņas ir vienādas visās meteoroloģiskajās stacijās, tika aprēķināta klimatisko faktoru vidējās vērtības katriem pēc kārtas esošajiem trīsdesmit gadiem laika periodā no 1901. līdz 2004. gadam (laika periods, kurā vairumam staciju bija pieejami dati). Pēc tam katram klimatiskajam faktoram tika salīdzināts 30 gadu laika periods ar viszemāko vidējā vērtību un laika periods ar visaugstāko vidējo vērtību, izmantojot *Mann-Whitney U testu* (Leech, et al., 2005), lai noskaidrotu, vai pastāv statistiski būtiska atšķirība starp šiem diviem laika periodiem (pie  $\alpha=0,05$ ).

Lai noskaidrotu savstarpējo saistību, tika veikta korelācijas analīze starp NAO indeksiem un vidējām gaisa temperatūrām un nokrišņu daudzumu septiņās meteoroloģiskajās stacijās.

### 2.5.2. Korelācijas analīze

Statistiski būtiskās (pie  $\alpha=0,05$ ) saistības starp gadskārtu platumiem un klimatiskajiem faktoriem noskaidrošanai, veica Pīrsona (*Pearson*) vai Spirmana (*Spearman*) (attiecīgi, ja dati atbilda vai neatbilda normālajam sadalījumam) korelācijas analīzi (lai noteiktu korelācijas koeficientu  $r$  vai  $r_s$ ) starp izveidotajām hronoloģijām (atsevišķiem parauglaukumiem un kopējo) un klimatiskajiem faktoriem (vidējām gaisa temperatūrām, nokrišņu summu un NAO indeksiem). Analizējamais laika periods bija tāds, kurā vienlaicīgi pieejami gan klimatiskie dati, gan atbilstošās hronoloģijas vērtības. Klimatiskos datus ņēma no tuvākās meteoroloģiskās stacijas, kurai bija pieejami dati. Korelācijas analīze starp hronoloģijas vērtībām un minimālajām un maksimālajām gaisa temperatūrām tika veikta Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4 un Ķemeru parauglaukumiem un kopējai hronoloģijai, attiecīgi izmantojot Kolkas un Rīga meteoroloģiskās stacijas datus.

Lai noskaidrotu, vai vērojama korelācijas izmaiņa laika gaitā, tika veikta korelācijas analīze starp hronoloģijām un atbilstošajiem klimatiskajiem datiem 30 gadu laika periodos, izmantojot slīdošo intervālu, tas ir, korelācijas analīzi veica pirmajiem trīsdesmit gadiem, kuros bija pieejami gan klimatiskie dati, gan hronoloģiju vērtības, tad tika ņemts nākamais intervāls, kas bija nobīdīts uz priekšu par vienu gadu. Šo analīzi turpināja, līdz tika iekļauti arī pēdējie 30 gadi.

### 2.5.3. “Atbildes funkcijas” un daudzfaktoru regresijas analīze

Lai noskaidrotu, kādu daļu no hronoloģiju vērtību variācijas izskaidro klimatiskie faktori, tika veikta daudzfaktoru regresijas analīze. Daudzfaktoru regresijas analīzi veica visām parauglaukumu un kopējai hronoloģijai, izmantojot datorprogrammu *SPSS* (lineārās regresijas metode). Regresorus (faktorus), kurus iekļaut regresijas vienādojumā, izvēlējās izmantojot “atbildes funkcijas” (response function) analīzi datorprogrammā *Dendroclim2002* (Biondi, Waikul, 2004). Šim uzdevumam izmantoja visu parauglaukumu un kopējo hronoloģiju, kā arī atbilstošās meteoroloģiskās stacijas datus: mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzumu. “Atbildes funkcijas” analīze parāda tos klimatiskos faktorus, kuriem ir statistiski būtiska saistība ar hronoloģiju vērtību variāciju, līdzīgi kā korelācijas analīze, tikai šajā gadījumā tiek ņemta vērā arī klimatisko faktoru savstarpējā korelācija, lai izslēgtu tos faktorus, kuru ietekme ir mazāk būtiska (faktori, kas uzrāda kovariabilitāti) (Briffa, Cook, 1990).

#### 2.5.4. Zīmīgo gadu (Pointer-year) analīze

Zīmīgo gadu analīzei izmantoja modificētu *Skeleton-plot* metodi (Neuwirht, et al., 2004). Ar zīmīgo gadu apzīmē tās gadskārtas, kuras ievērojami atšķiras no tuvāko iepriekšējo gadu gadskārtām (Schweingruber, 1990). Analīzi veica katram parauglaukumam atsevišķi, kā arī kopīgi visiem parauglaukumiem. Katrai gadskārtu rindai konkrētā gadskārtu platuma vērtība tika salīdzināta ar vidējo gadskārtu platumu iepriekšējos piecos gados pēc formulas  $=(x_i-x_5)/x_5$ , kur  $x_i$  – konkrētā gada gadskārtas platums,  $x_5$  – iepriekšējo piecu gadu vidējais gadskārtu platums. Iegūtā atšķirība tika aizstāta ar intensitātes klasi pēc principa:

- -5. intensitātes klase, ja starpība mazāka par -0,8;
- -4. klase = -0,8 līdz -0,6;
- -3. klase = -0,6 līdz -0,4;
- -2. klase = -0,4 līdz -0,2;
- -1. klase = -0,2 līdz 0;
- 1. klase = 0 – 0,2;
- 2. klase = 0,2 – 0,4;
- 3. klase = 0,4 – 0,6;
- 4. klase = 0,6 – 0,8;
- 5. klase >0,8.

Zīmīgo gadu intensitātes vērtības visam parauglaukumam aprēķināja pēc formulas:

$$I = \frac{100}{k * n} \sum_{j=1}^k h_j * i_j, \text{ kur } k - \text{intensitātes klašu skaits (šajā gadījumā } 5); n - \text{kopējais koku}$$

skaits;  $h_j$  – koku skaits konkrētajā intensitātes klasē;  $i_j$  – intensitātes klases vērtība. Lai aprēķinātu zīmīgo gadu intensitātes vērtības kopā vairākiem parauglaukumiem, rēķināja vidējo vērtību no atsevišķu parauglaukumu intensitātes vērtībām.

Lai salīdzinātu zīmīgo gadu intensitātes vērtības un klimatiskos faktoros (veiktu korelācijas analīzi), klimatisko faktoru vērtības izteica kā standartnoviržu vienības, tas ir, katra konkrētā parametra vērtība (piemēram, mēneša vidējā gaisa temperatūra) tika aizstāta ar vērtību, ko iegūst atņemot vidējo vērtību analīzē aptvertajā periodā un dalot ar standartnovirzi šajā periodā. Analīzē iekļāva tikai tos gadus, kuros intensitātes vērtības bija virs 25% vai arī zem -25%.

#### 2.5.5. “Karsto dienu” analīze

Katrai meteoroloģiskajai stacijai tika aprēķināts dienu skaits gadā, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra pārsniedz 20°C. Šie dati tika salīdzināti ar atbilstošo parauglaukumu

hronoloģiju vērtībām, zīmīgo gadu vērtībām un būtisko zīmīgo gadu vērtībām (gadi, kuros intensitātes vērtības bija virs 25% vai zem -25%), veicot korelācijas analīzi (pie  $\alpha=0,05$ ).

### 2.5.6. Neparametriskā multiplikatīvā regresija

Lai noteiktu iespējamās klimatisko faktoru (vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu) savstarpējās mijiedarbības ietekmi uz gadskārtu hronoloģiju vērtību variēšanu, tika izmantota neparametriskās multiplikatīvās regresijas metode. Neparametriskā regresija līdzīgi kā lineārā regresija nosaka saistību starp rezultatīvo pazīmi un vienu vai vairākām faktoriālajām pazīmēm, bet netiek meklēti regresijas vienādojuma koeficienti, lai izveidotu vienu nemainīgu matemātisku vienādojumu visam analizētajam laika periodam. Tā vietā tiek mēģināts pielāgot attiecību starp faktoriālajām pazīmēm un rezultatīvo pazīmi katrā konkrētā punktā, un faktoriālās pazīmes ietekme ir atkarīga ne tikai no konkrētā faktora, bet arī no citu faktoru ietekmes uz rezultatīvo pazīmi, kā arī faktoriālo pazīmju savstarpējo saistību. Šajā gadījumā atbildes reakcijas noteikšanai katrā konkrētajā punktā tika izmantots lokālais lineārais modelis. Modeļa būtiskumu raksturo validētais determinācijas koeficients ( $xR^2$ ), kas atšķiras no klasiskā determinācijas koeficienta ar to, ka, aprēķinot validēto determinācijas koeficientu, katrs datu punkts tiek izslēgts no atbildes līmeņa novērtējuma pamata dotajā punktā. Tādējādi, ja ir vājš modelis, tad validētā determinācijas koeficienta vērtības var būt negatīvas. Hyperniche programmā ir iespējams izvēlēties četru veidu neparametriskās multiplikatīvās regresijas modeļus (NMRM), kuros tiek piemēroti dažādi lokālie modeļi, lai definētu kādas formas funkcija tiek piemērota aprēķinot vērtību katrā konkrētajā punktā, balstoties uz neatkarīgajiem mainīgajiem:

(a) sugu sastopamības NMRM – kā lokālais modelis tiek izmantota lokālā vidējā vērtība;

(b) lokālā vidējā NMRM – kā lokālais modelis tiek izmantota lokālā vidējā vērtība;

(c) lokālās lineārās regresijas NMRM – kā lokālais modelis tiek izmantota lokālā lineāra regresija;

(d) lokālās loģistiskās regresijas NMRM – kā lokālais modelis tiek izmantota lokālā loģistiskā regresija (McCune, 2006).

Šajā darbā tika izmantota lokālās lineārās regresijas NMRM. Rezultātu interpretācijai tika izmantoti 3D grafiki, kas attēlo saistību starp diviem klimatiskajiem faktoriem, un šīs saistības ietekmi uz gadskārtu platumu variēšanu.

Dotā analīze tika veikta visām parauglaukumu hronoloģijām. Kā faktoriālās pazīmes tika izmantoti: (a) aprīļa vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums, (b) rudens un ziemas vidējā gaisa temperatūra, (c) ziemas vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums parauglaukumam atbilstošajā meteoroloģiskajā stacijā.

### 3. Rezultāti

#### 3.1. Gadskārtu paraugi un hronoloģijas

Rendas, Sakas un Zaņas parauglaukumiem turpmākajām analīzēm izmantoja visus iegūtos gadskārtu paraugus, pārējiem parauglaukumiem daļu no paraugiem nevarēja izmantot turpmākām analīzēm, jo nebija iespējams tos precīzi šķērsdatēt ar pārējiem šī parauglaukuma kokiem, vai arī dotie paraugi saturēja pārāk īsas (zem 50 gadiem) datu rindas.

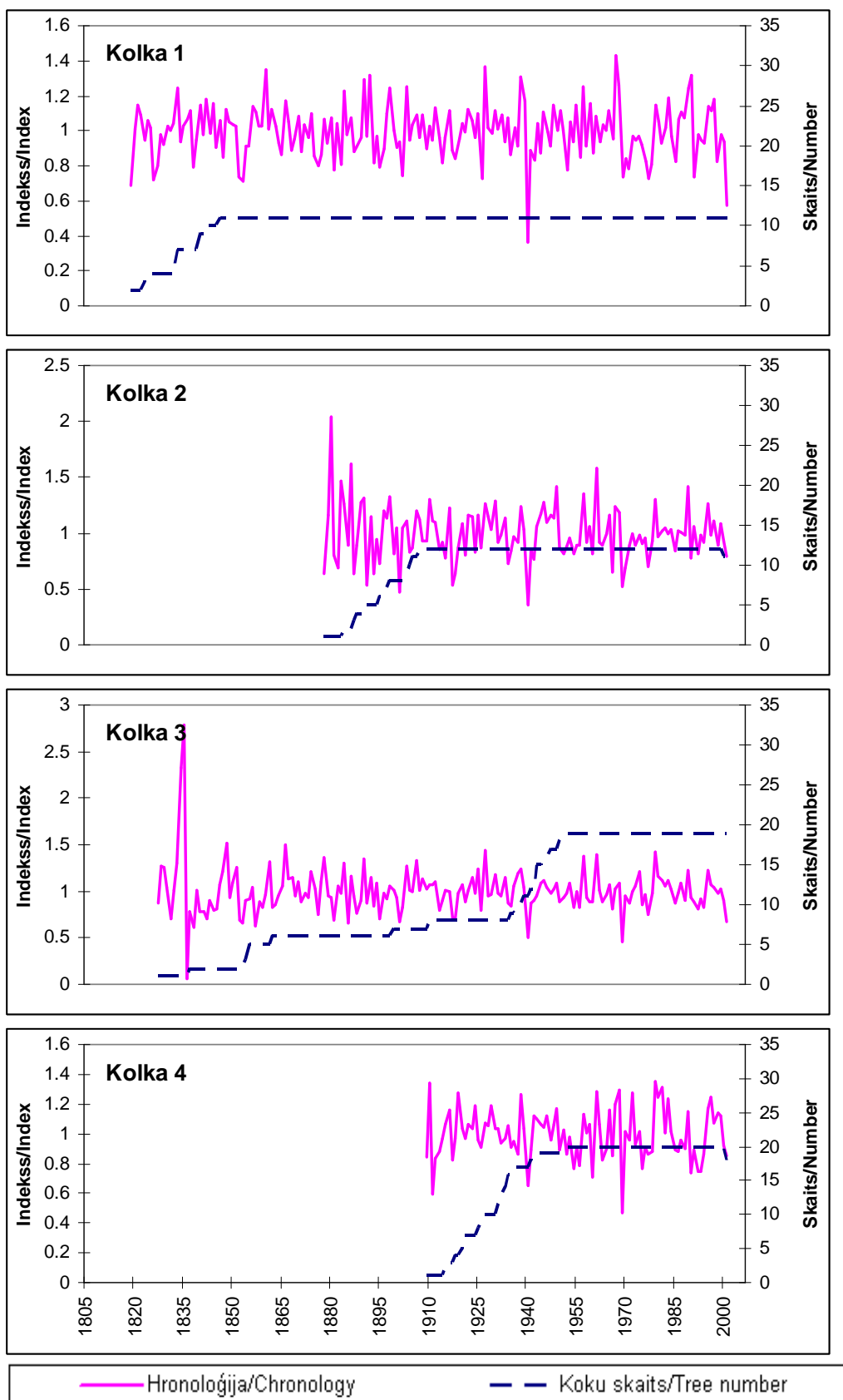
#### 3.1. tabula/ Table 3.1.

Parauglaukumu (koku skaits, koku vecums) un tiem atbilstošo hronoloģiju raksturojums (laika periods, vidējā vērtība, vidējā jutība).

Characteristics of sampling-sites (number of trees, tree age) and corresponding chronologies (time-span, mean value, mean sensitivity).

Parauglaukums/ Sampling-site	Koku skaits/ Number of trees	Koku vecums (gados)/ Tree age (years)	Hronoloģija/ Chronology		
			Laika periods/ Time-span	Vidējā vērtība/ Mean value	Vidējā jutība/ Mean sensitivity
Engure 1	14	113-140	1866.-2005.	0,991	0,151
Engure 2	18	71-193	1806.-2006.	0,994	0,192
Kolka 1	11	157-184	1819.-2001.	0,994	0,176
Kolka 2	12	96-126	1878.-2001.	0,996	0,274
Kolka 3	19	52-177	1827.-2001.	1,000	0,227
Kolka 4	20	61-94	1909.-2001.	0,997	0,187
Ķemerī	17	184-312	1691.-2001.	0,993	0,174
Renda	17	86-172	1834.-2004.	0,999	0,144
Saka	18	107-124	1883.-2005.	0,997	0,155
Spāre	18	70-107	1902.-2006.	0,999	0,182
Svirlauka	19	100-128	1875.-2001.	1,001	0,143
Zaņa	15	79-133	1873.-2004.	1,001	0,157
Kopējā/ Common	198	52-312	1691.-2006.	0,992	0,155

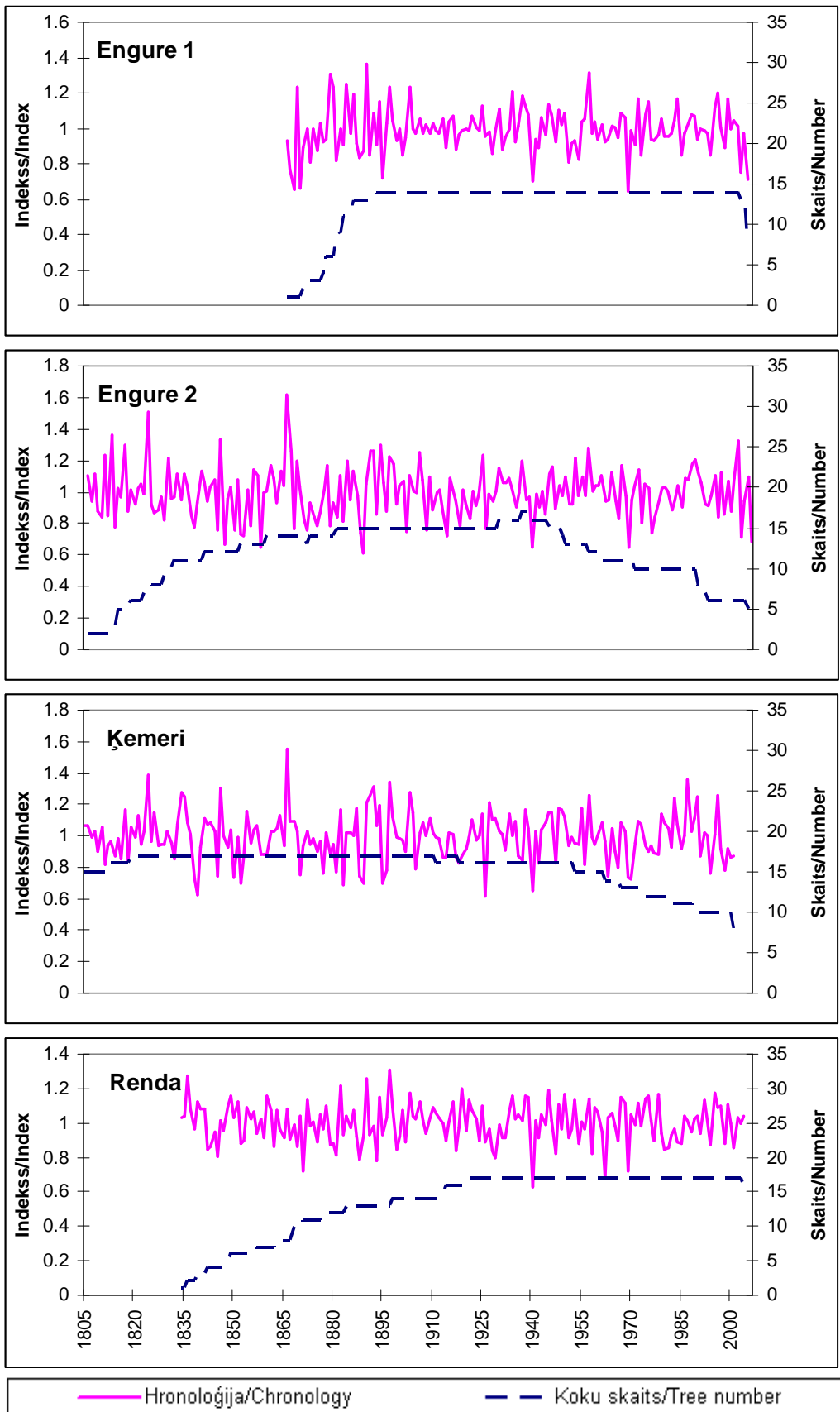
No 13 izveidotajām gadskārtu hronoloģijām, pati garākā ir kopējā hronoloģija (3.1. tabula), kuras garums ir 316 gadi, īsākā hronoloģija ir Kolka 4 parauglaukumam – 93 gadi (3.1. attēls). Mazākais koku skaits, kas iekļauts hronoloģijas veidošanā ir Kolka 1 parauglaukumam – 11 koki, lielākais koku daudzums iekļauts kopējā hronoloģijā – 191 koks. Zemākā vidējā jutība ir Svirlaukas parauglaukuma hronoloģijai (0,143) un augstākā vidējā jutība ir Kolka 2 parauglaukuma hronoloģijai (0,274).



**3.1. attēls./ Figure 3.1.**

Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3 un Kolka 4 hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.

Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3 and Kolka 4 chronology and number of trees included in chronology.

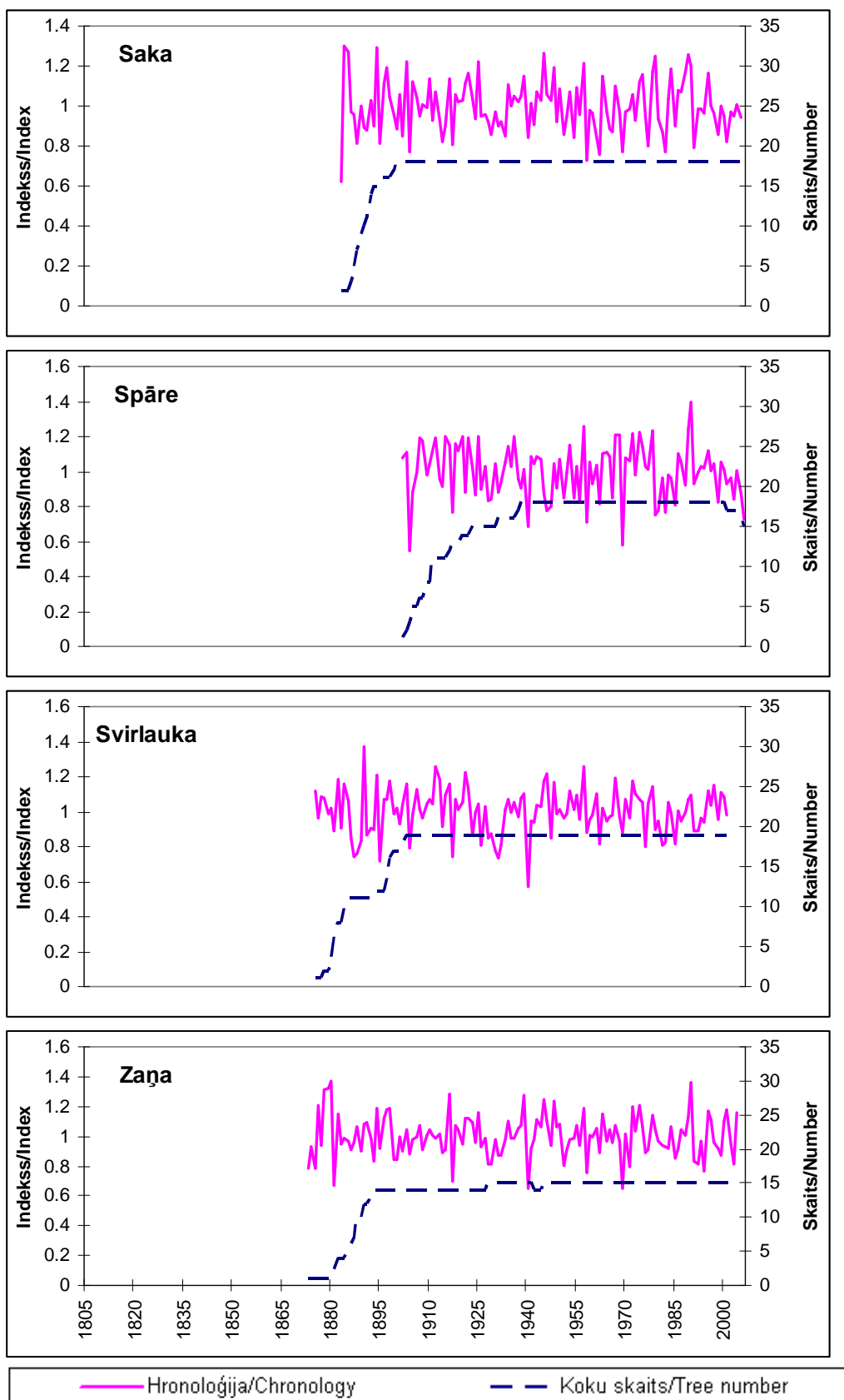


**3.2. attēls./ Figure 3.2.**

Engure 1, Engure 2, Ķemeri un Rendas hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.

Engure 1, Engure 2, Ķemeri and Renda chronology and number of trees included in chronology.





**3.3. attēls./ Figure 3.3.**

Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas hronoloģija un tajā iekļauto koku skaits.

Saka, Spāre, Svirlauka and Zaņa chronology and number of trees included in chronology.

Kopējai hronoloģijai ir tikai divi gadi jeb 1% no kopējā hronoloģijas garuma, kuros hronoloģijā iekļautas vērtības no visiem kokiem (tas ir laika periods, kurā pārklājas visu analizēto koku laika rindas), Engure 1 hronoloģijai 110 gadi jeb 79 % (3.2. attēls), Engure 2 hronoloģijai divi gadi jeb 1%, Ķemeru hronoloģijai 96 gadi jeb 31%, Kolka 1 hronoloģijai 156 gadi jeb 85% (3.1. attēls), Kolka 2 hronoloģijai 93 gadi jeb 75%, Kolka 3 hronoloģijai 51 gads jeb 29%, Kolka 4 hronoloģijai 50 gadi jeb 54%, Rendas hronoloģijai 84 gadi jeb 49%, Sakas hronoloģijai 106 gadi jeb 85% (3.3. attēls), Spāres hronoloģijai 63 gadi jeb 59%, Svirlaukas hronoloģijai 99 gadi jeb 78%, Zaņas hronoloģijai 74 gadi jeb 56%.

### **3.2. Klimatisko faktoru analīze**

Korelācijas analīze parāda, ka starp vidējām gaisa temperatūrām Rīgas meteoroloģiskajā stacijā un citās meteoroloģiskajās stacijās ir augsta saistība – zemākā korelācija ir  $r=0,807$  (starp Kolkas un Rīgas staciju datiem maijā) (3.2. tabula). Augstākā korelācija ir starp Rīgas un Stendes meteoroloģisko staciju vidējo gaisa temperatūru datiem (0,975) un zemākā korelācija ir starp Rīgas un Kolkas meteoroloģisko staciju datiem (0,920). Nokrišņu daudzuma gadījumā korelācija ir zemāka nekā gaisa temperatūrām, korelācijas koeficienti ir no 0,386 līdz 0,933 (visos gadījumos statistiski būtiski). Zemākā korelācija ir starp nokrišņu summām Liepājā (vidēji 0,572), Kolkā (0,604), Stendē (0,646) un nokrišņu summu Rīgā. Augstākā vidējā korelācija ir starp Jelgavas un Rīgas meteoroloģisko staciju nokrišņu datiem.

#### **3.2.1. Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksi**

Korelācijas analīze parāda, ka statistiski būtiska saistība starp NAO indeksiem un atbilstošajām vidējām gaisa temperatūrām visos gadījumos ir Rīgas un Jelgavas meteoroloģiskajām stacijām (3.3. tabula), citām stacijām vismaz kādā no mēnešiem vai apkopotajiem periodiem nav novērojama statistiski būtiska korelācija. Augstākie korelācijas koeficienti ir starp NAO indeksiem un vidējām gaisa temperatūrām oktobrī, janvārī, februārī, martā, rudenī un ziemā. Zemākie korelācijas koeficienti ir aprīlī, jūlijā, augustā un vasarā.

### 3.2. tabula/ Table 3.2.

Pīrsona korelācijas koeficienti ( $r$ ) starp Rīgas meteoroloģiskās stacijas klimatiskajiem datiem (vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu daudzums) un citu meteoroloģisko staciju (Liepāja, Saldus, Kolka, Mērsrags, Stende un Jelgava) datiem. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) (Korelācija ir statistiski būtiska visos gadījumos.)

Pearson correlation ( $r$ ) coefficients between climatic data (mean air temperature and precipitation sum) of Riga meteorological station and data of other meteorological stations (Liepāja, Saldus, Kolka, Mērsrags, Stende and Jelgava). (Autumn – from previous year September till November; winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year.) (Correlation is statistically significant in all cases.)

	Liepāja	Saldus	Kolka	Mērsrags	Stende	Jelgava
Vidējā gaisa temperatūra/ Mean air temperature						
Oktobris/ October	0,954	0,973	0,971	0,974	0,987	0,975
Novembris/ November	0,956	0,958	0,961	0,977	0,985	0,985
Decembris/ December	0,956	0,982	0,968	0,963	0,980	0,987
Janvāris/ January	0,975	0,995	0,985	0,987	0,990	0,990
Februāris/ February	0,982	0,995	0,987	0,987	0,995	0,988
Marts/ March	0,959	0,984	0,872	0,960	0,979	0,972
Aprīlis/ April	0,938	0,980	0,871	0,899	0,982	0,973
Maijs/ May	0,904	0,972	0,807	0,812	0,978	0,969
Jūnijs/ June	0,852	0,956	0,885	0,887	0,958	0,939
Jūlijs/ July	0,918	0,968	0,884	0,902	0,959	0,933
Augusts/ August	0,922	0,965	0,900	0,920	0,954	0,931
Septembris/ September	0,912	0,981	0,952	0,951	0,973	0,935
Rudens/ Autumn	0,927	0,970	0,953	0,966	0,980	0,954
Ziema/ Winter	0,971	0,994	0,987	0,983	0,992	0,981
Pavasaris/ Spring	0,944	0,977	0,865	0,909	0,977	0,962
Vasara/ Summer	0,879	0,941	0,850	0,853	0,933	0,876
Sezona/ Season	0,954	0,975	0,950	0,954	0,973	0,925
Nokrišņu daudzums/ Precipitation sum						
Oktobris/ October	0,640	0,730	0,682	0,790	0,735	0,784
Novembris/ November	0,603	0,607	0,745	0,743	0,704	0,838
Decembris/ December	0,626	0,709	0,672	0,765	0,768	0,817
Janvāris/ January	0,707	0,680	0,557	0,664	0,667	0,675
Februāris/ February	0,676	0,661	0,701	0,671	0,587	0,803
Marts/ March	0,624	0,619	0,664	0,692	0,524	0,821
Aprīlis/ April	0,658	0,827	0,698	0,775	0,751	0,933
Maijs/ May	0,568	0,680	0,581	0,724	0,645	0,811
Jūnijs/ June	0,465	0,463	0,650	0,607	0,528	0,774
Jūlijs/ July	0,386	0,494	0,406	0,621	0,663	0,732
Augusts/ August	0,494	0,649	0,474	0,758	0,577	0,802
Septembris/ September	0,515	0,682	0,553	0,654	0,644	0,766
Rudens/ Autumn	0,629	0,660	0,687	0,755	0,678	0,802
Ziema/ Winter	0,549	0,581	0,556	0,595	0,629	0,642
Pavasaris/ Spring	0,559	0,708	0,571	0,691	0,563	0,820
Vasara/ Summer	0,545	0,694	0,520	0,697	0,700	0,770
Sezona/ Season	0,481	0,631	0,551	0,638	0,612	0,628

### 3.3. tabula/ Table 3.3.

Pīrsona korelācijas koeficienti (r) starp Ziemeļatlantijas oscilāciju (NAO) indeksu vērtībām un vidējām gaisa temperatūrām Rīgā, Liepājā, Saldū, Kolkā, Mērsragā, Stendē un Jelgavā. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.)

Pearson correlation coefficients (r) between values of North Atlantic Oscillation indices and mean air temperature in Rīga, Liepāja, Saldus, Kolka, Mērsrags, Stende and Jelgava. (Autumn – from previous year September till November; winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year.)

	Rīga	Liepāja	Saldus	Kolka	Mērsrags	Stende	Jelgava
Oktobris/ October	0,548**	0,447**	0,456**	0,512**	0,466**	0,544**	0,537**
Novembris/ November	0,443**	0,318**	0,318*	0,332**	0,374**	0,378**	0,405**
Decembris/ December	0,442**	0,297**	0,476**	0,426**	0,341**	0,479**	0,402**
Janvāris/ January	0,526**	0,493**	0,643**	0,506**	0,500**	0,527**	0,520**
Februāris/ February	0,511**	0,565**	0,622**	0,570**	0,544**	0,610**	0,559**
Marts/ March	0,639**	0,581**	0,598**	0,565**	0,617**	0,611**	0,619**
Aprīlis/ April	0,317**			0,253*		0,294**	0,292**
Maijs/ May	0,414**	0,243*			0,341**	0,341**	0,386**
Jūnijs/ June	0,294**	0,240*	0,298*	0,404**	0,279**	0,360**	0,312**
Jūlijs/ July	0,181*				0,198*		0,175*
Augusts/ August	0,348**	0,268**			0,252**	0,230*	0,323**
Septembris/ September	0,470**	0,437**	0,433**	0,465**	0,455**	0,542**	0,514**
Rudens/ Autumn	0,549**	0,503**	0,495**	0,539**	0,570**	0,603**	0,563**
Ziema/ Winter	0,535**	0,536**	0,640**	0,570**	0,513**	0,610**	0,553**
Pavasaris/ Spring	0,544**	0,418**		0,304**	0,429**	0,423**	0,505**
Vasara/ Summer	0,275**	0,235*		0,228*	0,286**		0,260**
Sezona/ Season	0,460**	0,422**	0,479**	0,494**	0,458**	0,538**	0,495**

\* - korelācija statistiski būtiska pie  $\alpha=0,05$ ; correlation statistically significant at  $\alpha=0,05$  level;

\*\* - korelācija statistiski būtiska pie  $\alpha=0,01$ ; correlation statistically significant at  $\alpha=0,01$  level;

Novembra, decembra, maija, jūnija, rudens un pavasara nokrišņu daudzumam nav statistiski būtiskas korelācijas ar atbilstošā mēneša NAO indeksa vērtībām nevienā no meteoroloģiskajām stacijām (3.4. tabula). Jelgavas meteoroloģiskajā stacijā neviena mēneša nokrišņu daudzums neuzrāda statistiski būtisku korelāciju ar NAO indeksa vērtībām. Marta nokrišņu daudzums uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar NAO indeksa vērtībām piecās

meteoroloģiskajās stacijās; janvāra, jūlija un ziemas nokrišņu daudzums trijās meteoroloģiskajās stacijās.

### 3.4. tabula/ Table 3.4.

Pīrsona korelācijas koeficienti (r) starp Ziemeļatlantijas oscilāciju (NAO) indeksu vērtībām un nokrišņu daudzumu Rīgā, Liepājā, Saldū, Kolkā, Mērsragā, Stendē un Jelgavā. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.)

Pearson correlation coefficients (r) between values of North Atlantic Oscillation indices and precipitation sum in Rīga, Liepāja, Saldus, Kolka, Mērsrags, Stende and Jelgava. (Autumn – from previous year September till November; winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year.)

	Rīga	Liepāja	Saldus	Kolka	Mērsrags	Stende	Jelgava
Oktobris/ October	-0,162*						
Novembris/ November							
Decembris/ December							
Janvāris/ January		0,220*	0,420**			0,350**	
Februāris/ February			0,399**			0,375**	
Marts/ March		0,231*	0,445**	0,225*	0,275**	0,437**	
Aprīlis/ April	0,189*						
Maijs/ May							
Jūnijs/ June							
Jūlijs/ July			0,308**	0,229*		0,282*	
Augusts/ August	-0,196*						
Septembris/ September	-0,165*						
Rudens/ Autumn							
Ziema/ Winter		0,243*	0,434**			0,299**	
Pavasaris/ Spring							
Vasara/ Summer			0,279*				
Sezona/ Season			0,258*				

\* - korelācija statistiski būtiska pie  $\alpha=0,05$ ; correlation statistically significant at  $\alpha=0,05$  level;

\*\* - korelācija statistiski būtiska pie  $\alpha=0,01$ ; correlation statistically significant at  $\alpha=0,01$  level;

### 3.5. tabula/ Table 3.5.

Statistiski būtiskās atšķirības (apzīmētas ar \*, pie  $\alpha=0,05$ ) starp 30 gadu laika periodiem ar augstāko un zemāko vidējo gaisa temperatūru un augstāko un zemāko vidējo nokrišņu daudzumu Jelgavas, Kolkas, Liepājas, Mērsraga, Rīgas, Saldus un Stendes meteoroloģiskajās stacijās. (Rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim.) (Būtiskās atšķirības noteiktas pēc *Mann-Whitney U* testa.)

Statistically significant differences (marked with \*, at  $\alpha=0,05$ ) between 30 time periods with the lowest and highest mean air temperature and with the lowest and highest mean precipitation sum at Jelgava, Kolka, Liepāja, Mērsrags, Rīga, Saldus and Stende meteorological station. (Autumn – from previous year September till November; winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year.) (Significant differences determined by *Mann-Whitney U* test.)

	Vidējā gaisa temperatūra/ Mean air temperature							Nokrišņu daudzums/ Precipitation sum						
	Jelgava	Kolka	Liepāja	Mērsrags	Rīga	Saldus	Stende	Jelgava	Kolka	Liepāja	Mērsrags	Rīga	Saldus	Stende
Oktobris/ October			*	*	*					*	*			*
Novembris/ November								*	*	*	*	*	*	*
Decembris/ December			*	*	*			*	*		*	*	*	*
Janvāris/ January	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*
Februāris/ February		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Marts/ March	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Aprīlis/ April	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*		*
Maijs/ May	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
Jūnijs/ June			*	*	*			*	*	*	*	*		*
Jūlijs/ July	*	*	*	*			*					*		*
Augusts/ August	*	*	*	*	*			*	*			*		
Septembris/ September	*	*	*	*	*							*		
Rudens/ Autumn			*	*	*			*	*	*	*	*		*
Ziema/ Winter	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*
Pavasaris/ Spring	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*		*
Vasara/ Summer	*	*			*			*	*		*	*		*
Sezona/ Season	*		*	*	*	*	*	*	*		*		*	*

### **3.2.2. Klimata izmaiņas**

Visās meteoroloģiskajās stacijās ir novērojams kopīgs laika periods (ar nobīdi līdz pieciem gadiem, izņemot Saldus meteoroloģisko staciju, kurai ir īsāka datu rinda), kurā novērojamas maksimālās oktobra, janvāra, februāra, marta, aprīļa, maija, jūnija, ziemas, pavasara un sezonas vidējās gaisa temperatūras (13., 14., 15. pielikums), toties minimālo vidējo gaisa temperatūru laika periodi sakrīt janvāra, februāra, marta mēnešiem un pavasarim. Nokrišņu summas gadījumā kopīgs periods ir novembra un jūnija minimālajam vidējam nokrišņu daudzumam un rudens maksimālajam vidējam nokrišņu daudzumam (16., 17. 18. pielikums).

Laika periodā no 1901. līdz 2004. gadam visās analizētajās meteoroloģiskajās stacijās statistiski būtiski ir mainījušās janvāra, marta, maija, ziemas un pavasara vidējās gaisa temperatūras, kā arī novembra, februāra un marta nokrišņu daudzums (3.5. tabula). Visās stacijās statistiski būtiskas izmaiņas nav novembra vidējam gaisa temperatūrām. Nav tādas stacijas, kurā būtu novērojama statistiski būtiska izmaiņas visos 17 nokrišņu vai vidējās gaisa temperatūras rādītājos. Liepājas un Rīgas meteoroloģiskajās stacijās statistiski būtiskas izmaiņas ir 15 vidējās gaisa temperatūras faktoriem, Rīgas un Stendes meteoroloģiskajās stacijās – 15 vidējā nokrišņu daudzuma faktoriem. Saldus meteoroloģiskajā stacijā statistiski būtiskas izmaiņas ir astoņiem vidējās gaisa temperatūras un astoņiem vidējā nokrišņu daudzuma faktoriem.

### **3.3. Klimatisko faktoru un hronoloģiju korelācija**

#### **3.3.1. Nokrišņu daudzuma un hronoloģiju korelācija**

Ja korelācijas analīzi starp hronoloģiju vērtībām un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas nokrišņu daudzumu veic par visu laika periodu, kurā pieejami gan nokrišņu, gan hronoloģiju dati, tad Engure 1, Kolka 1, Rendas, Svirlaukas parauglaukumu un kopējai hronoloģijai nav statistiski būtiskas korelācijas ar kāda mēneša vai apkopotā laika perioda nokrišņu daudzumu (3.6. tabula). Kolka 4, Ķemeru un Spāres parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija tikai ar viena mēneša nokrišņu daudzumu. Kolka 2 parauglaukuma hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar četriem mēnešu vai apkopotu laika periodu nokrišņu daudzumiem, kas ir augstākais rādītājs.

No 17 mēnešiem un apkopotajiem laika periodiem, tikai astoņiem ir statistiski būtiska korelācija ar kādu no hronoloģijām. No šiem astoņiem, februāra un septembra mēnešu un pavasara nokrišņu daudzumam ir statistiski būtiska korelācija ar vienu hronoloģiju, vasaras

nokrišņu daudzumam ar piecām hronoloģijām. Augstākais korelācijas koeficients ( $r=0,384$ ) ir starp nokrišņu daudzumu jūnijā un Kolka 2 parauglaukuma hronoloģiju.

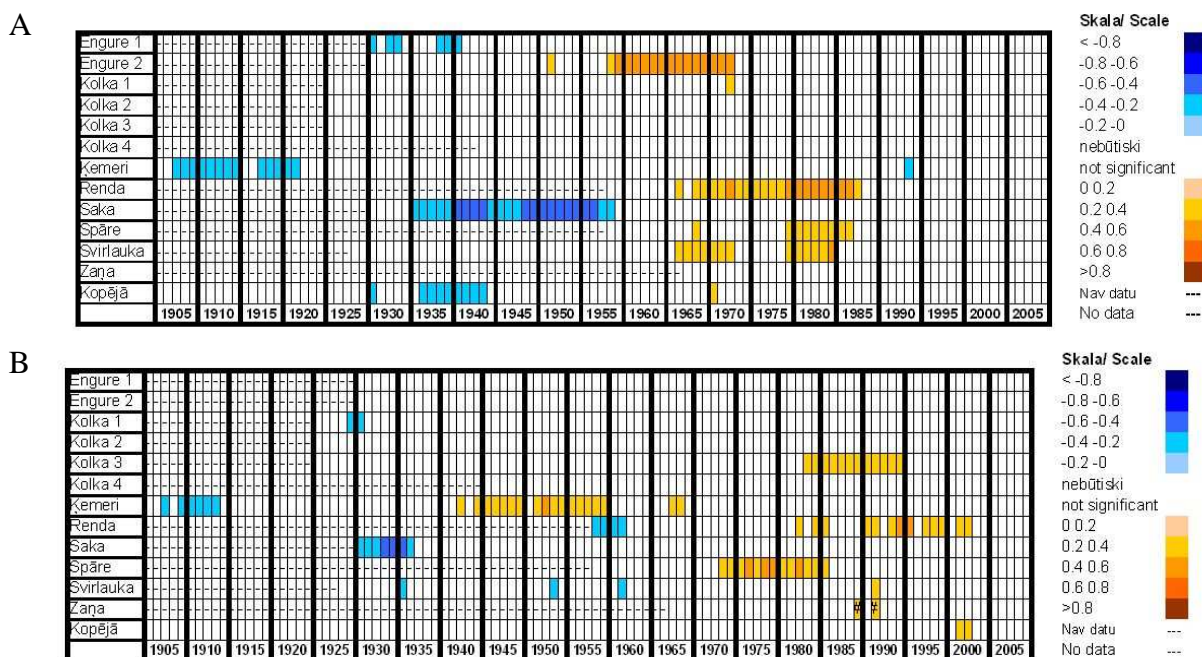
### 3.6. tabula/ Table 3.6.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp parauglaukumu, kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas nokrišņu summām (pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between sampling-sites, common chronology and precipitation sum in corresponding meteorological station (spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August; season – from previous year October till September of observation year).

Hronoloģija/ Chronology	Laika periods/ Time period	Februāris/ February	Maijs/ May	Jūnijs/ June	Augusts/ August	Septembris/ September	Pavasaris/ Spring	Vasara/ Summer	Sezona/ Season
Engure 1	1896.-2004.								
Engure 2	1896.-2004.	0,193						0,233	0,197
Kolka 1	1891.-2001.								
Kolka 2	1891.-2001.		0,192	0,384			0,198	0,228	
Kolka 3	1891.-2001.			0,229				0,208	
Kolka 4	1909.-2001.			0,313					
Ķemeri	1851.-2001.		0,227						
Renda	1924.-2004.								
Saka	1896.-2005.				0,201			0,231	
Spāre	1924.-2004.					0,241			
Svirlauka	1895.-2001.								
Zaņa	1933.-2004.				0,248			0,324	0,336
Kopējā/ Common	1851.-2003.								



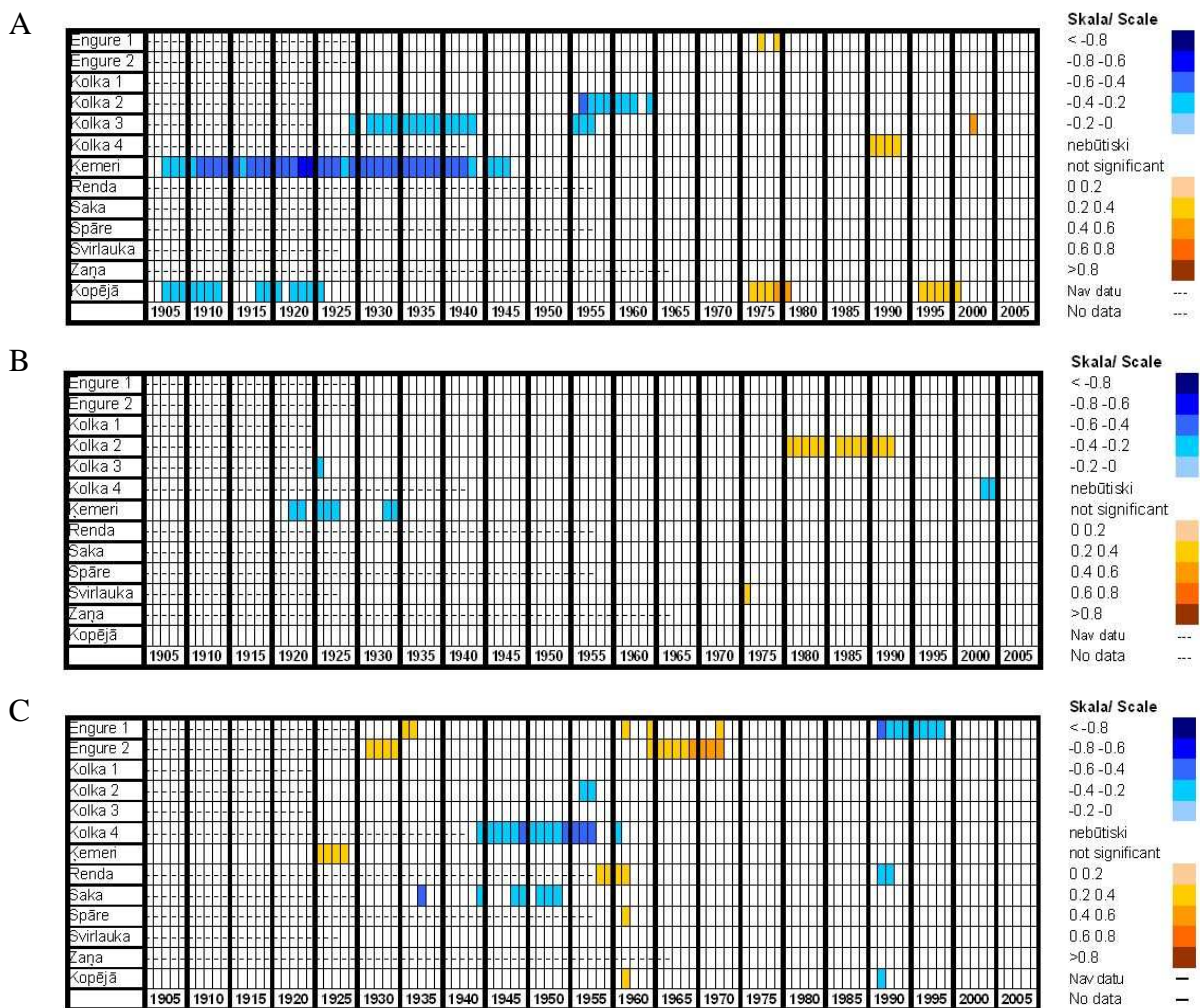


### 3.4. attēls/ Figure 3.4.

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) oktobra un (B) novembra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) October and (B) November precipitation sum at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Tikai Ķemeru, Rendas un Spāres parauglaukumu hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar oktobra un novembra nokrišņu daudzumu vairāk kā 10% no laika periodu (3.4. attēls), pie tam laika periodi starp šiem parauglaukumiem gandrīz nesakrīt. Sakas parauglaukuma hronoloģijai ir negatīva statistiski būtiska korelācija ar abu mēnešu nokrišņu daudzumu. Kolka 4 parauglaukuma hronoloģijai nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar novembra, ne ar oktobra nokrišņu daudzumu nevienā no 30 gadu laika periodiem.

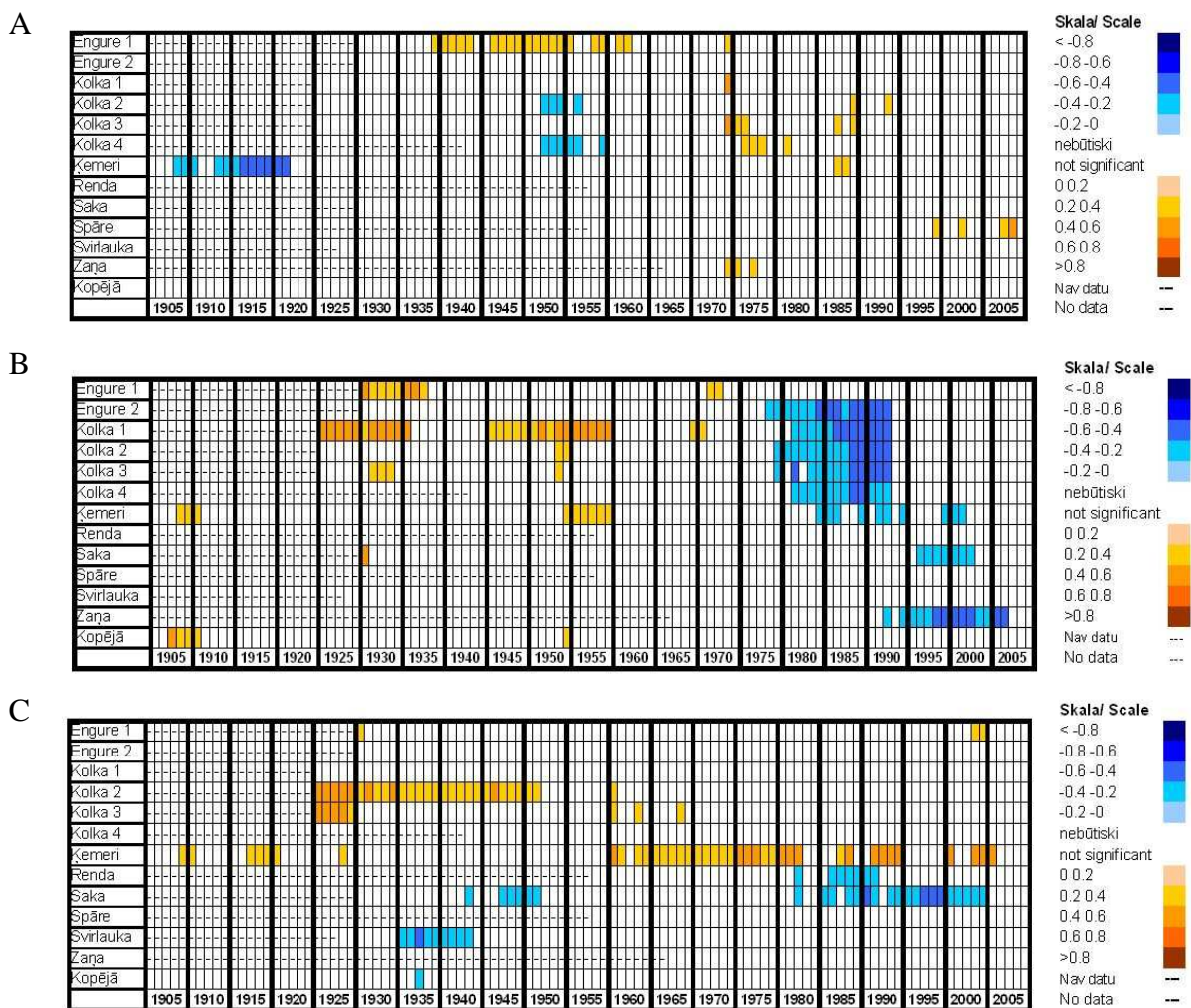


**3.5. attēls/ Figure 3.5.**

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) decembra, (B) janvāra un (C) februāra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) December, (B) January and (C) February precipitation sum at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Kolka 1, Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar kāda no ziemas mēnešu nokrišņu daudzumu ne vairāk kā 10% laika periodu (3.5. attēls). Ķemeru parauglaukuma hronoloģijai ir negatīva korelācija ar decembra nokrišņu daudzumu 40% no analizētajiem 30 gadu laika periodiem, turklāt šie laika periodi atrodas viens aiz otra. Janvāra nokrišņu daudzumam statistiski būtiska korelācija vairāk kā 10% no laika periodu ir tikai ar Kolka 2 parauglaukuma hronoloģiju, ar septiņu parauglaukumu hronoloģijām statistiski būtiskas korelācijas nav vispār.



### 3.6. attēls/ Figure 3.6.

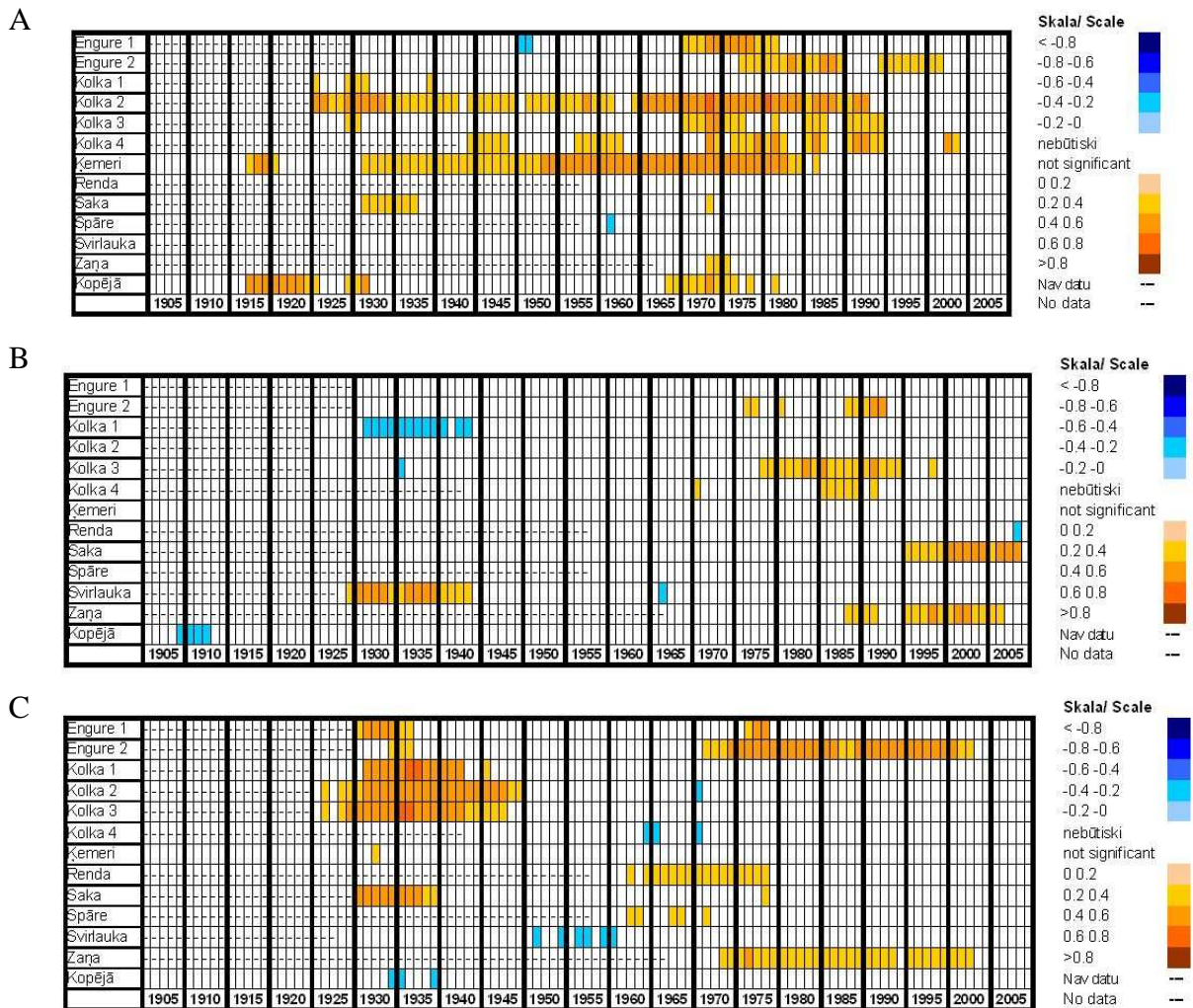
Korelācija starp parauglāukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) marta, (B) aprīļa un (C) maija nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) March, (B) April and (C) May precipitation sum at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Pavasara mēnešu (marta, aprīļa un maija) nokrišņu daudzumam ir statistiski būtiska korelācija ar visu parauglāukumu hronoloģijām vismaz vienā no šiem mēnešiem (3.6. attēls). Marta un maija mēnešu nokrišņu daudzumiem ir mazāks laika periodu skaits, kuros ir statistiski būtiska korelācija ar kādu no hronoloģijām, salīdzinot ar aprīļa mēneša nokrišņu daudzumu. Engure 2, Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4 un Ķemeru parauglāukuma hronoloģijām ir kopīgs laika periods, kurā ir statistiski būtiska negatīva korelācija ar aprīļa



nokrišņu daudzumu. Šie laika periodi daļēji sakrīt ar laiku, kad Rendas un Sakas parauglāukumu hronoloģijām ir negatīva korelācija ar maija nokrišņu daudzumu.



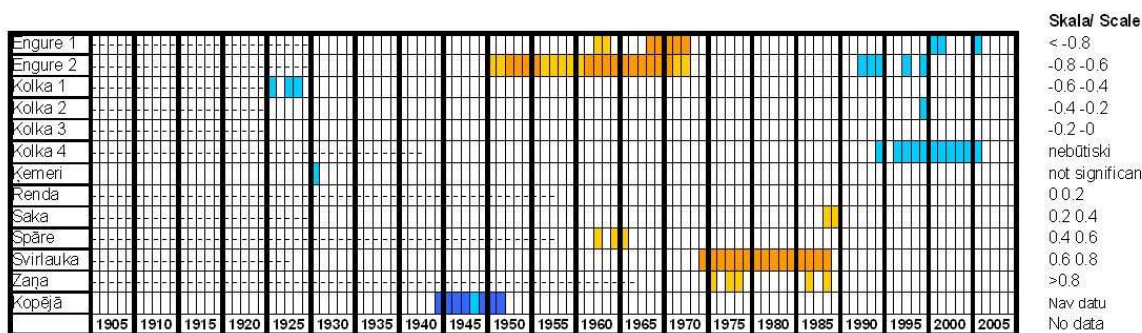
**3.7. attēls/ Figure 3.7.**

Korelācija starp parauglāukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) jūnija, (B) jūlija un (C) augusta nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) June, (B) July and (C) August precipitation sum at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Visu parauglāukumu hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar augusta nokrišņu daudzumu vismaz vienā 30 gadu laika periodā (3.7. attēls), ar jūnija nokrišņu daudzumu statistiski būtiskas korelācijas nav tikai Svirlaukas parauglāukuma hronoloģijai. Ķemeru un Kolka 2 parauglāukumu hronoloģijām laika periodi, kuros ir statistiski būtiska korelācija ar jūnija nokrišņu daudzumu, pārklājas. Engure 2, Kolka 3 un Kolka 4

parauglaukumu hronoloģijām ir kopīgi laika periodi, kuros novērojama statistiski būtiska pozitīva korelācija ar jūlija nokrišņu daudzumu. Kolka 1, Kolka 2 un Kolka 3 parauglaukumu hronoloģijām ir kopīgs laika periods, kurā ir statistiski būtiska korelācija ar augusta nokrišņu daudzumu. Daļēja laika periodu ar statistiski būtisku korelāciju ar hronoloģijām pārklāšanās ir arī starp visiem trīs vasaras mēnešiem.



**3.8. attēls/ Figure 3.8.**

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas septembra nokrišņu daudzumu 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station September precipitation sum at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Tikai Engure 1, Engure 2, Kolka 4, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar septembra nokrišņu daudzumu vismaz 10% no 30 gadu laika periodiem (3.8. attēls), un šie laika periodi sakrīt tikai daļēji. Gan Engure 1, gan Engure 2 parauglaukuma hronoloģijai statistiski būtiskā korelācija ar septembra nokrišņu daudzumu mainās no pozitīvās un negatīvo.

### 3.3.2. Vidējās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija

Analizējot laika periodu, kurā pieejami dati gan par hronoloģiju vērtībām, gan arī atbilstošo meteoroloģisko staciju vidējām gaisa temperatūrām, visas hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju vismaz ar viena mēneša vai apkopotā laika perioda vidējo gaisa temperatūru (3.7. tabula). Zemākais rādītājs ir Kolka 4 parauglaukuma hronoloģijai, kurai ir korelācija tikai ar divu mēnešu vidējām gaisa temperatūrām, augstākais rādītājs ir Svirlaukas parauglaukuma hronoloģijai, kurai ir korelācija ar deviņu mēnešu vai apkopoto laika periodu vidējām gaisa temperatūrām.

No 17 mēnešiem un apkopotajiem laika periodiem, 11 ir statistiski būtiska korelācija ar vismaz vienas hronoloģijas vērtībām. No šiem 11 mēnešiem un apkopotajiem laika periodiem, jūnija vidējām gaisa temperatūrām ir statistiski būtiska korelācija tikai ar Kēmeru

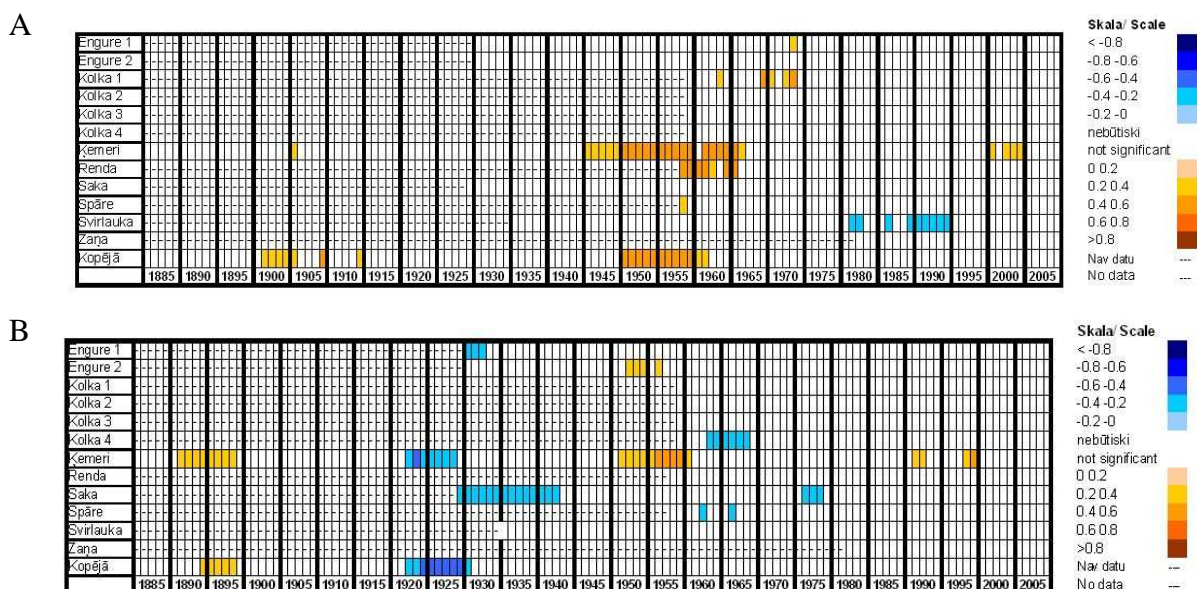
parauglaukuma hronoloģiju, kas vienlaicīgi ir arī zemākā negatīvā korelācija ( $r=-0,175$ ). Februāra, marta un sezonas vidējām gaisa temperatūrām ir statistiski būtiska korelācija ar 12 no 13 hronoloģijām. Augstākais korelācijas koeficients ( $r=0,506$ ) ir starp Rendas parauglaukuma hronoloģiju un vidējo gaisa temperatūru martā.

### 3.7. tabula/ Table 3.7.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp parauglaukumu, kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas vidējām gaisa temperatūrām (rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between sampling-sites, common chronology and mean air temperature in corresponding meteorological station (autumn – from previous year September till November; winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August; season – from previous year October till September of observation year).

Hronoloģija/ Chronology	Laika periods/ Time period	Janvāris/ January	Februāris/ February	Marts/ March	Aprīlis/ April	Jūnijs/ June	Augusts/ August	Septembris/ September	Ziema/ Winter	Pavasaris/ Spring	Vasara/ Summer	Sezona/ Season
Engure 1	1896.-2005.	0,230	0,391	0,341	0,194				0,314	0,315		0,373
Engure 2	1896.-2005.	0,220	0,256						0,279			0,309
Kolka 1	1925.-2001.		0,400	0,436	0,256		0,260	0,265	0,241	0,391		0,365
Kolka 2	1925.-2001.	0,353	0,415	0,401	0,290				0,383	0,383		0,395
Kolka 3	1925.-2001.	0,237	0,362	0,301					0,274	0,258		0,264
Kolka 4	1925.-2001.			0,250				0,286				
Ķemerī	1795.-2001.		0,282	0,266	0,155	-0,175			0,182	0,188		0,189
Renda	1923.-2004.		0,476	0,506	0,246		0,355		0,324	0,412	0,375	0,478
Saka	1895.-2004.		0,300	0,329	0,237					0,336	0,197	0,261
Spāre	1923.-2005.	0,258	0,425	0,415	0,276				0,391	0,354		0,407
Svirlauka	1875.-2001.	0,218	0,411	0,47	0,283		0,211		0,304	0,382	0,215	0,388
Zaņa	1948.-2004.		0,326	0,296						0,273		0,266
Kopējā/ Common	1795.-2001.	0,204	0,378	0,39	0,335			0,178	0,253	0,345		0,311



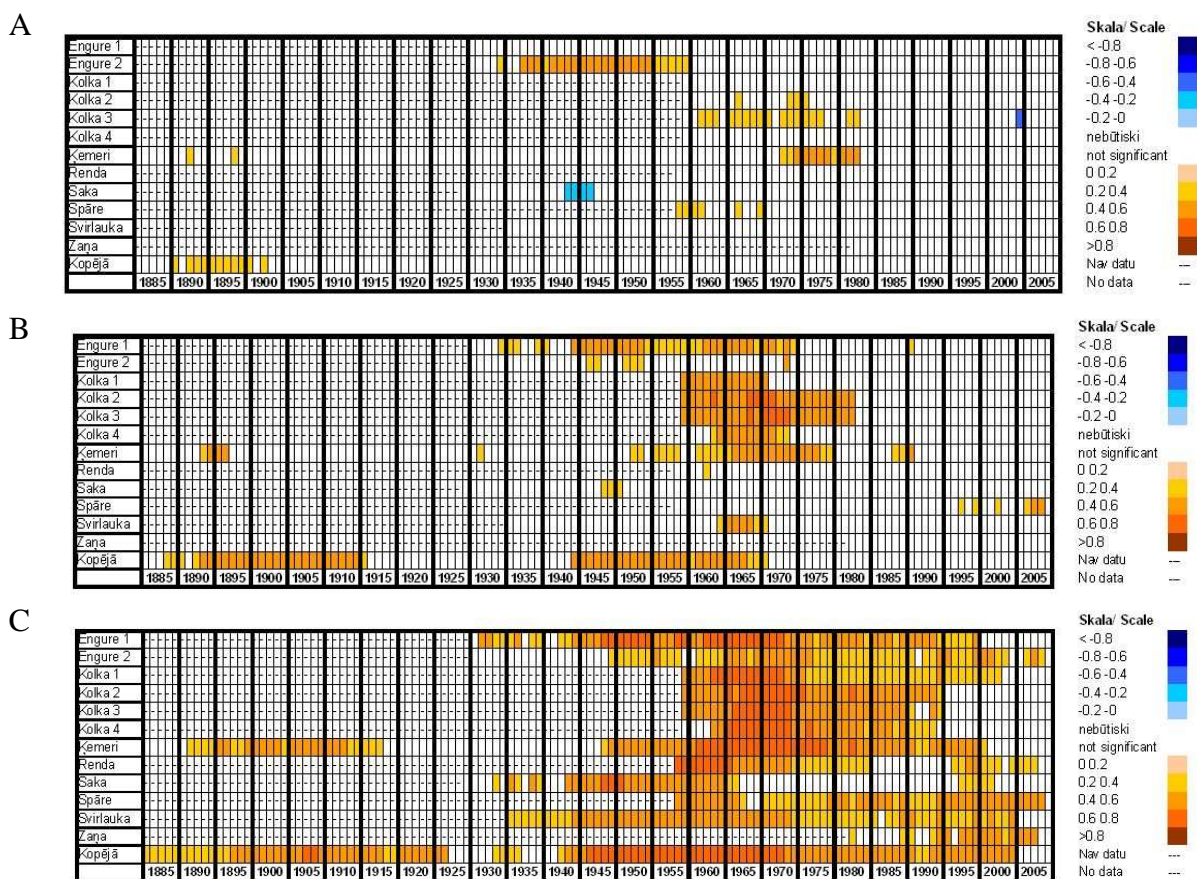
### 3.9. attēls/ Figure 3.9.

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) oktobra un (B) novembra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) October and (B) November mean air temperature at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Trīs parauglaukumu hronoloģijām nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar oktobra, ne ar novembra vidējo gaisa temperatūru (3.9. attēls). Ķemeru, Rendas parauglaukumu un kopējai hronoloģijai ir kopīgs laika periods, kurā ir statistiski būtiska korelācija ar oktobra vidējo gaisa temperatūru. Šajā laikā periodā Ķemeru hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija arī ar novembra vidējo gaisa temperatūru. Tikai Ķemeru, Kolka 4 un Sakas parauglaukumu un kopējai hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar vidējo novembra gaisa temperatūru vairāk nekā 10% no 30 gadu laika periodiem.





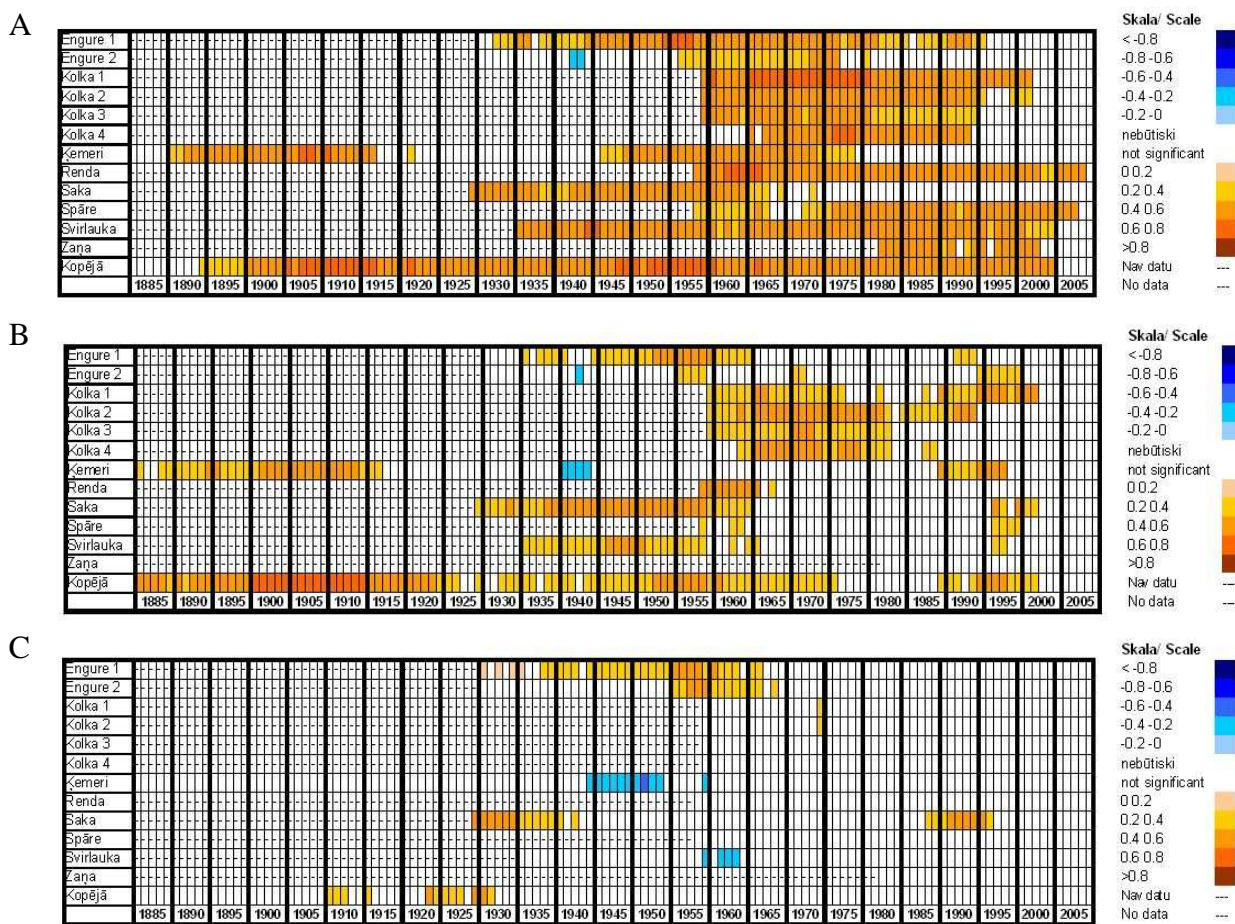
**3.10. attēls/ Figure 3.10.**

Korelācija starp parauglāukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) decembra, (B) janvāra un (C) februāra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) December, (B) January and (C) February mean air temperature at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Atšķirībā no janvāra un februāra vidējās gaisa temperatūras, decembra vidējai gaisa temperatūrai ir statistiski būtiska korelācija tikai ar septiņu parauglāukumu hronoloģiju (3.10. attēls), turklāt tikai četros gadījumos statistiski būtiska korelācija ir vairāk kā 10% no 30 gadu laika periodiem. Visām parauglāukumu (izņemot Zaņas) hronoloģijām pārklājas laika periodi, kuros ir statistiski būtiska korelācija gan ar janvāra, gan ar februāra vidējo gaisa temperatūru. Kolka 1, Spāres un Svirlaukas parauglāukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar Februāra vidējo gaisa temperatūru attiecīgi 96%, 96% un 99% laika periodu.



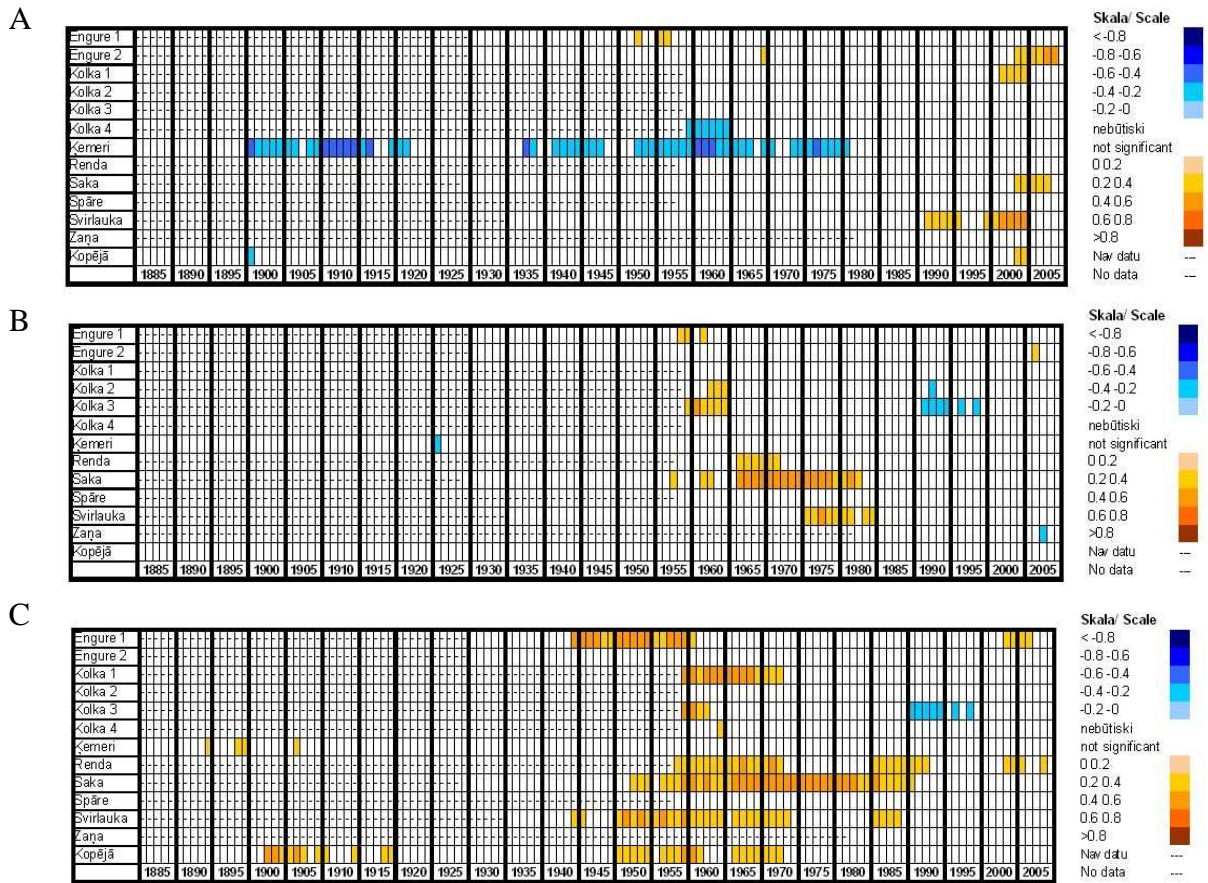


**3.11. attēls/ Figure 3.11.**

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) marta, (B) aprīļa un (C) maija vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) March, (B) April and (C) May mean air temperature at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Visu parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar marta vidējo gaisa temperatūru un 12 no 13 hronoloģijām ar aprīļa vidējo gaisa temperatūru (3.11. attēls), toties tikai Engure 1, Engure 2 un Sakas parauglaukuma hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar maija vidējo gaisa temperatūru vairāk kā 10% no 30 gadu laika periodiem. Rendas un Svirlaukas parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar marta vidējo gaisa temperatūru visos laika periodos, kuros veikta analīze. Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3 un Kolka 4 parauglaukumu hronoloģijām ir kopīgs laika periods, kurā ir statistiski būtiska korelācija gan ar marta, gan ar aprīļa vidējo gaisa temperatūru.



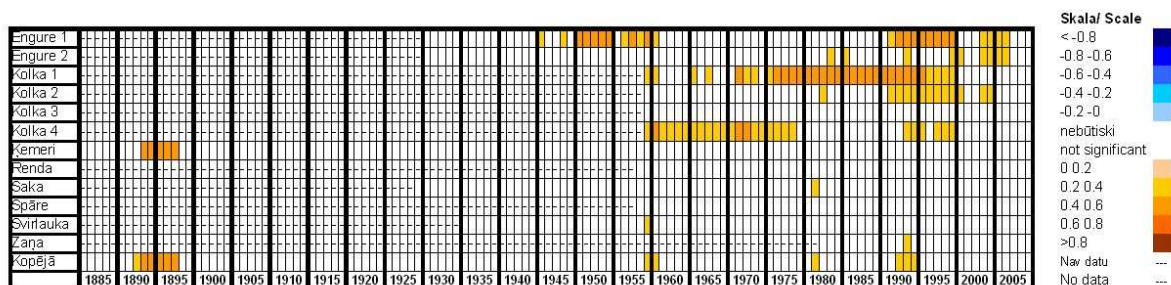
**3.12. attēls/ Figure 3.12.**

Korelācija starp parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas (A) jūnija, (B) jūlija un (C) augusta vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station (A) June, (B) July and (C) August mean air temperature at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

Jūnija un jūlija vidējām gaisa temperatūrām statistiski būtiska korelācija ar parauglaukumu hronoloģijām nav vispār, vai arī tikai dažos laika periodos (3.12. attēls), izņemot Ķemeru parauglaukuma hronoloģiju, kurai ir statistiski būtiska negatīva korelācija ar jūnija vidējo gaisa temperatūru 45% no 30 gadu laika periodiem, un Sakas parauglaukumu hronoloģiju, kurai ir statistiski būtiska korelācija ar jūlija vidējo gaisa temperatūru 25% no 30 gadu laika periodu. Kolka 1, Rendas, Sakas un Svirlaukas parauglaukumu hronoloģijām ir kopīgs laika periods, kurā ir statistiski būtiska korelācija ar augusta vidējo gaisa temperatūru. Kolka 3 parauglaukuma hronoloģija ir vienīgā, kurai ir gan pozitīva, gan negatīva statistiski būtiska korelācija ar augusta vidējo gaisa temperatūru.

Kolka 1 parauglāukuma hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar septembra vidējo gaisa temperatūru 70% no 30 gadu laika periodiem (3.13. attēls), un šie laika periodi daļēji pārklājas ar Engure 1, Kolka 2 un Kolka 4 parauglāukumu hronoloģijām. Nevienā laika periodā statistiski būtiskas korelācijas nav starp Kolka 3, Rendas un Spāres parauglāukumu hronoloģiju un septembra vidējo gaisa temperatūru.



**3.13. attēls/ Figure 3.13.**

Korelācija starp parauglāukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas septembra vidējo gaisa temperatūru 30 gadu laika periodos. (30 gadu laika perioda beidzamais gads norādīts katram piektajam laika periodam)

Correlation between sampling-site and common (Kopējā) chronology and corresponding meteorological station September mean air temperature at 30 years time periods. (Last year of the 30 year time period shown for every fifth time period)

### 3.3.3. Maksimālās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija

Korelācijas analīze maksimālajām gaisa temperatūrām un hronoloģijām varēja veikt tikai Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru un kopējai hronoloģijai, jo attiecīgi mēneša maksimālo gaisa temperatūru dati bija pieejami tikai Kolkas un Rīgas meteoroloģiskajām stacijām. Kolka 4 parauglāukuma hronoloģijai nav statistiski būtiskas korelācijas ar kāda no mēneša maksimālajām gaisa temperatūrām (3.8. tabula), Kolka 3 parauglāukuma hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija tikai ar februāra mēneša maksimālajām gaisa temperatūrām. Pārējām parauglāukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar trīs līdz piecu mēnešu vai apkopoto periodu maksimālajām gaisa temperatūrām. Augstākā korelācija ir starp kopējo hronoloģiju un marta maksimālo gaisa temperatūru ( $r=0,404$ ).



### 3.8. tabula/ Table 3.8.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas maksimālām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāma gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeri sampling-sites and common chronology and maximal air temperature in corresponding meteorological station (winter – from previous year December till February of observation year; summer – from June of observation year till August; season – from previous year October till observation year September).

	Kolka 1	Kolka 2	Kolka 3	Kolka 4	Ķemeri	Kopējā/ Common
Oktobris/ October	0,258					
Decembris/ December					0,245	
Janvāris/ January		0,244				
Februāris/ February	0,284	0,364	0,268		0,277	0,361
Marts/ March	0,273				0,227	0,404
Augusts/ August						0,246
Ziema/ Winter		0,251			0,336	0,259
Vasara/ Summer	0,247					
Sezona/ Season	0,247					

#### 3.3.4. Minimālās gaisa temperatūras un hronoloģiju korelācija

Tāpat kā maksimālajām gaisa temperatūrām, arī minimālajām gaisa temperatūrām korelācijas analīze tika veikta tikai Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru parauglaukumu un kopējai hronoloģijai. Kopējai hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija ar deviņu mēnešu vai apkopoto periodu minimālajām gaisa temperatūrām (3.9. tabula), kas ir augstākais rādītājs. Kolka 4 parauglaukuma hronoloģijai nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar vienu mēneša vai apkopotā perioda minimālajām gaisa temperatūrām, Ķemeru hronoloģijai

ir būtiska korelācija ar divām. Piecas no sešām hronoloģijām uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar februāra minimālajām gaisa temperatūrām. Ar februāra minimālo gaisa temperatūru novērojams arī augstākais korelācijas koeficients ( $r=0,542$ ) (kopējai hronoloģijai).

### 3.9. tabula/ Table 3.9.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru parauglaukumu un kopējo hronoloģiju un atbilstošās meteoroloģiskās stacijas minimālām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeri sampling-sites and common chronology and minimal air temperature in corresponding meteorological station (winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August; season – from previous year October till September of observation year).

	Kolka 1	Kolka 2	Kolka 3	Kolka 4	Ķemeri	Kopējā/ Common
Janvāris/ January		0,324				0,261
Februāris/ February	0,248	0,321	0,255		0,337	0,542
Marts/ March	0,242	0,371	0,253			0,352
Aprīlis/ April		0,235				0,234
Jūnijs/ June						0,277
Ziema/Winter		0,336	0,242			0,269
Pavasaris/ Spring	0,250	0,365	0,256			0,347
Vasara/ Summer						0,298
Sezona/ Season		0,358	0,232		0,225	0,247

### 3.4. Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa un hronoloģiju korelācija

Visas hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju vismaz ar kāda mēneša vai apkopotā perioda Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa (NAO) vērtībām (3.10. tabula). Statistiski būtiska korelācija nav starp hronoloģijām un decembra, aprīļa, jūnija, jūlija,

augusta, septembra, rudens un vasaras NAO indeksa vērtībām. Visām hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar ziemas NAO indeksa vērtībām, un šī korelācija visos gadījumos ir pozitīva. Negatīva korelācija ir starp Zaņas un Kolka 2 parauglaukumu hronoloģiju un novembra NAO indeksa vērtībām un starp Ķemeru un maija NAO indeksa vērtībām. Augstākā korelācija ( $r=0,373$ ) ir starp Rendas parauglaukuma hronoloģiju un marta NAO indeksa vērtībām. Engure 1, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumu hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar sešu mēnešu vai apkopoto periodu NAO indeksu vērtībām, Kolka 4 parauglaukuma hronoloģijai ir statistiski būtiska korelācija tikai ar ziemas NAO indeksa vērtībā.

### 3.10. tabula/ Table 3.10.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp parauglaukumu un kopējo hronoloģijām un Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa vērtībām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between sampling-site and common chronology North Atlantic oscillation index values (winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; season – from previous year October till September of observation year).

	Oktobris/ October	Novembris/ November	Janvāris/ January	Februāris/ February	Marts/ March	Maijs/ May	Ziema/Winter	Pavasaris/ Spring	Sezona/ Season
Engure 1	0,172		0,211	0,210			0,287	0,172	0,250
Engure 2			0,150				0,213		
Kolka 1				0,191	0,221		0,229		0,198
Kolka 2		-0,273	0,255	0,210			0,278		
Kolka 3				0,207			0,250		0,165
Kolka 4							0,216		
Ķemeri			0,134	0,131		-0,147	0,176		0,121
Renda				0,224	0,373		0,274	0,297	0,361
Saka				0,219	0,318		0,216	0,247	0,227
Spāre				0,212	0,277		0,280		
Svirlauka			0,199	0,238	0,325		0,311	0,232	0,300
Zaņa		-0,210		0,301	0,205		0,238	0,212	0,206
Kopējā/ Common			0,143	0,142	0,143		0,188		0,133

### 3.5. Zīmīgo gadu (Pointer-years) analīze

Lielākais kopējais zīmīgo gadu (ar intensitātes vērtībām virs 25% un zem -25%) skaits ir Ķemeru parauglaukumā – 105 (3.11. tabula), otrs lielākais skaits ir, rēķinot zīmīgos gadus visiem parauglaukumiem kopumā – 77 (3.14. attēls). Zemākais zīmīgo gadu skaits ir Kolka 4 parauglaukumā – tikai 34. Ja skata vidējo zīmīgo gadu skaitu katros desmit gados, tad lielākais rādītājs ir Kolka 2 parauglaukumam – 4,7, bet mazākais ir kopumā visiem parauglaukumiem – 2,5.

#### 3.11. tabula/ Table 3.11.

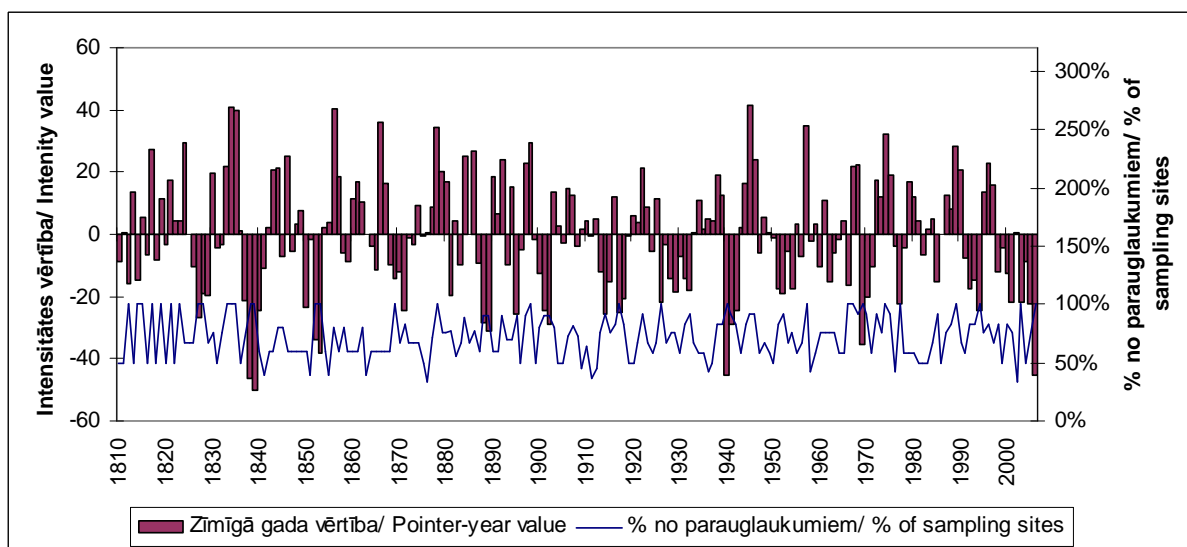
Pozitīvo, negatīvo, kopējais un vidēji 10 gados zīmīgo gadu (zīmīgo gadu intensitātes vērtība virs 25% vai zem -25%) skaits atsevišķos parauglaukumos un kopumā pētītajās teritorijās.

Number of positive, negative, total and average in 10 years pointer-years (pointer-year intensity value above 25% or below -25%) at sampling-sites and at whole analysed territory.

	Laika intervāls/ Time span	Zīmīgo gadu skaits/ Number of pointer-years			
		Pozitīvi/ Positive	Negatīvi/ Negative	Kopā/ Total	Vidēji 10 gados/ Average in 10 year
Engure 1	1870.-2005.	21	18	39	2,9
Engure 2	1810.-2006.	26	34	60	3,0
Ķemeri	1695.-2001.	61	44	105	3,4
Kolka 1	1823.-2001.	28	31	59	3,3
Kolka 2	1881.-2001.	25	32	57	4,7
Kolka 3	1830.-2001.	36	39	75	4,4
Kolka 4	1913.-2001.	14	20	34	3,8
Renda	1838.-2004.	18	35	53	3,2
Saka	1887.-2005.	17	22	39	3,3
Spāre	1906.-2006.	20	23	43	4,3
Svirlauka	1879.-2001.	25	20	45	3,7
Zaņa	1877.-2004.	22	17	39	3,0
Kopumā/ Common	1695.-2006.	41	36	77	2,5

Laika periodā no 1913. līdz 2001. gadam (periods, kurā pieejami zīmīgo gadu dati visiem parauglaukumiem) kopumā ir 11 gadi, kuros visi parauglaukumi uzrāda vienādas zīmes zīmīgā gada vērtību (iekļautas arī vērtības robežās no -25% līdz 25%) (3.28. attēls). No šiem 11 gadiem septiņi ir negatīvi (1917., 1926., 1940., 1966., 1969., 1977., 1994.) un četri pozitīvi (1957., 1967., 1974., 1989.). Nevienā no šiem gadiem, visos parauglaukumos zīmīgo

gadu intensitātes vērtības nav virs 25% vai zem -25%. 1940. un 1945. gadā vienpadsmit no divpadsmit parauglaukumos ir vienādas zīmes būtiskā zīmīgā gada vērtība.



**3.14. attēls./ Figure 3.14.**

Zīmīgo gadu intensitātes vērtības apvienojot visus parauglaukumus kopā un parauglaukumu procentuālais daudzums, kas uzrāda tādu pašu zīmīgā gada intensitātes vērtības zīmi kā kopējā zīmīgā gada vērtība.

Pointer-year intensity values for all sampling-sites together and percentage of sampling sites showing the same sign of pointer-year as common pointer-year value.

Neviena parauglaukuma un kopumā visiem parauglaukumiem zīmīgo gadu intensitātes vērtības neuzrāda statistiski būtisku korelāciju ar novembra, decembra, jūlija un rudens vidējām gaisa temperatūrām (3.12. tabula), vienpadsmit gadījumos statistiski būtiska korelācija ir ar februāra mēneša vidējo gaisa temperatūru. Kolka 4 parauglaukuma zīmīgo gadu vērtībām nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar vienu mēneša vai apkopotā laika perioda vidējām gaisa temperatūrām. Rendas, Sakas parauglaukumu un kopumā pa parauglaukumiem zīmīgo gadu vērtības neuzrāda statistiski būtisku korelāciju ne ar vienu mēneša vai apkopotā perioda nokrišņu daudzuma vērtībām (3.13. tabula). No tām mēnešu un apkopoto periodu nokrišņu daudzumu vērtībām, kas uzrāda statistiski būtisku korelāciju, šī korelācija novērojama ar vienu līdz trīs parauglaukumu zīmīgo gadu vērtībām. Zaņas parauglaukuma zīmīgo gadu intensitātes vērtībām ir statistiski būtiska korelācija ar četru mēnešu vai apkopoto periodu nokrišņu daudzumu vērtībām, kas ir augstākais rādītājs.



### 3.12. tabula/ Table 3.12.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp būtiskajām (intensitātes vērtības virs 25% vai zem  $-25\%$ ) zīmīgo gadu intensitātes vērtībām parauglaukumos un atbilstošo meteoroloģisko staciju vidējām gaisa temperatūrām (ziema – no iepriekšējā gada decembra līdz pētāmā gada februārim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between significant (intensity values greater than 25% or less than  $-25\%$ ) pointer-year intensity values at sampling-sites and mean air temperature at corresponding meteorological stations (winter – from previous year December till February of observation year; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year).

Parauglaukums/ Sampling site	Oktobris/ October	Janvāris/ January	Februāris/ February	Marts/ March	Aprīlis/ April	Maijs/ May	Jūnijs/ June	Augusts/ August	Septembris/ September	Ziema/ Winter	Pavasaris/ Spring	Vasara/ Summer	Sezona/ Season
Engure 1			0,580	0,490	0,425	0,468				0,470	0,602		0,585
Engure 2		0,476	0,409							0,464			0,470
Ķemeri			0,370										
Kolka 1			0,440	0,430							0,379		
Kolka 2		0,428	0,537	0,435						0,440	0,428		0,451
Kolka 3		0,356	0,505										
Kolka 4													
Renda			0,683	0,576	0,521			0,456	0,476	0,417	0,620		0,591
Saka							0,421					0,347	
Spāre	0,343		0,484	0,451	0,422					0,462	0,431		0,515
Svirlauka			0,515	0,573	0,411			0,395		0,360	0,517	0,359	0,547
Zaņa			0,556	0,544									
Kopumā/ Common			0,489	0,443	0,459								

### 3.13. tabula/ Table 3.13.

Statistiski būtiskā korelācija (Pīrsona korelācijas koeficients  $r$ ) (pie  $\alpha=0,05$ ) starp būtiskajām (intensitātes vērtības virs 25% vai zem -25%) zīmīgo gadu intensitātes vērtībām parauglaukumos un atbilstošo meteoroloģisko staciju nokrišņu summu (rudens – no iepriekšējā gada septembra līdz novembrim; pavasaris – no pētāmā gada marta līdz maijam; vasara – no pētāmā gada jūnija līdz augustam; sezona – no iepriekšējā gada oktobra līdz pētāmā gada septembrim).

Cases of statistically significant correlation (Pearson correlation coefficient  $r$ ) (at  $\alpha=0,05$ ) between significant (intensity values greater than 25% or less than -25%) pointer-year intensity values at sampling-sites and precipitation sum at corresponding meteorological stations (autumn – from previous year September till November; spring – from March of observation year till May; summer – from June of observation year till August season – from previous year October till September of observation year).

Parauglaukums/ Sampling site	Decembris/ December	Februāris/ February	Marts/ March	Maijs/ May	Jūnijs/ June	Jūlijs/ July	Septembris/ September	Rudens/ Autumn	Pavasaris/ Spring	Vasara/ Summer	Sezona/ Season
Engure 1			0,458						0,430		
Engure 2					0,534						
Ķemeri						0,325				0,329	
Kolka 1											
Kolka 2				0,279	0,410				0,320		
Kolka 3					0,423						
Kolka 4	0,345				0,595						
Renda											
Saka											
Spāre							0,359				
Svirlauka		0,494						-0,341			
Zaņa					0,435	0,458				0,562	0,545
Kopumā/ Common											

### 3.6. Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotā hronoloģiju vērtību variēšana

Atbilstoši “atbildes funkcijas” analīzei no 24 klimatiskajiem faktoriem, kas tika izmantoti analīzei (mēnešu vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu daudzums), tikai vienpadsmit uzrādīja statistiski būtisku saistību ar kādas hronoloģijas vērtību variēšanu (3.14. tabula). Šie faktori ir februāra, marta, aprīļa, jūnija, augusta un septembra vidējās gaisa temperatūras un oktobra, jūnija, jūlija, augusta, septembra nokrišņu daudzums. Vienai hronoloģijai būtisko klimatisko faktoru skaits variē robežās no viena (Engure 2 un Kolka 3 parauglaukumu hronoloģijas) līdz trīs (Kolka 1, Kolka2, Kolka 4, Sakas, Spāres, Zaņas parauglaukumu un kopējā hronoloģija).

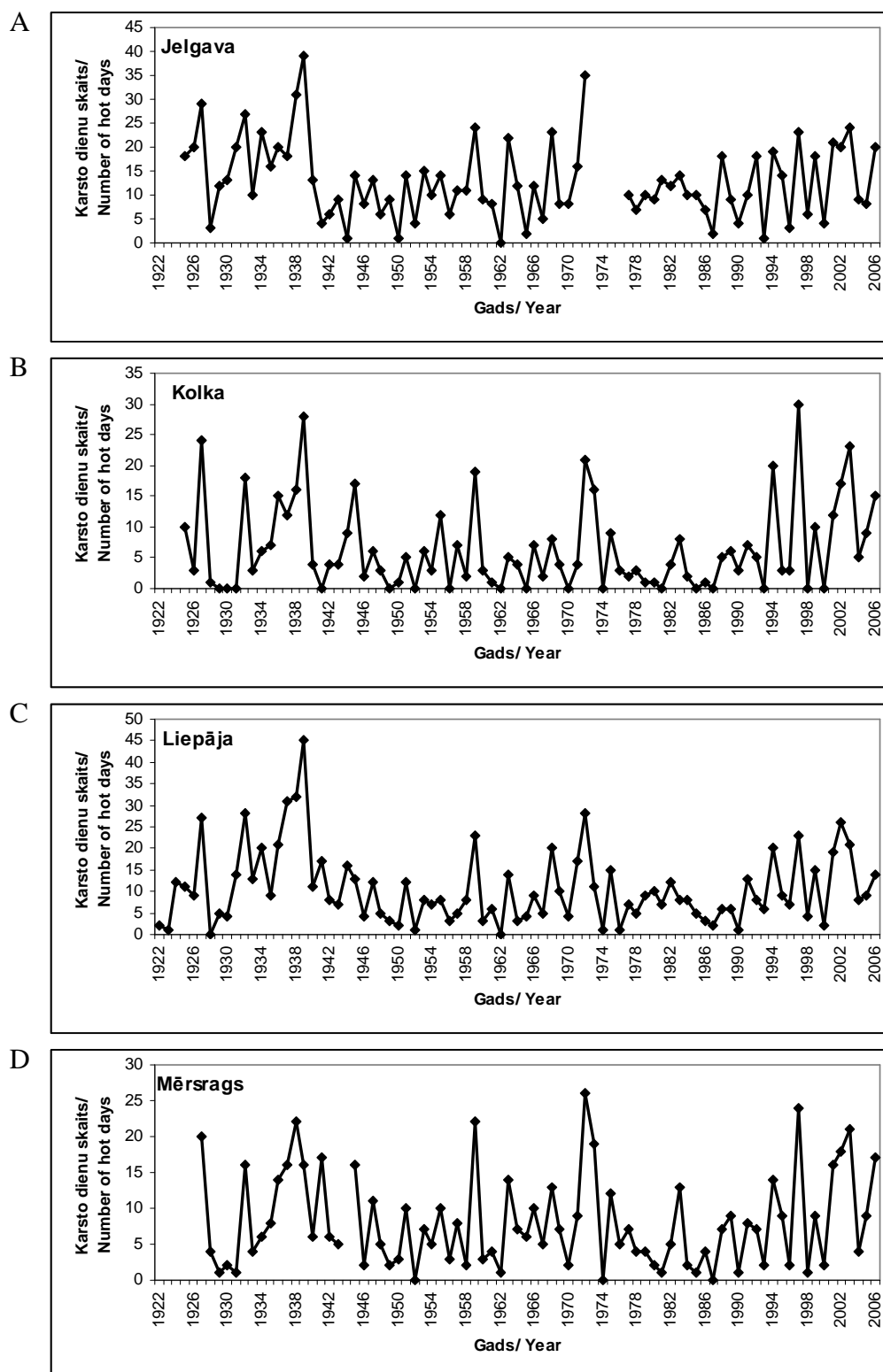
#### 3.14. tabula/ Table 3.14.

Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotās hronoloģiju vērtību variēšanas daļa (%) un klimatiskie faktori, kas izmantoti regresijas analīzei.

Part of chronology values variation (%) explained by climatic factors and climatic factors used for the regression analysis.

Hronoloģija/ Chronology	Izskaidrotās variēšanas daļa (%)/ Explained variation (%)	Klimatiskie faktori/ Climatic factors
Engure 1	16,2	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā
Engure 2	5,9	Vidējā gaisa temperatūra: februārī
Ķemeri	14,8	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā, jūnijā
Kolka 1	23,0	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā, septembrī
Kolka 2	32,2	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā Nokrišņu daudzums: jūnijā
Kolka 3	13,1	Vidējā gaisa temperatūra: februārī
Kolka 4	25,4	Vidējā gaisa temperatūra: septembrī Nokrišņu daudzums: jūnijā, jūlijā
Renda	35,3	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā, augustā
Saka	15,5	Vidējā gaisa temperatūra: martā Nokrišņu daudzums: oktobrī, augustā
Spāre	27,2	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā Nokrišņu daudzums: septembrī
Svirlauka	25,1	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā
Zaņa	20,9	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā Nokrišņu daudzums: augustā
Kopējā/ Common	20,5	Vidējā gaisa temperatūra: februārī, martā, aprīlī

Rendas parauglaukuma hronoloģijai ir visaugstākā ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotā vērtību variēšanas daļa (35,3%), viszemākais rādītājs ir Engure2 parauglaukuma hronoloģijai – tikai 5,9%.



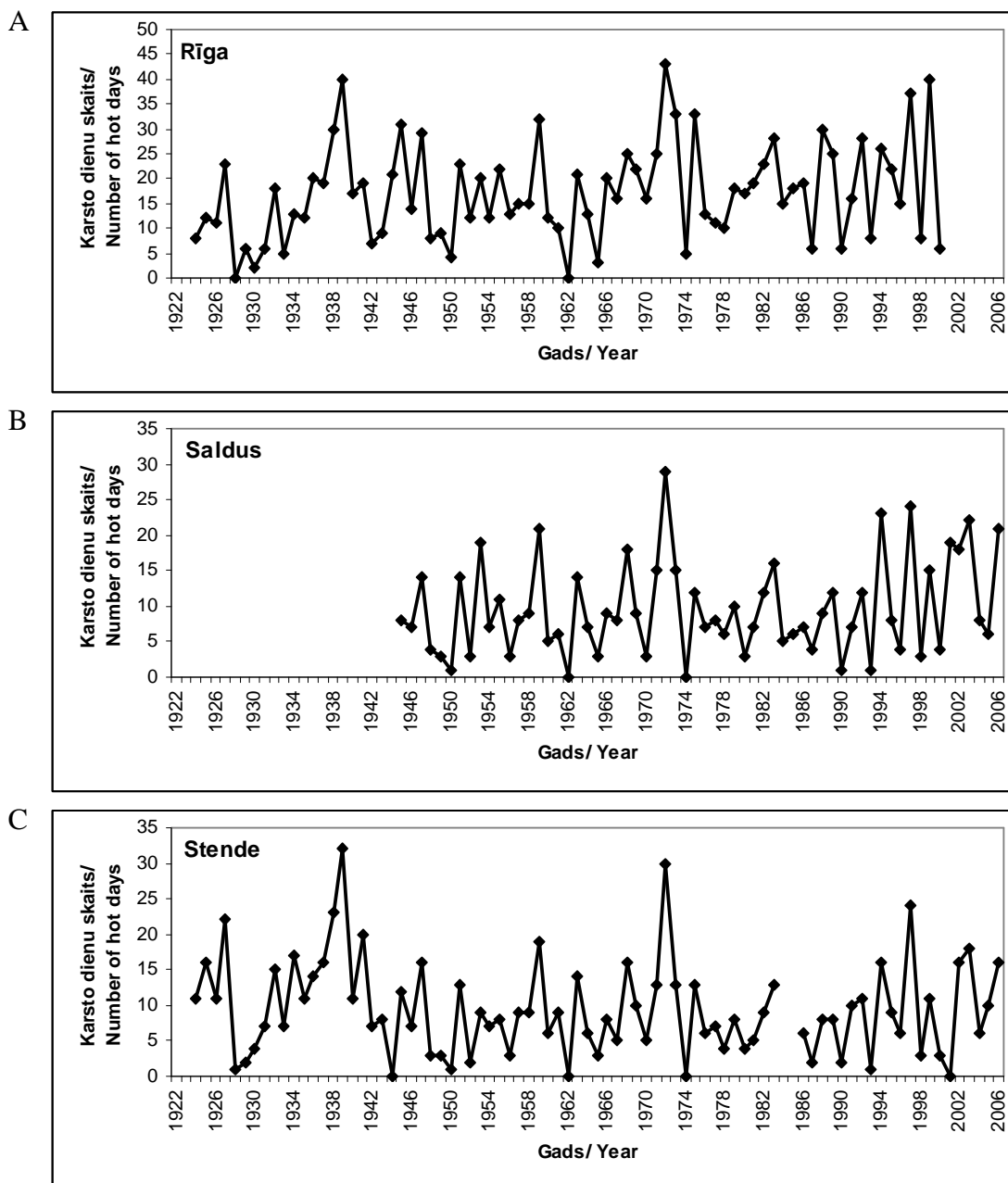
**3.15. attēls./ Figure 3.15.**

Karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaits (A) Jelgavas, (B) Kolkas, (C) Liepājas un (D) Mērsrags meteoroloģiskajās stacijās.

Number of hot days (daily mean air temperature above 20°C) at (A) Jelgava, (B) Kolka, (C) Liepāja and (D) Mērsrags meteorological station.

### 3.7. "Karsto dienu" analīze

Laika periodā no 1922. līdz 2006. gadam lielākais karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaits konstatēts Liepājā 1939. gadā – 45 dienas (3.15. attēls) un Rīgā 1972. gadā – 43 dienas (3.16. attēls). Rīgā ir arī lielākais vidējais karsto dienu skaits gadā – 17,1. Mazākais vidējais karsto dienu skaits gadā ir Kolkā – 6,5. Stendē vidēji gadā ir 9,5 karstās dienas, Liepājā ir 10,6 dienas, Mērsragā ir 8,1 dienas, Saldū ir 9,6 dienas un Jelgavā ir 12,9 dienas.



3.16. attēls./ Figure 3.16.

Karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaits (A) Rīgas, (B) Saldus un (C) Stendes meteoroloģiskajās stacijās.

Number of hot days (daily mean air temperature above 20°C) at (A) Rīga, (B) Saldus and (C) Stende meteorological station.

Statistiski būtiska korelācija ir tikai starp Kolka 1 un Rendas parauglūkumu hronoloģiju vērtībām un karsto dienu skaitu gadā atbilstošajā meteoroloģiskajā stacijā (3.15. tabula). Ar būtiskajiem zīmīgajiem gadiem nevienā gadījuma korelācija nebija statistiski būtiska.

### 3.15. tabula/ Table 3.15.

Statistiski būtiskie Pīrsona korelācijas koeficienti (r) starp karsto dienu (diennakts vidējā gaisa temperatūra virs 20°C) skaitu gadā un atbilstošā parauglūkuma hronoloģijas vērtībām.

Statistically significant Pearson correlation coefficients (r) between number of hot days (daily mean air temperature above 20°C) in year and corresponding sampling site chronology values.

Parauglūkums/ Sampling site	Hronoloģija/ Chronology
Engure 1	
Engure 2	
Ķemeri	
Kolka 1	0,263
Kolka 2	
Kolka 3	
Kolka 4	
Renda	0,246
Saka	
Spāre	
Svirlauka	
Zaņa	
Kopējā/ Common	

### 3.8. *Neparametriskā multiplikatīvā regresija*

Augstākais validētais determinācijas koeficients ( $xR^2=0,1558$ ) ir modelim, kas parāda saistību starp rudens un ziemas vidējo gaisa temperatūru un Spāres parauglūkuma hronoloģijas vērtībām (3.16. tabula). Vidēji rudens un ziemas vidējo gaisa temperatūru savstarpējās saistības ietekme uz hronoloģiju vērtību variēšanu ir augstāka nekā pārējiem diviem modeļiem (aprīļa vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums, ziemas vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums). Spāres un Kolka 4 parauglūkumu hronoloģijām ir vidēji

augstākie validētie determinācijas koeficienti, Kolka 1 un Kolka 3 parauglūkumu hronoloģijām ir vidēji zemākie validētie determinācijas koeficienti.

### 3.16. tabula/ Table 3.16.

Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotās parauglūkumu hronoloģiju vērtību variēšanas daļa ( $xR^2$ ), veicot neparametrisko multiplikatīvo regresijas analīzi, kā regresorus izmantojot: (a) aprīļa vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu; (b) rudens un ziemas vidējo gaisa temperatūru; (c) ziemas vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu.

Part of sampling-site chronology values variation ( $xR^2$ ) explained by climatic factors according to nonparametric multiplicative regression analyses with predictors: (a) April mean air temperature and precipitation sum; (b) autumn and winter mean air temperature; (c) winter mean air temperature and precipitation sum.

Parauglūkums/ Sampling-site	Aprīļa vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums/ April mean air temperature and precipitation sum	Rudens un ziemas vidējā gaisa temperatūra/ Autumn and winter mean air temperature	Ziemas vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums/ Winter mean air temperature and precipitation sum
Engure1	0,0422	0,1070	0,0614
Engure2	-0,0016	0,0460	0,0254
Kolka1	-0,0236	-0,0122	-0,0086
Kolka2	-0,0058	0,0660	0,0875
Kolka3	-0,0490	0,0083	-0,0039
Kolka4	-0,0697	-0,0766	-0,0891
Ķemeri	-0,0283	0,0480	0,0391
Renda	-0,0077	0,1027	0,0460
Saka	0,0551	-0,0344	-0,0266
Spāre	0,0225	0,1558	0,0778
Svirlauka	0,0175	0,0516	0,0225
Zaņa	-0,0302	-0,0413	-0,0732

## 4. Diskusija

### 4.1. Klimatiskie faktori

Latvijas Rietumu daļā vismaz vidējām gaisa temperatūrām ir savstarpēji līdzīgas izmaiņas laikā, uz ko norāda augstie korelācijas koeficienti starp Rīgas meteoroloģiskās stacijas vidējo gaisa temperatūru datiem un pārējo meteoroloģisko staciju datiem, kas visos gadījumos ir virs 0,8 (3.2. tabula). Tas varētu nozīmēt, ka analīzēm par klimata ietekmi uz prieku augšanu Latvijā varētu tikt izmantotas vidējās gaisa temperatūras no Rīgas meteoroloģiskās stacijas, ja nav pieejami dati no citām meteoroloģiskajām stacijām, vai arī šie dati ir nepilnīgi. Savādāka situācija ir ar nokrišņu datiem – šeit korelācija nokrītas līdz pat 0,386, kas, lai gan ir statistiski būtiskas, tomēr norāda jau uz atšķirībām starp nokrišņu daudzumu dažādos Latvijas reģionos. Nokrišņu daudzuma gadījumā ir tendence kristies korelācijas koeficientiem, pieaugot attālumam starp pētītajām meteoroloģiskajām stacijām – augstākā korelācija ir starp Rīgas un Jelgavas meteoroloģisko staciju nokrišņu datiem (šīs stacijas atrodas vistuvāk) un zemākā korelācija ir starp Rīgas un Liepājas meteoroloģisko staciju nokrišņu datiem (šīs stacijas atrodas vistālāk).

Latvijā kopumā novērojama gaisa temperatūru paaugstināšanās, tā gada vidējā gaisa temperatūra ir pieaugusi par 1,4 °C (laikā no 1851. līdz 2006. gadam), gada vidējā minimālā gaisa temperatūra pieaugusi par 1,9 °C (laikā no 1913. līdz 2006. gadam) un gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra pieaugusi par 1,7 °C (Lizuma, et al., 2007).

Tomēr klimatisko faktoru mainība starp pētītajām meteoroloģiskajām stacijām nav vienāda, ko parāda tas, ka, piemēram, janvāra, marta, maija, ziemas un pavasara vidējām gaisa temperatūrām, kā arī novembra, februāra un marta nokrišņu daudzumam ir statistiski būtiskas izmaiņas visās meteoroloģiskajās stacijās, ja salīdzina maksimālās un minimālās vidējās vērtības 30 gadu laika periodos no 1901. līdz 2004. gadam, bet septembra nokrišņu daudzumam statistiski būtiska izmaiņa ir vērojama tikai Kolkas meteoroloģiskajā stacijā (3.5. tabula). Starp meteoroloģiskajām stacijām, augstākais klimatisko faktoru skaits, kuriem vērojama statistiski būtiska izmaiņa laika gaitā, ir Rīgas meteoroloģiskajai stacijai (30 faktori no 34 iespējamiem), bet zemākais faktoru skaits ir Saldus stacijai (16), ko daļēji varētu skaidrot ar to, ka Saldus meteoroloģiskajai stacijai ir īsākā klimatisko datu laika rinda (atšķirībā no citām stacijām, aptver tikai pusi no 1901.-2004. gada laika perioda).

Kopīgā iezīme starp stacijām ir tā, ka zemākās janvāra, februāra, marta un pavasara vidējās gaisa temperatūras ir vērojamas laika periodā no 1940. līdz 1969. gadam (izņemot



Saldus staciju, kurai zemākās gaisa temperatūras ir nedaudz vēlākos laika periodos, jo klimatisko datu laika rindas sākas vēlāk) (13., 14., 15. pielikums), bet šiem pašiem faktoriem maksimālās vidējās gaisa temperatūras ir laika periodā ap 1973. līdz 2002. gadu (ar nelielu nobīdi starp stacijām), kas sakrīt ar Eiropā 20. gadsimta beigās novēroto gaisa temperatūru pieaugumu (Frich, et al., 2002). Arī citiem vidējās gaisa temperatūras faktoriem ir vērojami kopīgi laika periodi starp stacijām, piemēram, ziemas un sezonas maksimālajām vidējām gaisa temperatūrām. Izteiktāka laika periodu nesakritība ir jūnija un augusta vidējām gaisa temperatūrām. Attiecībā uz nokrišņiem šādus kopīgus faktorus, kuriem sakrīt gan minimālo, gan maksimālo vidējo vērtību laika periods, skaidri nevar izdalīt (16., 17., 18. pielikums), tādējādi parādot, ka nokrišņiem ir lielākas lokālas atšķirības starp stacijām.

#### ***4.2. Klimatisko faktoru un hronoloģiju korelācija***

Nokrišņu ietekme uz parastās priedes radiālo augšanu Latvijā, līdzīgi kā Polijā (Cedro, 2001) ir zema, uz ko norāda tas, ka vairāku mēnešu nokrišņu daudzumam nav statistiski būtiskas korelācijas ar kādu no hronoloģijām, kā arī ir parauglaukumi, kuru hronoloģijām nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar viena mēneša vai apkopotā perioda nokrišņu daudzumu (3.6. tabula). Šādi parauglaukumi ir Engure 1, Kolka 1, Renda, Svirlauka, kā arī kopējā hronoloģija, ja analīze tiek veikta par visu laika periodu, kurā pieejami gan nokrišņu, gan hronoloģiju dati. Šie parauglaukumi ir arī tie, kuriem bija zemākā vidēja jutība (3.1. tabula), kas jau norādīja uz to, ka klimatisko faktoru saistība ar šo parauglaukumu hronoloģijām varētu būt visai zema. Skaidrojums nokrišņu daudzuma ietekmes trūkumam varētu būt tas, ka šajos parauglaukumos ir priežu augšanai optimāli mitruma apstākļi (Linderholm, 2001), kurus būtiski neietekmē nokrišņu daudzuma palielināšanās vai samazināšanās kādā no mēnešiem, jo priedēm veidojas mietsakne (Mauriņš, Zvirgzds, 2006), tādējādi tām pieejams ūdens arī no dziļākajiem ūdens slāņiem. Nav iespējams arī atrast kādu noteiktu mēnesi vai apkopoto periodu, kura nokrišņu daudzumam būtu statistiski būtiska saistība ar vairāku parauglaukumu hronoloģiju vērtību variēšanu. Daļēji tāds periods varētu būt vasaras nokrišņu summa, kam ir statistiski būtiska korelācija ar hronoloģiju vērtību variēšanu piecos parauglaukumos, un visos gadījumos ietekme ir pozitīva, norādot, ka pazemināts nokrišņu daudzums vasaras mēnešos, kad parasti ir arī augstākās gaisa temperatūras, rada nelabvēlīgu ietekmi uz gadskārtu pieaugumu. To apstiprina arī gadījumi, kad ir statistiski būtiska korelācija starp jūnija, augusta nokrišņu daudzumu un hronoloģiju vērtībām. Jūnija nokrišņu pozitīvā ietekme uz gadskārtu piegumu, ir vērojama arī Somijas dienvidu daļā (Lindholm, et al., 2000) un Polijā (Cedro, 2001). Atšķirībā no E. Špaltes (1975) pētījumiem, kuros Latvijā pozitīva ietekme ir

novērota maija nokrišņu daudzumam, šajā pētījumā saistība ar maija nokrišņu daudzumu konstatēta tikai divos parauglaukumos.

30 gadu laika periodu analīze korelācijai starp hronoloģiju vērtībām un nokrišņu daudzumu arī parāda, ka neviena mēneša nokrišņu daudzumam nav izteikta saistība ar hronoloģiju vērtību variēšanu. Jūnija nokrišņu daudzumam ir statistiski būtiska korelācija vidēji 23% laika periodu (3.12. tabula), ja skata visus parauglaukumus kopā, un šis rādītājs ir pats augstākais. Ja analizē atsevišķus parauglaukumus, tad jūnija nokrišņu daudzumam ir statistiski būtiska korelācija ar Kolka 2 parauglaukuma hronoloģiju 79% laika periodu, un augusta nokrišņu daudzumam ar Zaņas parauglaukuma hronoloģiju ir statistiski būtiska korelācija 73% laika periodu. Kā būtisku faktoru varētu izcelt augusta nokrišņu daudzumu, kuram ir statistiski būtiska korelācija ar visu parauglaukumu hronoloģijām vismaz vienā laika periodā, toties janvāra nokrišņu daudzumam nav statistiski būtiskas korelācijas ar astoņu parauglaukumu hronoloģijām ne vienā no laika periodiem.

Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Engure 2, Ķemeru, Sakas un Zaņas parauglaukumu hronoloģijām 30 gadu laika periodos, kas beidzas no 1970. līdz 2000. gadam ir negatīva korelācija ar aprīļa nokrišņu daudzumu. Šajā pašā laika periodā aprīļa nokrišņu daudzums mainās no ļoti zema līdz ļoti augstam, piemēram, Saldus meteoroloģiskajās stacijā laika periodā no 1937. līdz 1966. gadam ir zemākais vidējais nokrišņu daudzums, bet jau laika periodā no 1969. līdz 1998. gadam ir augstākais vidējais nokrišņu daudzums (17. pielikums), kas varētu nozīmēt, ka kokiem ir problemātiski pielāgoties šādiem mainīgiem apstākļiem. Tā kā šajā laika periodā ir augstākā vidējā gaisa temperatūra visās meteoroloģiskajās stacijās (14. pielikums), tad nokrišņi vairumā gadījumu varētu būt kā lietus. Tādējādi var pieņemt, ka pārmērīgs nokrišņu daudzums, kas ir lietus veidā aprīlī, negatīvi ietekmē gadskārtu pieaugumu.

Vēl viens no skaidrojumiem mainīgajai saistībai starp hronoloģijām un nokrišņu daudzumu varētu būt koku novecošanās – dažādos vecumos koki varētu reaģēt dažādi uz vieniem un tiem pašiem faktoriem. Tomēr šis pieņēmums ir mazāk ticams, jo ar vecumu saistītā gadskārtu platumu variēšana tika noņemta standartizācijas procesa rezultātā, kā arī vairumā gadījumu dati par nokrišņu daudzumu ir zināmi par daudz īsāku laika periodu nekā ir pieejami gadskārtu dati, tādējādi no analīzes jau tiek izslēgt sākotnējie koku attīstības gadi.

Ja skatāmies uz korelāciju starp vidējām mēneša gaisa temperatūrām un hronoloģiju vērtībām (3.7. tabula), tad līdzīgi kā Polijā (Cedro, 2001) un Igaunijā (Pärn, 2003) izceļas februāra mēneša vidējā gaisa temperatūra, kurai ir statistiski būtiska korelācija ar 12 no 13 hronoloģijām. Februāra gaisa temperatūru būtiskumu apstiprina arī tas, ka statistiski būtiska

korelācija ir arī ar februāra minimālajām un maksimālajām gaisa temperatūrām (3.8., 3.9. tabula) tajos parauglaukumos, kur ir pieejami šādi dati (izņemot Kolka 4 parauglaukumu). Februāra gaisa temperatūru būtiska ietekme izpaužas, kā daudz dziļāks sasalušās augsnes slānis pie zemām februāra gaisa temperatūrām, kas attiecīgi palielina laika periodu, kas ir nepieciešams pavasarī, lai šis sasalušais slānis atkustu, un varētu sākties normāla koku attīstība. Būtiska ietekme uz radiālo pieaugumu ir arī marta, aprīļa, ziemas un pavasara vidējām gaisa temperatūrām, kas arī saistās ar to, cik lielā mērā bija sasalusi augsne ziemas laikā, kā arī cik ilgs bija nepieciešams laika periods, lai notiktu šī augsnes atkušana. Tā kā visos šajos gadījumos ir vērojama pozitīva korelācija, tas nozīmē, ka ir vērojams lielāks pieaugums, ja gan ziemā, gan pavasarī ir paaugstinātas gaisa temperatūras. Pretēji Norvēģijā novērotajai (Kirchhefer, 2001) jūlija mēneša vidējās gaisa temperatūras būtiskai ietekmei, Latvijā vasaras mēnešu (sevišķi jūlija) vidējām gaisa temperatūrām ir minimāla ietekme uz gadskārtu pieaugumu, un tā ir vērojama tikai Ķemeru parauglaukumā. Šīs atšķirības varētu būt saistītas ar to, ka uz ziemeļiem veģetācijas sezonas ir daudz īsākas, un vasara ir laiks, kad novērojama intensīvākā augšana.

Korelācijai starp vidējām gaisa temperatūrām un hronoloģiju vērtībām ir tendence mainīties, ja tiek salīdzināta šī korelācija 30 gadu laika periodos, atsevišķos gadījumos pat mainoties no pozitīvas saistības uz negatīvu, piemēram, jūlija vidējās gaisa temperatūras un Kolka 3 parauglaukuma hronoloģija (3.12. attēls). Līdzīgi kā visā laika periodā, arī 30 gadu laika periodos nozīmīgākie faktori ir februāra, marta un aprīļa vidējās gaisa temperatūras (vidēji statistiski būtiska korelācija ir attiecīgi 77%, 76% un 42% no laika periodiem). Oktobra, novembra un jūlija vidējās gaisa temperatūras uzrāda korelāciju vidēji tikai sešos vai septiņos procentos no visiem laika periodiem, kuros analizēta hronoloģiju un vidējo gaisa temperatūru saistības. Engure 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Ķemeru un Sakas (3.10. attēls) parauglaukumu hronoloģijām nav statistiski būtiskas korelācijas ar februāra vidējām gaisa temperatūrām piecus līdz desmit laika periodus. Šajos laika periodos vienlaicīgi ir novērojama arī februāra vidējo gaisa temperatūru paaugstināšanās (visās meteoroloģiskajās stacijās šajos laika periodos ir novērotas augstākās februāra gaisa temperatūras 30 gadu laika periodos). Tas varētu nozīmēt, ka februāra gaisa temperatūras ir sasniegušas tādu līmeni, kad to ietekme uz prieku radiālo augšanu vairs nav novērojama, kas sakrīt ar Centrālajā Skandināvijā 20. gadsimtā novēroto veģetācijas sezonas gaisa temperatūru palielināšanos, kas, savukārt, radījis izmaiņas prieku augšanas atbildē uz klimatu (Linderholm, et al., 2002; Linderholm, et al., 2003). Ja februāra gaisa temperatūrām tiešām ir kāds līmenis, kuru sasniedzot to ietekme zūd, tad iespējams, ka šī faktora ietekmes aprakstīšanai var nederēt lineāra saistība, bet gan kāds cits modelis. Arī janvāra vidējo gaisa temperatūru gadījumā statistiski būtiska korelācija ir

vērojama laika periodos, kad ir zemākās vidējās gaisa temperatūras, toties laika periodā, kad vidējās janvāra gaisa temperatūras ir paaugstinātas, statistiski būtiska korelācija starp hronoloģiju vērtībām un janvāra gaisa temperatūrām nav novērojama. Ņemot vērā prognozes par to, ka minimālās ziemas gaisa temperatūras Ziemeļeiropā pieaugs pat straujāk nekā citur pasaulē (Christensen, et al., 2007), tad nākotnē varētu sagaidīt vēl lielākas izmaiņas saistībā starp ziemas mēnešu gaisa temperatūrām un priežu radiālo augšanu. Engure 1, Kolka 1, Kolka 3 un Sakas parauglaukumu hronoloģijas uzrāda statistiski būtisku korelāciju ar augusta vidējām gaisa temperatūrām tajos laika periodos, kuros novērojamas augstākas vidējās gaisa temperatūras. Pārējos laika periodos korelācija nav statistiski būtiska, izņemot Kolka 3 parauglaukuma hronoloģiju, kurai parādās negatīva statistiski būtiska korelācija ar augusta vidējām gaisa temperatūrām tajos laika periodos, kad Kolkas meteoroloģiskajā stacijā novērotas zemākās vidējas augusta gaisa temperatūras. Tas apstiprina pieņēmumu, ka mainoties klimatiskajiem faktoriem, mainās saistība starp priežu radiālo augšanu un klimatiskajiem faktoriem, kā arī pieņēmumu, ka ir noteikti gaisa temperatūru līmeņi, kurus pārsniedzot, šo gaisa temperatūru ietekme vairs nav būtiska.

No pārējiem parauglaukumiem atšķiras Ķemeru parauglaukums, kura hronoloģija uzrāda negatīvu korelāciju ar jūnija vidējo gaisa temperatūru 45% no 30 gadu laika periodiem, toties citu parauglaukumu hronoloģijām statistiski būtiska korelācija nav vispār, vai arī tā ir tikai atsevišķos laika periodos. Šeit būtu jāņem vērā Ķemeru parauglaukuma novietojums purvā uz senās kāpas, un paaugstinātas gaisa temperatūras varētu vairāk ietekmēt gan iztvaikošanu, gan gruntsūdeņu līmeni, kas kopumā samazina kokiem pieejamā ūdens daudzumu un rada nelabvēlīgu ietekmi uz koku pieaugumu.

Uz to, ka kopumā gaisa temperatūru ietekme uz gadskārtu platumu pieaugumu ir būtiska, norāda tas, ka sezonas vidējai gaisa temperatūrai ir statistiski būtiska korelācija ar visām hronoloģijām vairumā laika periodu, kas ir raksturīgi tieši vairāk uz ziemeļiem augošām priedēm (Lindholm, et al., 2000).

Lai gan parauglaukumi pārstāvēja dažādus mežu augšanas apstākļu tipus, visos parauglaukumos ir novērojama izteikta februāra, marta un ziemas vidējo gaisa temperatūru ietekme uz priežu pieaugumu. Nokrišņu ietekme kopumā bija minimāla un nevar izdalīt kādas kopīgas iezīmes kādam konkrētam mežu augšanas apstākļu tipam. Tādējādi varam pieņemt, ka, vismaz, sausieņu un nosusinātajos mežos klimatisko faktoru ietekme ir līdzīga, un atšķirības starp parauglaukumiem vairāk būtu skaidrojamas ar lokāliem faktoriem (atšķirībām klimatiskajos apstākļos) nevis dažādiem mežu augšanas apstākļu tipiem, līdzīgi kā tas ir

Šveicē un Sibīrijā veiktajā pētījumā, kur novērotas līdzīgas iezīmes kokaudzēm neatkarīgi no to klimata zonas vai augsnes tipa (Rigling, et al., 2001).

### ***4.3. Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa analīze***

Korelācijas analīze starp Ziemeļatlantijas oscilāciju indeksa (NAO) vērtībām un atbilstošo mēnešu un apkopoto periodu vidējām gaisa temperatūrām dažādās meteoroloģiskajās stacijās (3.3. tabula) parādīja to, ka atsevišķos mēnešos ir vērojama ļoti augsta saistība, toties citos mēnešos šī saistība ir ļoti zema. Viszemākā saistība ir starp jūlija vidējo gaisa temperatūru un jūlija NAO indeksa vērtībām – korelācija vidēji tikai 0,131, zemi rādītāji ir arī korelācijai starp aprīļa, augusta un vasaras vidējo gaisa temperatūru un atbilstošajiem NAO indeksiem. Daudz augstākus korelācijas koeficientus uzrāda marta (vidēji 0,604), februāra (0,563), ziemas (0,565) vidējās gaisa temperatūras un atbilstošie NAO indeksi, kas skaidrojams ar to, ka Ziemeļatlantijas oscilācijas ietekmē tieši ziemas gaisa temperatūras Ziemeļu puslodē (Marshall, et al., 2001), tai skaita arī Latvijā (Kļaviņš, et al., 2007). Ja aplūko korelācijas koeficientus atsevišķām meteoroloģiskajām stacijām, tad zemākais vidējais korelācijas koeficients ir Liepājas stacijai (0,368), augstākais ir Rīgas meteoroloģiskai stacijai (0,441). Liepājas stacijas zemo rādītāju varētu skaidrot ar tiešo tuvumu jūrai, kur vairāk izpaužas tās ietekme uz klimatiskajiem apstākļiem. NAO korelācija ar nokrišņu daudzumu Latvijā ir daudz zemāka nekā ar gaisa temperatūrām (3.4. tabula), jo nav tāda mēneša, kad NAO būtu statistiski būtiska korelācija ar visu meteoroloģisko staciju datiem, kas nozīme, ka NAO ietekme uz nokrišņu daudzumu Latvija ir samērā zema. Kopumā šie rezultāti parāda, ka vismaz attiecībā uz daļu no mēnešiem un apkopotajiem periodiem, NAO indeksus varētu izmantot, lai aizstātu gaisa temperatūras datus, ja tādi nav pieejami, vai arī to datu rinda ir pārāk īsa.

Salīdzinot parauglaukumu un kopējās hronoloģijas vērtību variāciju ar NAO indeksa vērtībām, rezultāti sakrīt ar tiem rezultātiem, ko ieguva salīdzinot vidējās gaisa temperatūras Latvijas meteoroloģiskajās stacijās ar NAO indeksiem. Tiem mēnešiem un apkopotajiem periodiem (aprīlis, jūlijs, augusts, vasara), kuros NAO indeksiem bija zemākā korelācija ar vidējām gaisa temperatūrām, nav novērojama arī statistiski būtiska korelācija ar kādu no hronoloģijām. Visām hronoloģijām ir statistiski būtiska korelācija ar ziemas NAO indeksa vērtībā, kas ir raksturīgi arī Somijas dienvidaustrumu daļai (Linderholm, et al., 2003), vienpadsmit no trīspadsmit hronoloģijām ir būtiska korelācija ar februāra, deviņām hronoloģijām ar sezonas NAO indeksa vērtībām, un marta NAO indeksa vērtībām ir statistiski būtiska korelācija ar septiņām hronoloģijām. Šie rezultāti sakrīt ar tiem, ko uzrāda korelācijas analīze starp vidējām gaisa temperatūrām un hronoloģijām, kur šie paši mēneši un apkopotie

periodi uzrāda lielāko būtisko korelāciju skaitu, toties līdzīgi kā Fenoskandijā (Linderholm, et al., 2003), korelācija ir zemāka ar NAO indeksiem, nekā ar gaisa temperatūras datiem. Šie rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka atsevišķu mēnešu NAO indeksus var izmantot gaisa temperatūras datu aizstāšanai. Kā nejaušību drīzāk varētu skaidrot statistiski būtisko korelāciju starp Zaņas parauglaukuma hronoloģiju un novembra NAO indeksa vērtībām, Engure 1 hronoloģiju un oktobra NAO vērtībām, kā arī Ķemeru hronoloģiju un maija NAO vērtībām, jo tikai šajos gadījumos ir statistiski būtiska korelācija dotajos mēnešos, kā arī nav novērojama statistiski būtiska korelācija starp vidējām gaisa temperatūrām dotajos mēnešos un hronoloģiju vērtībām.

#### **4.4. Zīmīgie gadi**

Lai salīdzinātu būtisko zīmīgo gadu skaitu (ar intensitātes vērtībām virs 25% vai zem 25%) dažādos parauglaukumos, labāk skatīt to skaitu vidēji desmit gados, jo katrā no parauglaukumiem ir dažāds laika intervāls, kā rezultātā kopējais zīmīgo gadu skaits neparādīs reālo situāciju. Tas, ka mazākais zīmīgo gadu skaits uz desmit gadiem (tikai 2,3) ir tad, ja apvieno visus parauglaukumus kopā (3.11. tabula), skaidrojams ar faktu, ka tomēr katram parauglaukumam ir vērojamas savas tendences attiecībā uz zīmīgajiem gadiem, kas tikai daļā gadījumu izpaužas visos parauglaukumos kopumā, jo zīmīgie gadi ir gan lokālo, gan reģionālo ekoloģisko faktoru ietekmes radītāji (Schweingruber, 1990). To parāda arī tas, ka laika intervālā, kurā ir pieejami dati visiem parauglaukumiem, nav tāda gada, kurā visos parauglaukumos būtu vienāda būtisko zīmīgo gadu vērtības zīme (negatīvs vai pozitīvs), ir tikai divi gadi, kuros vērtības zīme sakrīt vienpadsmit no divpadsmit parauglaukumiem. Šie gadi ir 1940. (negatīvs zīmīgais gads) un 1945. (pozitīvs zīmīgais gads). Augstākais zīmīgo gadu skaits vidēji 10 gados ir Kolka 2 parauglaukumam, kurā veidojusies blīva priežu paauga pēc izlases izciršanas 18. gadsimtā (Brumelis, et al., 2005). Tas varētu nozīmēt, ka pašizretināšanās periodos veidojas pozitīvie zīmīgie gadi. Vēl uz kopējā fona izceļas Spāres parauglaukums, kurā ir 4,3 būtiskie zīmīgie gadi uz katriem desmit gadiem. To varētu saistīt ar šī parauglaukuma koku vecumu, jo šis bija parauglaukums ar visjaunākajiem kokiem (vecums līdz 101 gadam), un dažādu faktoru ietekme uz jauniem kokiem varētu būt lielāka nekā uz veciem, it sevišķi konkurences rezultātā atrodoties paaugā vai otrajā stāvā, kā rezultātā arī biežāk parādās šie zīmīgie gadi. Šis parauglaukums atrodas arī pie ezera, kur varētu būt vērojamas izteiktākas ūdens līmeņa svārstības, kas arī var ietekmēt gadskārtu platumus. Parējos parauglaukumos būtisko zīmīgo gadu skaits uz desmit gadiem ir samērā līdzīgs.

Ja nosakām klimatisko faktoru (vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma) saistību ar zīmīgo gadu intensitātes vērtībām, no pārējiem parauglaukumiem izceļas Kolka 4 un Ķemeru parauglaukumi. Kolka 4 parauglaukuma būtiskajiem zīmīgajiem gadiem nav statistiski būtiskas korelācijas ne ar viena mēneša vidējo gaisa temperatūru (3.12. tabula) un ir statistiski būtiska korelācija tikai ar jūnija nokrišņu daudzumu (3.13. tabula). Ķemeru parauglaukuma būtiskajiem zīmīgajiem gadiem statistiski būtiska korelācija ir tikai ar februāra vidējo gaisa temperatūru, kā arī ar jūlija un vasaras kopējo nokrišņu daudzumu. Tas varētu nozīmēt, ka šajos parauglaukumos gadskārtu platumu būtisko zīmīgo gadu parādīšanās ir mazākā mērā saistīta ar klimatiskajiem faktoriem. Kolka 4 parauglaukumā koki bija daļēji aprakti ar smiltīm (līdz pat 1 m augstumam), bet Ķemeru parauglaukums, lai gan izvietots uz senas kāpas, tomēr atrodas purvā. Ķemeru parauglaukuma gadījumā ietekme varētu būt arī, piemēram, faktoriem, kas saistīti ar kādām hidroloģiskām izmaiņām.

Līdzīgi kā ar hronoloģiju vērtībām, arī zīmīgo gadu vērtības uzrāda augstu korelāciju ar februāra vidējām gaisa temperatūrām (izņēmums ir Sakas un Kolka 4 parauglaukumi), apstiprinot to, ka gaisa temperatūrām februāra mēnesī ir liela ietekme uz parastās priedes radiālo augšanu Latvijā. Nozīmīgi faktori ir arī marta, ziemas, pavasara un sezonas vidējās gaisa temperatūras. Uz to, ka gadskārtu platumā izmaiņas atšķiras no vairāku gadu vidējās vērtības būtiskāk tad, kad ir augstāka klimatisko faktoru ietekme, savos pētījumos norādījis arī E.Špalte (1975).

Ja analizēja tikai 1940. un 1945. gadu, kas attiecīgi ir negatīvs un pozitīvs būtiskais zīmīgais gads vairumā parauglaukumu, tad 1940. gadu raksturo ļoti zemas janvāra, februāra un marta vidējās gaisa temperatūras visā Latvijas teritorijā (Rīgas meteoroloģiskajā stacijā februāra vidējā gaisa temperatūra ir par 8,2°C zemāka nekā vidēji analizētajā laika periodā (1796.-2001. gads)), kas visdrīzāk arī noteica to, ka šajā gadā visos parauglaukumos ir novērojamas daudz šaurākas gadskārtas. 1945. gadu raksturo paaugstinātas februāra un marta gaisa temperatūras, kas nosaka platāku nekā iepriekš gadskārtu rašanos.

Nokrišņu ietekmei uz zīmīgo gadu veidošanas ir lokāls raksturs, jo šie statistiski būtiskie nokrišņu faktori sakrīt ne vairāk kā starp četriem parauglaukumiem, un ir vairāki tādi faktori, kuriem vispār nav statistiski būtiskas korelācijas. Tas varētu būt skaidrojams ar nokrišņu nevienmērīgāku izplatību, salīdzinot ar gaisa temperatūrām, kas mazāk atšķiras dažādās teritorijās. Nokrišņu ietekmes lokālo raksturu apstiprina arī fakts, ka apvienojot visus parauglaukumus kopā, zīmīgo gadu vērtībām nav vairs statistiski būtiska korelācija ar nokrišņu daudzumu ne vienā no mēnešiem vai apkopotajiem periodiem.

#### ***4.5. Ar klimatiskajiem faktoriem izskaidrotā hronoloģiju vērtību variēšana***

“Atbildes funkcijas” analīze parādīja, ka tikai astoņiem klimatiskajiem faktoriem ir statistiski būtiska saistība ar hronoloģiju vērtību variēšanu (3.14. tabula), kas ir mazāks skaits nekā veicot vienkārši korelācijas analīzi, apstiprinot iepriekš novēroto, ka starp klimatiskajiem faktoriem pastāv savstarpējā korelācija, kas var radīt nepareizu izpratni par nozīmīgajiem faktoriem (Briffa, Cook, 1990). Tomēr arī šī analīze apstiprina, ka nozīmīgākais faktors ir februāra vidējā gaisa temperatūra, jo tas ir būtisks vienpadsmit no trīspadsmit hronoloģijām, kā arī nokrišņu ietekme kopumā nav būtiska, jo ietekme ir vērojama tikai piecām hronoloģijām.

Klimatiskie faktori izskaidro tikai 5,9 līdz 35,3% no hronoloģiju vērtību variēšanas, kas skaidrojams ar faktu, ka parastajai priedei Latvijā nav areāla galējā robeža, kur varētu gaidīt lielāku saistību ar klimatiskajiem faktoriem (Schweingruber, et al., 1990). Salīdzinot ar citām priežu sugām, kurām, piemēram, Kalifornijā klimatiskie faktori izskaidro līdz pat 67% no augšanas variēšanas (Yeh, Wensel, 2000). Parastajai priedei vismaz Latvijā šie rādītāji ir daudz zemāki. Engure 2 parauglaukuma hronoloģijai ir zemākais izskaidrotās variēšanas apjoms – tikai 5,9%, kas nozīmē, ka šajā konkrētajā teritorijā ir bijuši tādi augšanas apstākļi, kas uzskatāmi par labvēlīgiem priedēm un vismaz tiešā veidā klimatiskie apstākļi ietekmē priežu pieaugumu mazākā mērā nekā citi faktori. Uz to, ka Engure 2 parauglaukumā ir īpaši apstākļi norāda arī tas, ka otrā Engures parauglaukumā, kas atrodas tālāk no ezera un jūras, klimatiskie faktori izskaidro jau 16,2% no hronoloģijas vērtību variēšanas. Nākamais zemākais rādītājs ir Ķemeru parauglaukumā, kur klimatiskie faktori izskaidro tikai 14,8% no hronoloģijas vērtību variēšanas, kas varētu būt skaidrojams ar konkrētā parauglaukuma atrašanos purvā, kur raksturīga zemāka klimatisko faktoru ietekme, salīdzinot ar priedēm, kas aug sausās augsnēs (Linderholm, et al., 2002). Samērā zemo izskaidrotās hronoloģijas vērtību variēšanas apjoms kopējā hronoloģijā ir visnotaļ saprotams, jo tajā ir iekļauti koki no visiem parauglaukumiem, kuros katrā ir vērojamas arī savas individuālās izpausmes attiecībā uz klimata ietekmi. Samērā zemo izskaidrotās variēšanas daudzumu visos parauglaukumos var skaidrot arī ar to, ka šī analīze tika veikta par visu laika periodu, kurā bija pieejami vienlaicīgi hronoloģiju vērtību, vidējo gaisa temperatūru un nokrišņu daudzuma dati. Korelācijas analīze jau parādīja, ka laika gaitā mainās klimatiskie faktori, kuriem ir statistiski būtiska saistība ar hronoloģiju vērtībām, tādējādi veicot regresijas analīzi par visu periodu, šīs izmaiņas netiek ņemtas vērā.



#### **4.6. Karsto dienu ietekme uz priežu augšanu**

Latvijas rietumu daļā dienu skaitam ar gaisa vidējo temperatūru virs 20°C ir minimāla saistība ar gadskārtu platumu parastajai priedei (saistība ir konstatēta tikai atsevišķos gadījumos, un korelācijas koeficienti ir ļoti zemi (3.15. tabula)), kas ir pretēji Šveicē konstatētajam, ka, pieaugot karsto dienu skaitam, novērojams priežu augšanas samazinājums un vietām pat paaugstināta priežu mirstība (Rebetez, Dobbertin, 2004). Šis ietekmes trūkums varētu būt skaidrojams ar to, ka nevienā no meteoroloģiskajām stacijām, kurās tika analizēts karsto dienu skaits, nav izteikts karsto dienu skaita pieaugums laika gaitā, kā tas bija Šveices gadījumā. Tomēr vērojama liela variēšana starp gadiem (3.15., 3.16. attēls), tādējādi pastāv iespēja, ka koki jau ir pielāgojušies šādam karsto dienu skaitam, kāds ir pašreiz. Tomēr nākotnē varētu būt arī novērojamas izmaiņas saistībā starp karsto dienu skaitu un priežu radiālo augšanu, jo tiek prognozēts, ka Eiropā pieaugs ekstrēmo klimatisko apstākļu, tai skaitā arī dienu ar ļoti augstām gaisa temperatūrām, apjoms (Christensen, et al., 2007).

#### **4.7. Klimatisko faktoru mijiedarbības ietekme uz priežu augšanu**

Lai varētu apstiprināt vai noraidīt pieņēmumus par klimatisko faktoru kombināciju ietekmi uz priežu radiālo pieaugumu, sākotnēji tika izmantota lineārā daudzfaktoru regresija, kas parādīja, ka gadskārtu platumu variēšanu daudzos gadījumos nosaka vairāki faktori. Diemžēl šajā analīzē netiek ņemta vērā iespēja, ka viena klimatiskā faktora ietekme varētu izpausties tikai pie noteiktām cita klimatiskā faktora vērtībām. Lai šo iespēju pārbaudītu, tika izmantota neparametriskā multiplikatīvā regresija. Tā kā analīzei izmantotā neparametriskā multiplikatīvā regresija tika izstrādāti, lai analizētu datus par dažādu faktoru ietekmi uz procesiem biotopos un ainavās, tad iegūtajiem rezultātiem par klimatisko faktoru ietekmi uz gadskārtu platumu variēšanu nosacīti ir eksperimentāls raksturs, jo līdzīgi pētījumi citur nav veikti un tāpēc nav iespējams veikt salīdzinājumu.

Neparametriskās multiplikatīvās regresijas analīzes rezultāti ir vāji, ja salīdzinām ar lineārās regresijas analīzi – augstākais validētais determinācijas koeficients ir tikai 0,1558 (3.16 tabula), daudzos gadījumos pat negatīvs, kas nozīmē, ka izstrādātais modelis ir samērā vājš. Tomēr arī pēc šādiem samērā vājiem rezultātiem var izteikt kādus pieņēmumus par faktoru savstarpējām saistībām.

Viena no hipotēzēm bija, ka nokrišņu daudzumam aprīlī vērojama atšķirīga ietekme, ja aprīļa gaisa temperatūras ir zemas (nokrišņi kā sniegs) un ja ir augstas (nokrišņi kā lietus). Grafiskā analīze (19. pielikums) parādīja, ka nevar izteikt viennozīmīgu secinājumu par šiem diviem faktoriem, jo Engure 1, Engure 2, Kolka 2 un Sakas parauglaukumu gadījumā modelis

parādīja pārāk kompleksas šo faktoru saistības. Ķemeru un Kolka 1 parauglaukumu gadījumā ir novērojama augstāku aprīļa gaisa temperatūru pozitīvā ietekme, bet aprīļa nokrišņu ietekme nav izteikta. Kolka 3, Kolka 4 un Zaņas parauglaukumu gadījumā novērojama situācija, ka visšaurākās gadskārtas ir novērojamas tad, kad ir pazeminātas aprīļa gaisa temperatūras, un ir liels nokrišņu daudzums. Palielinoties gaisa temperatūrām vai samazinoties nokrišņu daudzumam, gadskārtu platumi pieaug. Tikai Svirlaukas un Rendas parauglaukumu gadījumā ir novērojams, ka gadskārtu platumiem ir tendence pieaugt, ja paaugstinās gan aprīļa vidējās gaisa temperatūras, gan nokrišņu daudzums aprīlī. Tādējādi nevar viennozīmīgi pateikt, kāda ir aprīļa gaisa temperatūru un nokrišņu daudzuma kombinācijas ietekme uz gadskārtu pieaugumu.

Arī attiecībā uz pieņēmumu, ka silta rudens gadījumā ziemas gaisa temperatūru ietekme būs zemāka, nevar izteikt viennozīmīgu secinājumu (20. pielikums). Apstiprinājums šim pieņēmumam ir gūts Kolka 1, Ķemeru un Zaņas parauglaukumu gadījumā, kur šaurākās gadskārtas novērojamas tad, kad ir ļoti zemas rudens un ziemas gaisa temperatūras, toties gadskārtas ir daudz platākas, ja rudens gaisa temperatūra ir augsta, pat neskatoties uz to, ka ziemas gaisa temperatūras paliek zemas. Šajā gadījumā varam pieņemt, ka priedēm ir vieglāk pielāgoties ļoti aukstām ziemām, ja iepriekšējais rudens ir bijis silts. Toties pretēja situācija, kad šaurākās gadskārtas ir pie augstām rudens un zemām ziemas gaisa temperatūrām, novērojama Sakas parauglaukumam. Citos parauglaukumos saistībām ir ļoti komplekss raksturs – modeļos tiek izmantotas pārāk daudz lokālās regresijas.

Sākotnēji tika izvirzīts pieņēmums, ka pie paaugstināta nokrišņu daudzuma ziemā (kas visdrīzāk ir sniega veidā) būs mazāk jūtama zemo ziemas gaisa temperatūru ietekme, jo sniega kārtā varētu novērst dziļu augsnes sasalšanu. Neparimetriskās regresijas analīze parādīja, ka situācija ir pretēja (21. pielikums), jo Kolka 1, Kolka 2, Kolka 3, Kolka 4, Sakas un daļēji Engure 2 parauglaukuma gadījumā ir novērojams, ka šaurākās gadskārtas ir tieši tajā gadījumā, ja ir liels nokrišņu daudzums ziemā, un ir zema vidējā gaisa temperatūra. Gadskārtu platumu pieaugums vērojams tad, kad pieaug vidējās gaisa temperatūras un/vai samazinās nokrišņu daudzums. Tātad palielinātam nokrišņu daudzumam ir negatīva ietekme. Iespējams, ka skaidrojums ir tajā, ka pie zemām gaisa temperatūrām nokrišņi ir sniega veidā. Ja gaisa temperatūras paliek zemas, tad sniegs turpina uzkrāties, un augšanas sezona iestājas vēlāk.

Neparimetriskās multiplikatīvās regresijas analīze parādīja, ka, iespējams, ir jāmeklē jaunas metodes, kā skaidrot klimatisko faktoru ietekmi uz koku pieaugumu, jo šīs ietekmes aprakstīšanai var nepietikt ar šobrīd izmantotajām metodēm (daudzfaktoru lineāro regresiju). Šī nepieciešamība var tikai palielināties, ja ņemam vērā, ka novērojamas izmaiņas saistībā

starp klimatiskajiem faktoriem un gadskārtu platumiem laika gaitā, un neparametriskas regresijas analīze varētu būt labs risinājums, ņemot vērā, ka tajā saistība starp faktoriālajām pazīmēm un rezultātīvo pazīmi tiek aprēķināta katram punktam atsevišķi (McCune, 2006). Tomēr šai metodei ir arī savi trūkumi, jo reizēm tiek piedāvāti pārāk komplicēti modeļi, kuros tiek likts liels uzsvars uz lokāliem nejauši saistītiem faktoriem. Vēl viena problēma saistās ar to, ka situācijā, kad modeļi tiek veidoti no daudziem faktoriem (tika izmēģināts arī variants, kad vienlaicīgi kā faktoriālās pazīmes bija visi nokrišņu daudzuma un gaisa temperatūras faktori), it kā tiek piedāvāts modelis, kuram ir ļoti augsta izskaidrotā variācija, bet vienlaicīgi faktoru savstarpējās saistības ir grūti izskaidrojamas, jo tiek atrastas nejaušās saistības. Tas nozīmē, ka jau sākotnēji ir jānedefinē atsevišķu faktoru iespējamās saistības, un tad tās jāpārbauda ar neparametriskās multiplikatīvās regresijas metodi.

#### **4.8. Kopīgās iezīmes**

Skatot korelāciju starp vidējām gaisa temperatūrām, NAO indeksiem un hronoloģijām, kā arī analizējot zīmīgo gadu un klimatisko faktoru saistības un veicot “atbildes funkcijas” analīzi, visos gadījumos skaidri parādās tas, ka februāra un marta vidējā gaisa temperatūra vai NAO indeksa vērtība ir faktors, ar kuru ir novērojama saistība gandrīz visos gadījumos. Nokrišņu daudzuma ietekmei ir raksturīgas tikai lokālas izpausmes, jo nav novērojamas kopīgas iezīmes starp visiem parauglaukumiem. Izņemot atsevišķus gadījumus, ir novērojams, ka attiecībām starp klimatiskajiem faktoriem un gadskārtu platumu variēšanu ir tendence mainīties laika gaitā, kas nozīmē, ka ir apgrūtināta modeļu, kas apraksta klimatisko faktoru un gadskārtu platumu variēšanu, lai varētu rekonstruēt pagātnes klimatiskos faktorus vai arī prognozēt koku augšanu mainoties klimatiskajiem apstākļiem, veidošana, jo visas šīs izmaiņas būtu jāietver šajos modeļos. Kompleksā saistība starp klimatiskajiem apstākļiem, kas apgrūtina vienkāršu modeļu veidošanu, kopumā ir raksturīga Eiropas mērenajai zonai (Helle, Schleser, 2004).

Ņemot vērā, ka gadskārtu platumu variēšanas saistība ar vidējo gaisa temperatūru Latvijā ir daudz augstāka, nekā ar nokrišņu daudzumu, varam pieskaitīt Latviju, vismaz attiecībā uz parastās priedes izplatību, ziemeļu (aukstajam) reģionam, jo kokiem ir raksturīgs mainīties no gaisa temperatūras limitētiem uz nokrišņu limitētiem virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem (Fritts, 2001). Tomēr laika gaitā tas varētu mainīties, jo tiek prognozētas izmaiņas gan gaisa temperatūrās (paliks siltāks), gan nokrišņu daudzumā (to apjoms palielināsies) (Christensen, et al., 2007).

## 5. Secinājumi

1. Latvijas rietumu daļā priežu radiālo augšanu gaisa temperatūras ietekmē lielākā mērā nekā nokrišņu daudzums.

2. Februāra un marta gaisa temperatūras ir nozīmīgākais klimatiskais faktors, kas ietekmē priežu pieaugumu, ko apstiprina korelācijas, zīmīgo gadu un “atbildes funkcijas” analīzes. Augstu februāra un marta gaisa temperatūru pozitīvā ietekme izpaužas kā zemāks augsnes sasalums, kas ļauj ātrāk uzsākt attīstību pavasarī.

3. Nokrišņu ietekmei uz priežu radiālo pieaugumu Latvijas rietumu daļā ir lokāls raksturs, jo nav kopīgu iezīmju starp parauglaukumiem.

4. Ir vērojamas klimatisko faktoru izmaiņas laika gaitā, kas rada arī izmaiņas saistībā starp klimatiskajiem faktoriem un hronoloģiju vērtībām, tomēr tas neattiecas uz februāra gaisa temperatūrām.

5. Parauglaukumiem ir 11 kopīgi zīmīgie gadi, kas saistās ar ļoti zemām un augstām janvāra, februāra un marta gaisa temperatūrām.

6. Klimatiskie faktori izskaidro līdz pat 35,3% no hronoloģijas vērtību variēšanas, norādot, ka, lai gan nozīmīgs, tomēr klimats nav galvenais ietekmējošais faktors.

## 6. Pateicības

Autors izsaka vislielāko pateicību promocijas darba vadītājam *Dr. biol.* profesoram Guntim Brūmelim par palīdzību promocijas darba izstrādē, jaunām idejām un komentāriem par paveikto.

Izsaku dziļu pateicību *Dr. Mārim Zundem* par darbu, kopīgi ņemot paraugus un mērot gadskārtas, kā arī par vērtīgajiem padomiem.

Liels paldies manai sievai Sintijai Elfertei, kas mani morāli ir atbalstījusi visu promocijas izstrādes laiku, kā arī palīdzēja stilistiski un gramatiski uzlabot darba saturu.

Liels paldies arī Ilutai Lūcei par diskusijām saistībā ar dendrohronoloģijas pētījumiem, kas ļāva uzlabot promocijas darbu.

Paldies Kārlim Kalviškim par palīdzību, veidojot kartes un risinot problēmas saistībā ar datorlietām.

Paldies par palīdzību paraugu ņemšanā, par padomiem un morālo atbalstu arī pārējiem LU Bioloģijas fakultātes Botānikas un ekoloģijas katedras kolēģiem – Didzim Tjarvem, Guntim Taboram un Annai Mežakai.

Šie pētījumi ir veikti ar Eiropas Sociālā fonda (projekts „Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības darba atbalsts Latvijas Universitātē”, līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1./0001/0001/0063), Latvijas Zinātņu padomes un Latvijas Universitātes (LU pētniecības projekti Nr. ZP08/2007 un ZP08/2008) finansiālu atbalstu. Paraugu ievākšana Engures 1, Rendas, Sakas, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumos veikta LZP finansētā projekta (Nr. 865/05.1499) “Dendroklimatoloģiskie pētījumi Latvijā” ietvaros.

## 7. Literatūra

**Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E., Shvidenko, A., 2007.** Europe. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E., (eds.), 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

**Ashby, W.C., Fritts, H.C., 1972.** Tree growth, air pollution, and climate near LaPorte, Ind. Bulletin American Meteorological Society, 53: 246-251.

**Biondi, F., Waikul, K., 2004.** DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. Computers&Geosciences, 30: 303-311.

**Bircher, W., 1986.** Dendrochronology applied in mountain regions. In: Berglund, B.E. (ed.), 1986. Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Willey & Sons, 387-403.

**Briede, A., Lizuma, L., 2007.** Long-term variability of precipitation in the territory of Latvia. In: Kļaviņš, M. (ed), 2007. Climate change in Latvia. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 35-44.

**Briffa, K.R., Cook, E., 1990.** Methods of response function analysis. In: Cook, E. & Kairiukstis, L., (eds.), 1990. Methods of dendrochronology: applications in the environmental science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 240-247.

**Briffa, K.R., Schweingruber, F.H., Jones, P.D., Osborn, T.J., Harris, I.C., Shiyatov, S.G., Vaganov, E.A., Grudd, H., 1998.** Trees tell of past climates: but are they speaking less clearly today? Philosophical Transactions of Royal Society, London. B, 353: 65-73.

**Briffa, K.R., Osborn, T.J., Schweingruber, F.H., Harris, I.C., Jones, P.D., Shiyatov, S.G., Vaganov, E.A., 2001.** Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network. Journal of Geophysical Research, 106: 2929-2941.

**Brumelis, G., Elferts, D., Liepina, L., Luce, I., Tabors, G., Tjarve, D., 2005.** Age and spatial structure of natural *Pinus sylvestris* stands in Latvia. Scandinavian Journal of Forest Research, 20: 471-480.

**Carrer, M., Urbinati, C., 2001.** Assessing climate-growth relationships: a comparative study between linear and non-linear methods. *Dendrochronologia*, 19: 57-65.

**Cedro, A., 2001.** Dependence of radial growth of *Pinus sylvestris* L. From western Pomerania on the rainfall and temperature conditions. *Geochronometria*, 20: 69-74.

**Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., 2007.** Regional climate projections. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., (eds.), 2007. *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 847-940.

**Cinovskis, R., 1997.** Priedes. *Latvijas daba. Preses nams, Rīga*. 4: 173-174.

**Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (eds.) 1990.** *Methods of Dendrochronology.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 pp.

**Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., Peterson, T., 2002.** Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19: 193-212.

**Fritts, H.C., 1974.** Relationships of ring widths in arid-site conifers to variations in monthly temperature and precipitation. *Ecological Monographs*, 44: 411-440.

**Fritts, H.C., 2001.** *Tree rings and climate.* Blackburn Press, Caldwell, New Jersey, 567 pp.

**Hansen, N., 2001.** Methods of tree-ring analysis in the Tropics. In: *International Dendroecological Laboratory Week 2001, Freiburg/Birmensdorf.*

**Helle, G., Schleser, G.H., 2004.** Interpreting climate proxies from tree-rings. In: Fischer, H., Floeser, G., Kumke, T., Lohmann, G., Miller, H., Negendank, J.F.W., von Storch, H. (Eds.), 2004. *The HIHZ project: Towards a synthesis of Holocene proxy data and climate models.* Springer Verlag Berlin, 129-148.

**Holmes, R.L., Adams, R.K., Fritts, H.C., 1986.** Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, with procedures used in the chronology development work, including user manuals for computer programs

COFECHA and ARSTAN. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona. Chronol. Ser. 6.

**Holmes, R.L., 1992.** Dendrochronology program library version 1992-1. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona.

**Holmes, R.L., 1999.** Dendrochronological Program Library (DPL) [computer manual]. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona. <http://www.ltrr.arizona.edu/software.html>

**Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck, N., 2003.** An overview of the North Atlantic Oscillation. In: Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck, N., (eds.), 2003. The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact. Geophysical Monograph, 134: 1-36.

**Kelly, D.L., Connolly, A., 2000.** A review of the plant communities associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Europe, and an evolution of putative indicator/specialist species. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie 1-2000: 15-39.

**Kirchhefer, A.J., 2001.** Reconstruction of summer temperatures from tree-rings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in coastal northern Norway. The Holocene, 11: 41-52.

**Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V., 2007.** Ice regime of rivers in Latvia in relation to climatic variability and North Atlantic Oscillation. In: Kļaviņš, M., (ed.), 2007. Climate change in Latvia. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 58-72.

**Kolström, T., Kellomäki, S., 1993.** Tree survival in wildfires. Silva Fennica, 27: 277-281.

**Kuusela, K., 1990.** The dynamics of boreal coniferous forests. Finnish National Fund for Research and Development, Helsinki, Finland, 172 pp.

**Leech, N.L., Barrett, K.C., Morgan, G.A., 2005.** SPSS for intermediate statistics – use and interpretation. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 240 pp.

**Linderholm, H.W., 2001.** Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring widths. Silva Fennica, 35: 415-424.

**Linderholm, H.W., Moberg, A., Grudd, H., 2002.** Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. Canadian Journal of Forest Research, 32: 1400-1410.



**Linderholm, H.W., Solberg, B.O., Lindholm, M., 2003.** Tree-ring record from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *The Holocene*, 13: 887-895.

**Lindholm, M., Timonen, M., Meriläinen, J., 1996.** Extracting mid-summer temperatures from ring-width chronologies of living pines at the northern forest limit in Fennoscandia. *Dendrochronologia*, 14: 99-113.

**Lindholm, M., Meriläinen, J., Timonen, M., Vanninen, P., Eronen, M., 1997.** Effects of climate on the growth of Scots pine in the Saimaa lake district, southern-eastern Finland, in the southern part of the boreal forest belt. *Dendrochronologia*, 15: 151-168.

**Lindholm, M., Lehtonen, H., Kolström, T., Meriläinen, J., Eronen, M., Timonen, M., 2000.** Climatic signals extracted from ring-width chronologies of Scots pines from the northern, middle and southern parts of boreal forest belt in Finland. *Silva Fennica*, 34: 317-330.

**Lizuma, L., Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V., 2007.** Long-term changes of air temperatures in Latvia. In: Kļaviņš, M., (ed.), 2007. *Climate change in Latvia*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 11-20.

**Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Jones, P.D., Davies, T.D., Portis, D., Gonzalez-Rouco, J.F., von Storch, H., Gyalistras, D., Casty, C., Wanner, H., 2002.** Extending North Atlantic Oscillation reconstructions back to 1500. *Atmospheric Science Letters*, 2: 114-124.

**Mäkinen, H., Nöjd, P., Mielikäinen, K., 2000.** Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 769-777.

**Marshall, J., Kushnir, Y., Battisti, D., Chang, P., Czaja, A., Dickson, R., Hurrell, J., McCartney, M., Saravanan, R., Visbeck, M., 2001.** North Atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms. *International Journal of Climatology*, 21: 1863-1898.

**Mauriņš, A., Zvirgzds, A., 2006.** *Dendroloģija*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 448 lpp.

**McCarroll, D., Jalkanen, R., Hicks, S., Tuovinen, M., Gagen, M., Pawellek, F., Eckstein, D., Schmitt, U., Autio, J., Hekkinen, O., 2003.** Multiproxy dendroclimatology: a pilot study in northern Finland. *The Holocene*, 13: 831-841.

**McCune, B., 2006.** Nonparametric multiplicative regression for habitat modeling. Oregon State University, Corvallis, Oregon. <http://www.pcord.com/NPMRintro.pdf>

**Morgan, G.A., Leech, N.L., Gloeckner, G.W., Barrett, K.C., 2004.** SPSS for introductory statistics – use and interpretation. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 211 pp.

**Neuwirht, B., Esper, J., Schweingruber, F.H., Winiger, M., 2004.** Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. *Dendrochronologia*, 21: 69-78.

**Nikolov, N., Helmisaari, N., 1992.** Silvics of the circumpolar boreal tree species. In: Shugart, H., Leemans, R., Bonan, G., (eds.), 1992. A system analysis of the Global Boreal Forest. Cambridge University Press, New York, 13-84.

**Osborn, T.J., Briffa, K.R., 2000.** Revisiting timescale-dependent reconstruction of climate from tree-ring chronologies. *Dendrochronologia*, 18: 9-25.

**Pärn, H., 2003.** Radial growth response of Scots pine to climate under dust pollution in Northeast Estonia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 144: 343-361.

**Peterson, D.W., Peterson, D.L., Ettl, G.J., 2002.** Growth responses of subalpine fir to climatic variability in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 1503-1517.

**Priedītis, N., 1999.** Latvijas mežs: daba un daudzveidība. Pasaules Dabas Fonds, Rīga, 209 lpp.

**Rebetez, M., Dobbertin, M., 2004.** Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps. *Theoretical and Applied Climatology*, 79: 1-9.

**Richardson, D.M., Rundel, P.W., 2000.** Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction. In: Richardson, D.M., (ed.), 2000. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, 3-46.

**Rigling, A., Waldner, P.O., Forster, T., Bräker, O.U., Pouttu, A., 2001.** Ecological interpretation of tree-ring width and intraannual density fluctuations in *Pinus sylvestris* on dry sites in the central Alps and Siberia. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 18-31.

**Rinn, F., 1996.** TSAP – reference manual. Frank Rinn, Heidelberg, Germany.

**RinTech, 2002.** LigoVision Scientifics – Quick reference. Heidelberg, Germany, 10 pp.

**Robinson, W.J., 1990.** Dendrochronology in Western North America: The early years. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (eds.), 1990. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1-8.

**Schulman, E., 1937.** Selection of trees for climatic study. Tree ring bulletin, 3: 22-23.

**Schweingruber, F.H., 1990.** Dendroecological information in pointer years and abrupt growth changes. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (eds.), 1990. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 277-283.

**Schweingruber, F.H., Kairiukstis, L., Shiyatov, S., 1990.** Sample selection. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (eds.), 1990. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 23-35.

**Schweingruber, F.H., 1996.** Tree rings and environmental dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 pp.

**Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Berntsen, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A., Wratt, D., 2007.** Technical summary. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., (eds.), 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 19-91.

**Stokes, M.A., Smiley, T.L., 1996.** An introduction to tree-ring dating. The University of Arizona Press, Tucson, 74 pp.

**Špalte, E., 1975.** Meteoroloģisko faktoru ietekme uz parastās priedes radiālo pieaugumu. Jaunākais mežsaimniecībā, 18: 46-53.

**Tardif, J., Conciatori, F., Bergeron, Y., 2001.** Comparative analysis of the climatic response of seven boreal tree species from northwestern Quebec, Canada. Tree-ring Research, 57: 169-181.

**Tegelmark, D.O., 1999.** Prediction of stem properties based on climate and soil factors in naturally regenerated *Pinus sylvestris* stands. Scandinavian Journal of Forest Research, 14: 131-142.

**Thompson, D.W.J., Wallace, J.M., Hegerl, G.C., 2000.** Annular modes in the extratropical circulation, Part II: Trends. Journal of Climate, 13: 1018-1036.

**Vaganov, E.A., Hughes, M.K., Shashkin, A.V., 2006.** Growth dynamics of conifer tree rings. Images of past and future environments. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 354 pp.

**Valsts meža dienests, 2008.** Meža resursi. <http://www.vmd.gov.lv/?sadala=2>

**Wilson, R.J.S., Luckman, B.H., 2002.** Tree-ring reconstruction of maximum and minimum temperatures and the diurnal temperatures range in British Columbia, Canada. Dendrochronologia, 20: 257-268.

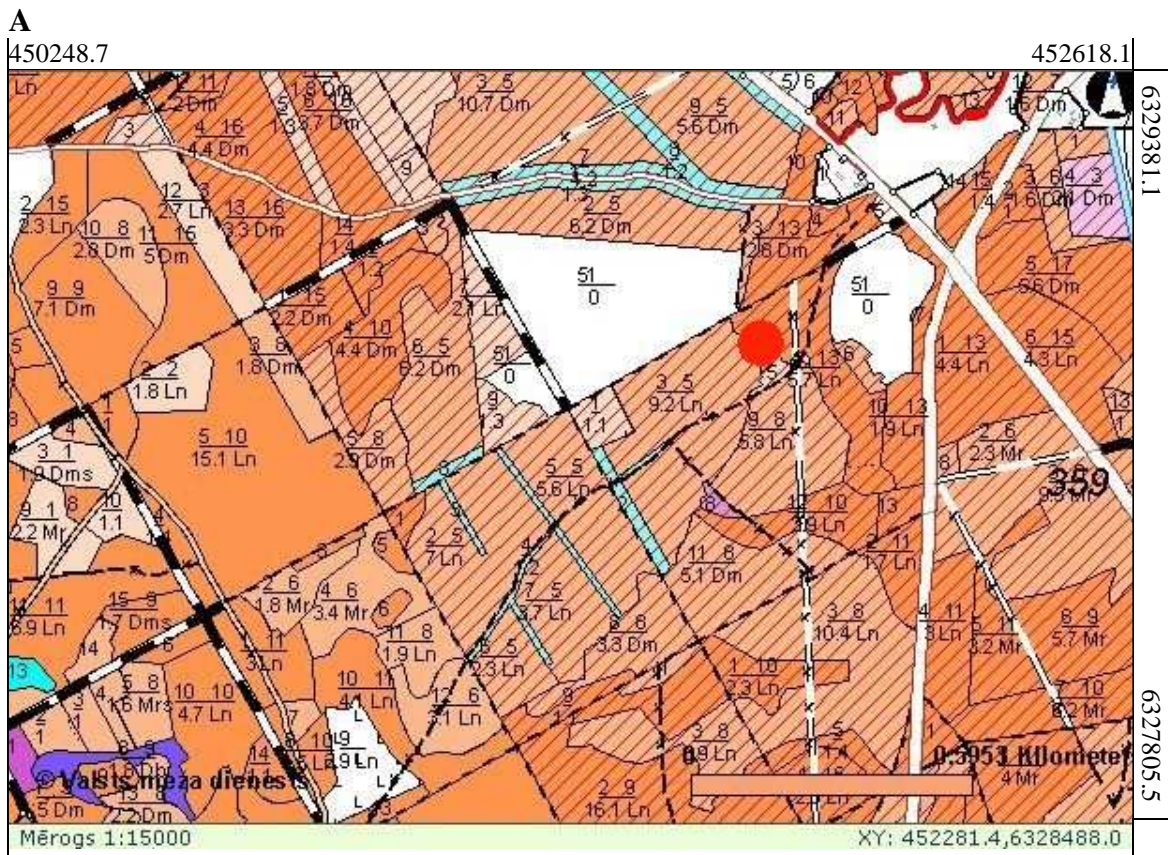
**Yeh, H.-Y., Wensel, L.C., 2000.** The relationship between tree diameter growth and climate for coniferous species in northern California. Canadian Journal of Forest Research, 30: 1463-1471.

**Zackrisson, O., 1977.** Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. Oikos, 29: 22-32.

# **PIELIKUMI**

**1. pielikums.** Engure 1 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

**Annex 1.** Location of Engure 1 sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).

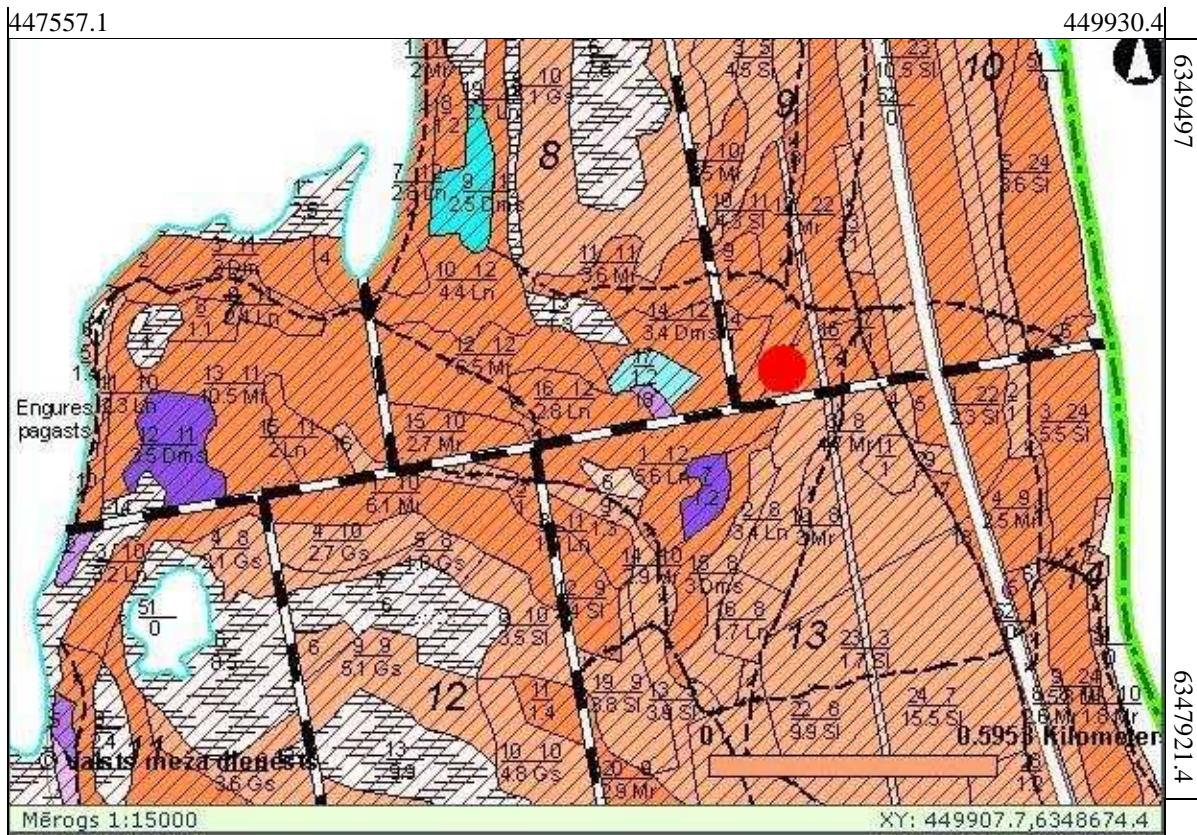




**2. pielikums.** Engure 2 parauglaurkuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

**Annex 2.** Location of Engure 2 sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).

**A**



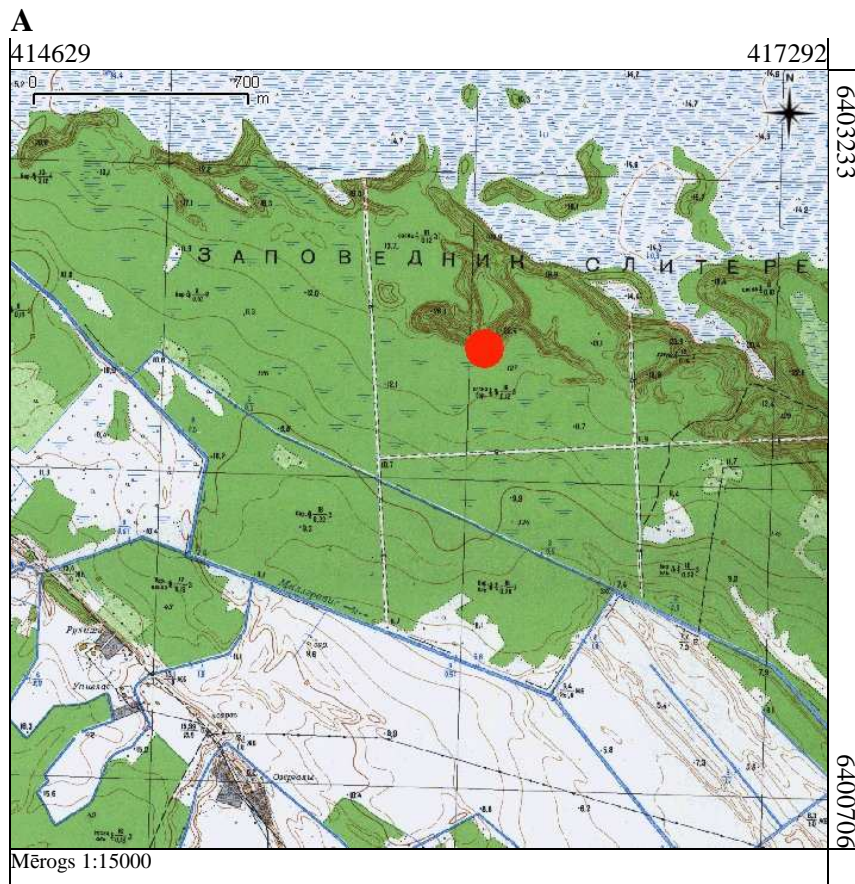
**B**





**3. pielikums.** Kolka 1 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – topogrāfiskā karte, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

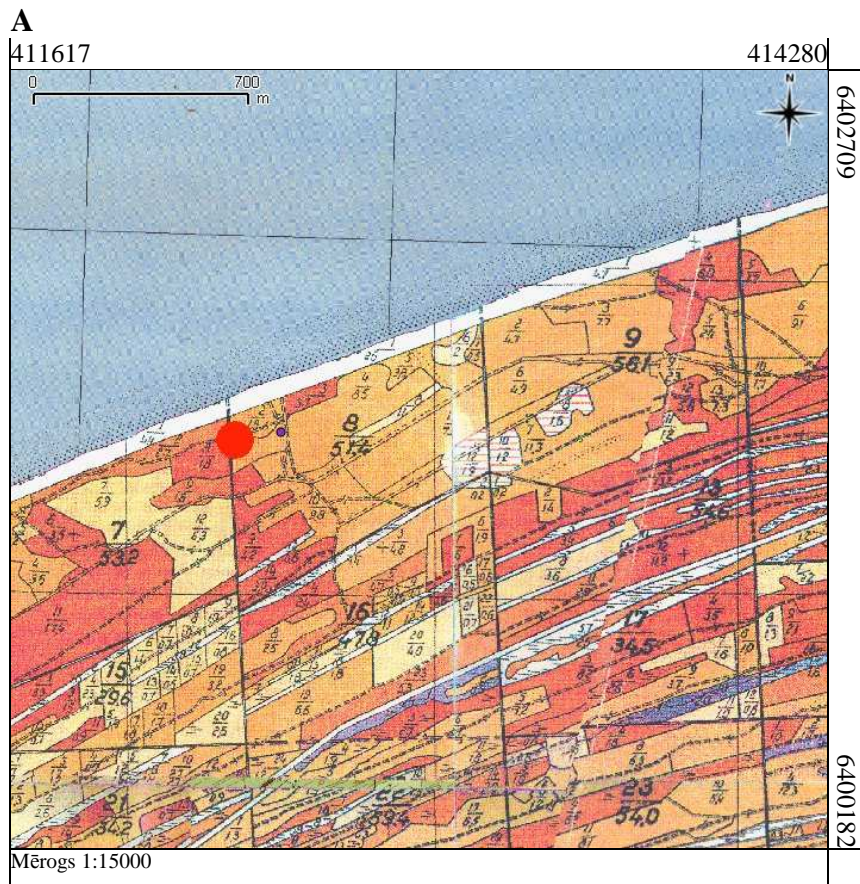
**Annex 3.** Location of Kolka 1 sampling-site (marked with red dot): A – topographic map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**4. pielikums.** Kolka 2 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

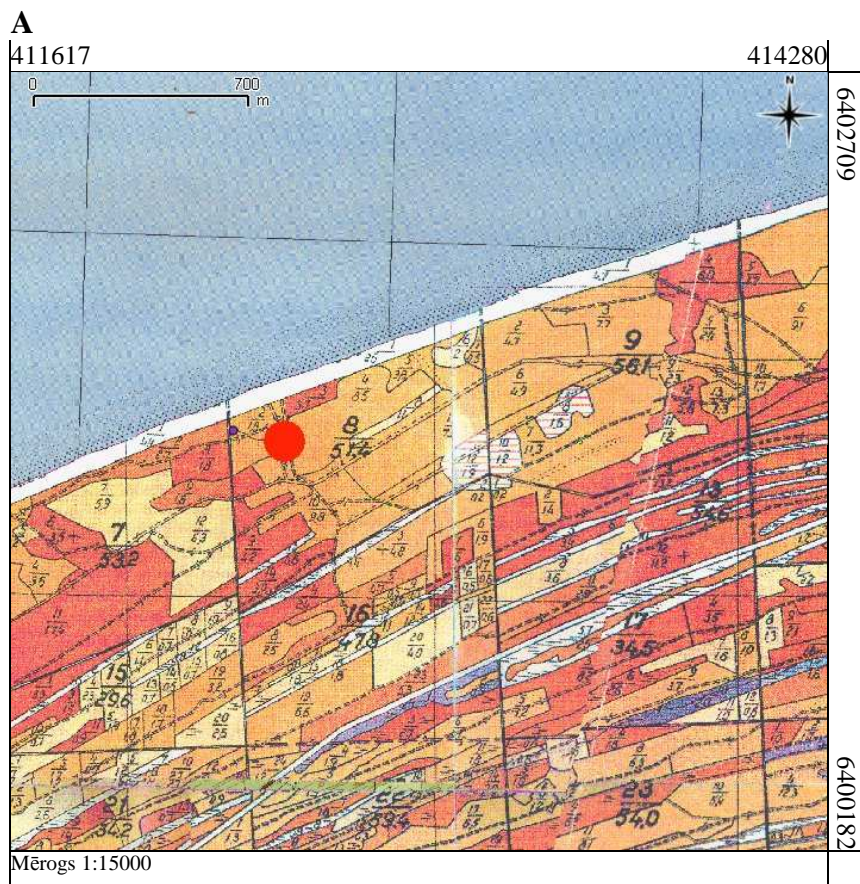
**Annex 4.** Location of Kolka 2 sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**5. pielikums.** Kolka 3 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

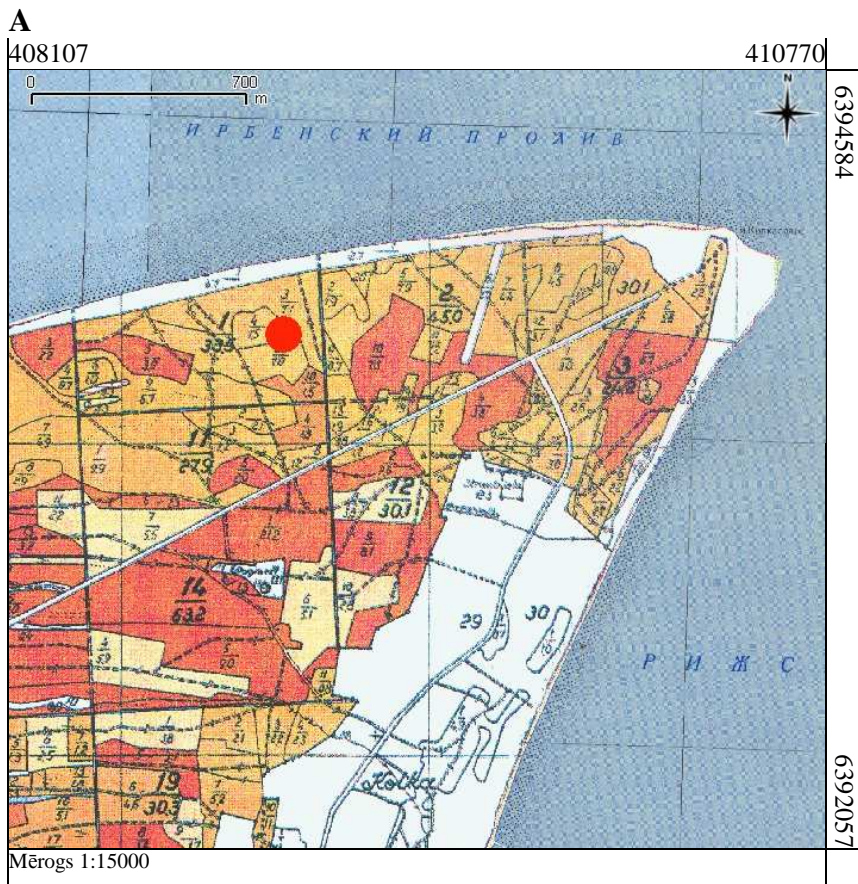
**Annex 5.** Location of Kolka 3 sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**6. pielikums.** Kolka 4 parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

**Annex 6.** Location of Kolka 4 sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).



**7. pielikums.** Ķemeru parauglaurkuma novietojums: A – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

**Annex 7.** Location of Ķemeri sampling-site (marked with red dot): A – orthophoto image (State Forest Service, 2008).

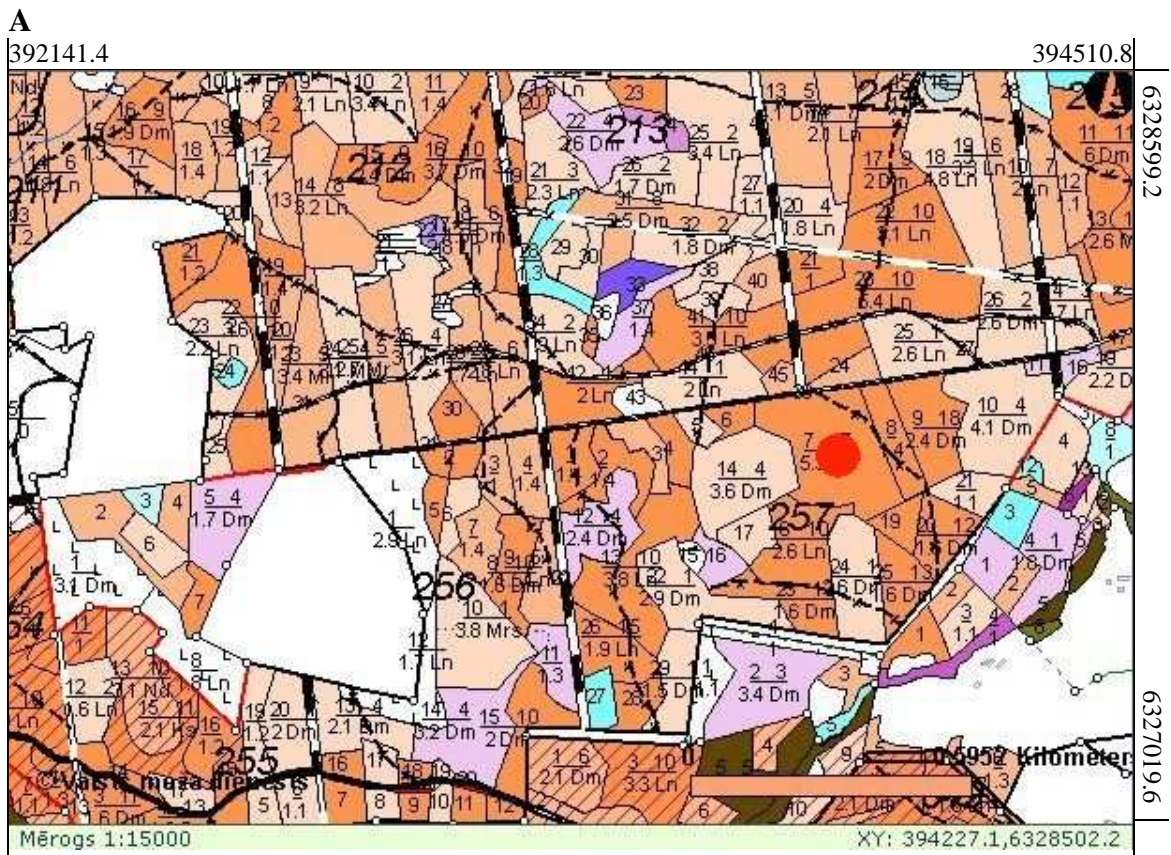
A





**8. pielikums.** Rendas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

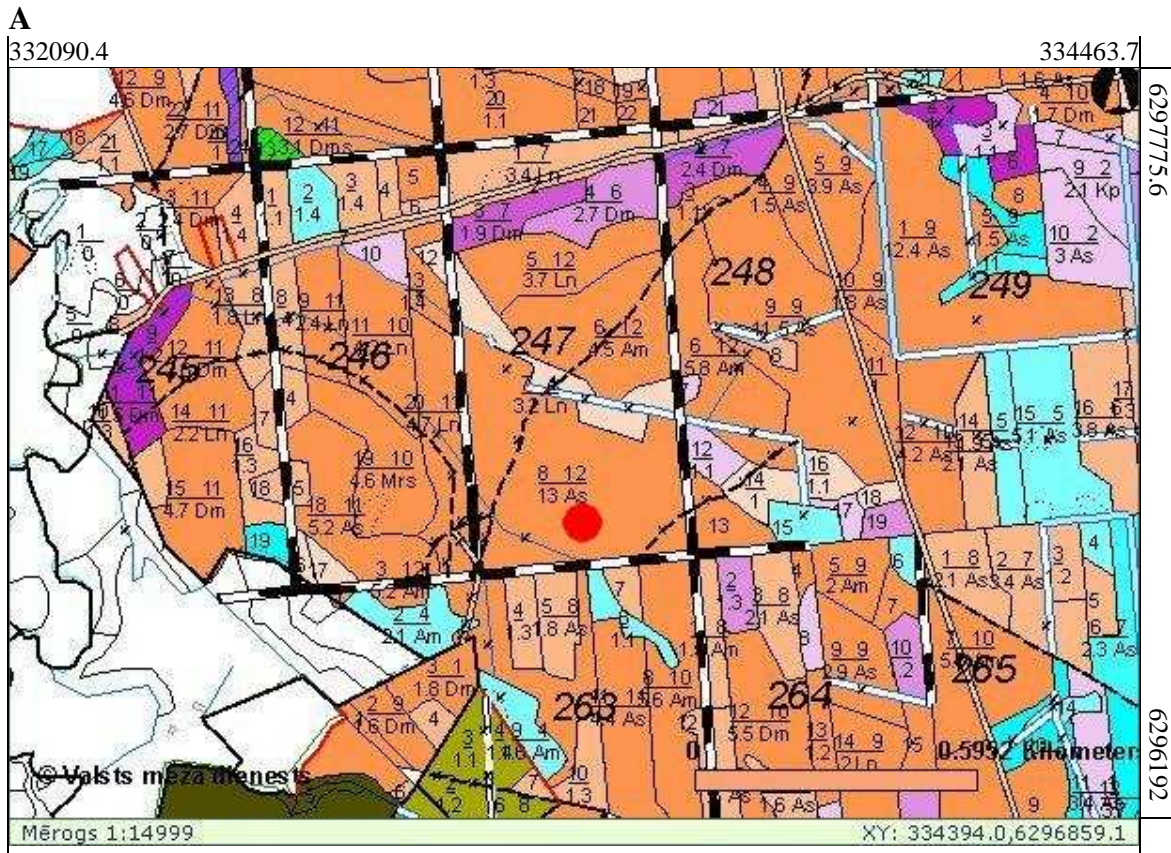
**Annex 8.** Location of Renda sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**9. pielikums.** Sakas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

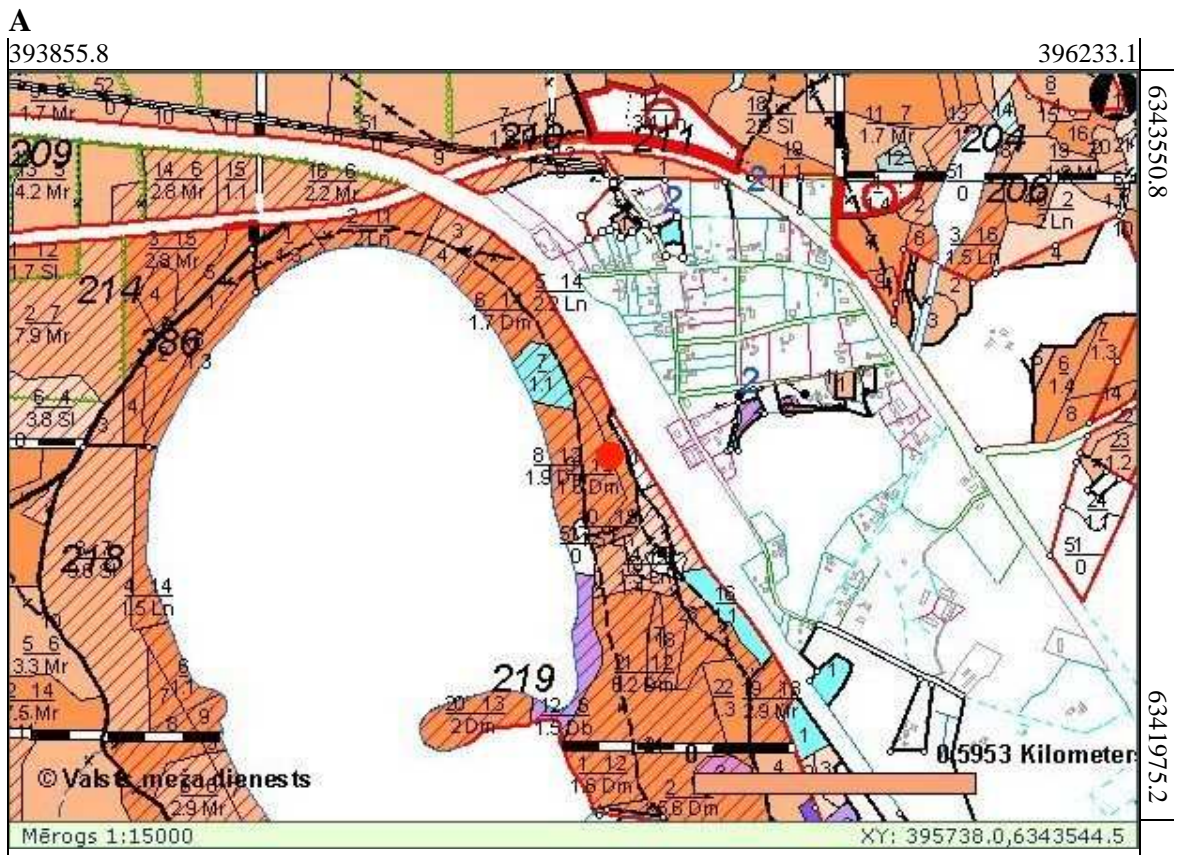
**Annex 9.** Location of Saka sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**10. pielikums.** Spāres parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

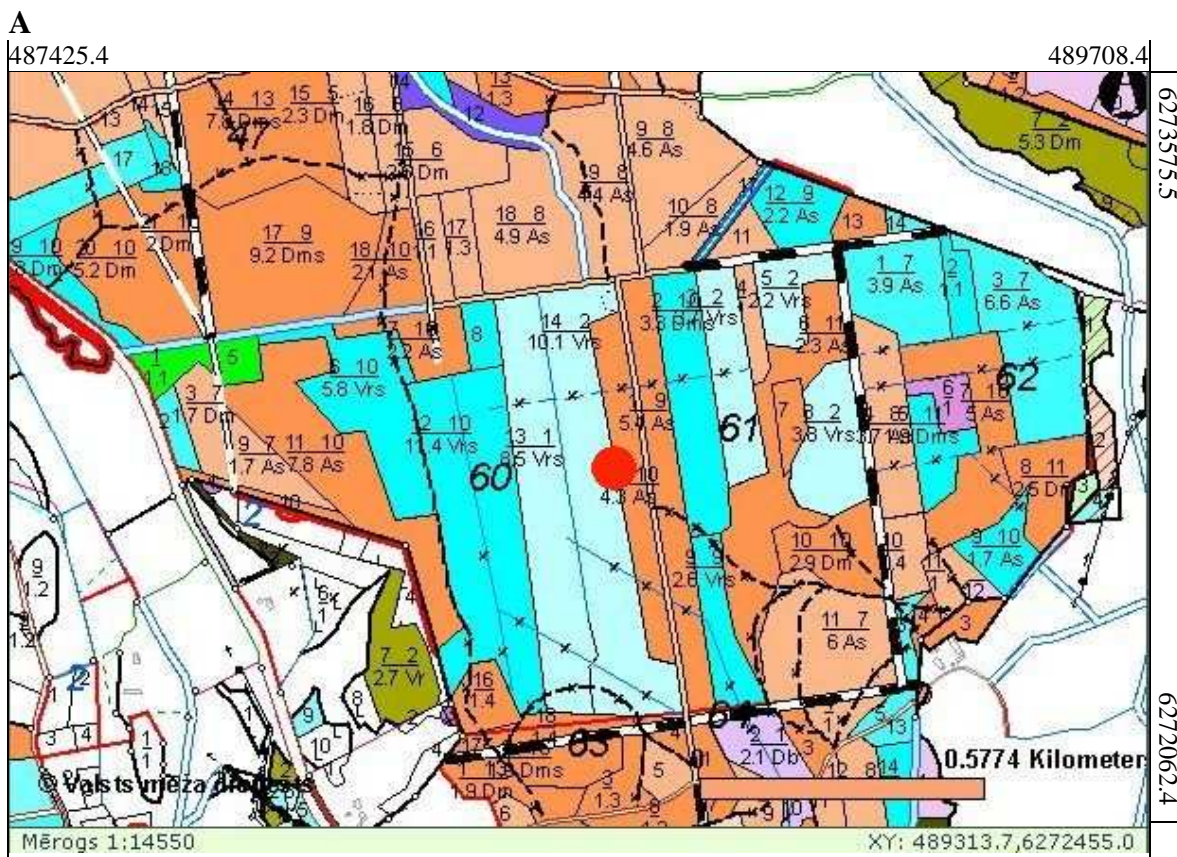
**Annex 10.** Location of Spāre sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





**11. pielikums.** Svirlaukas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

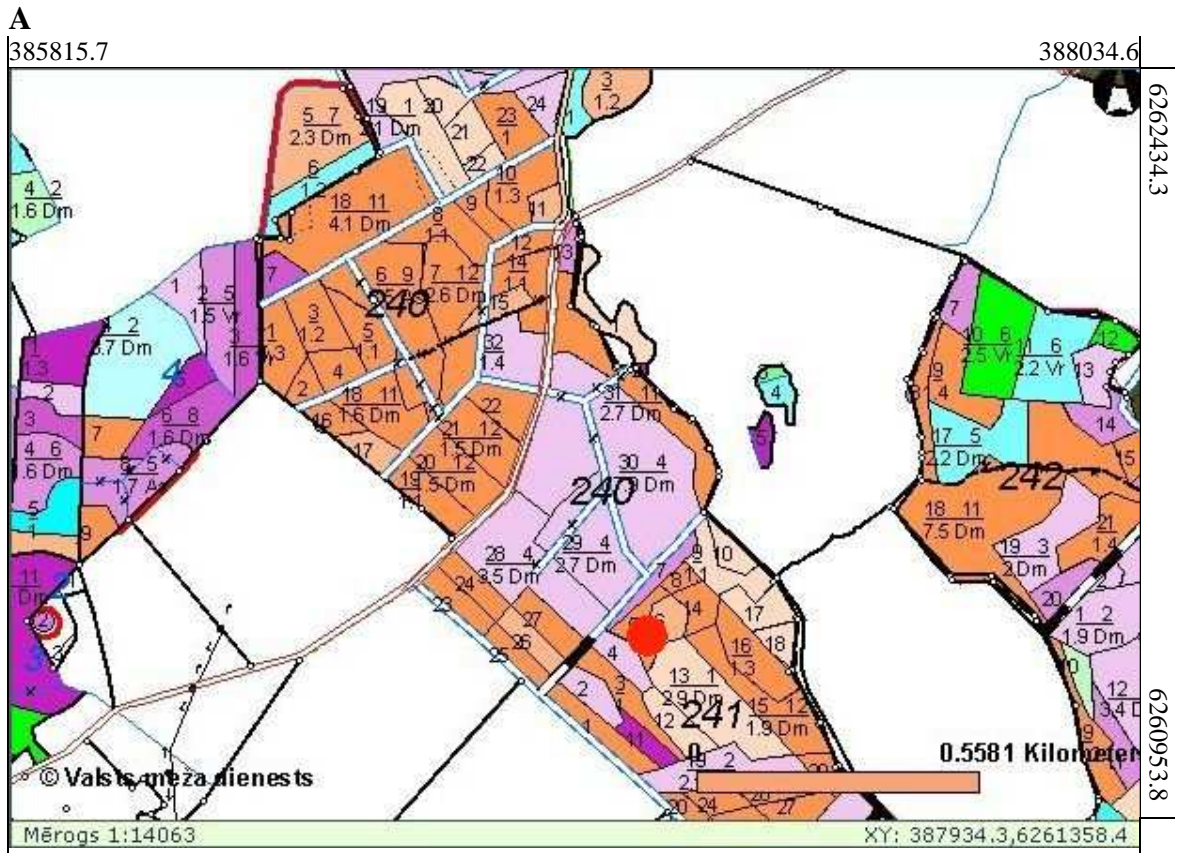
**Annex 11.** Location of Svirlauka sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).





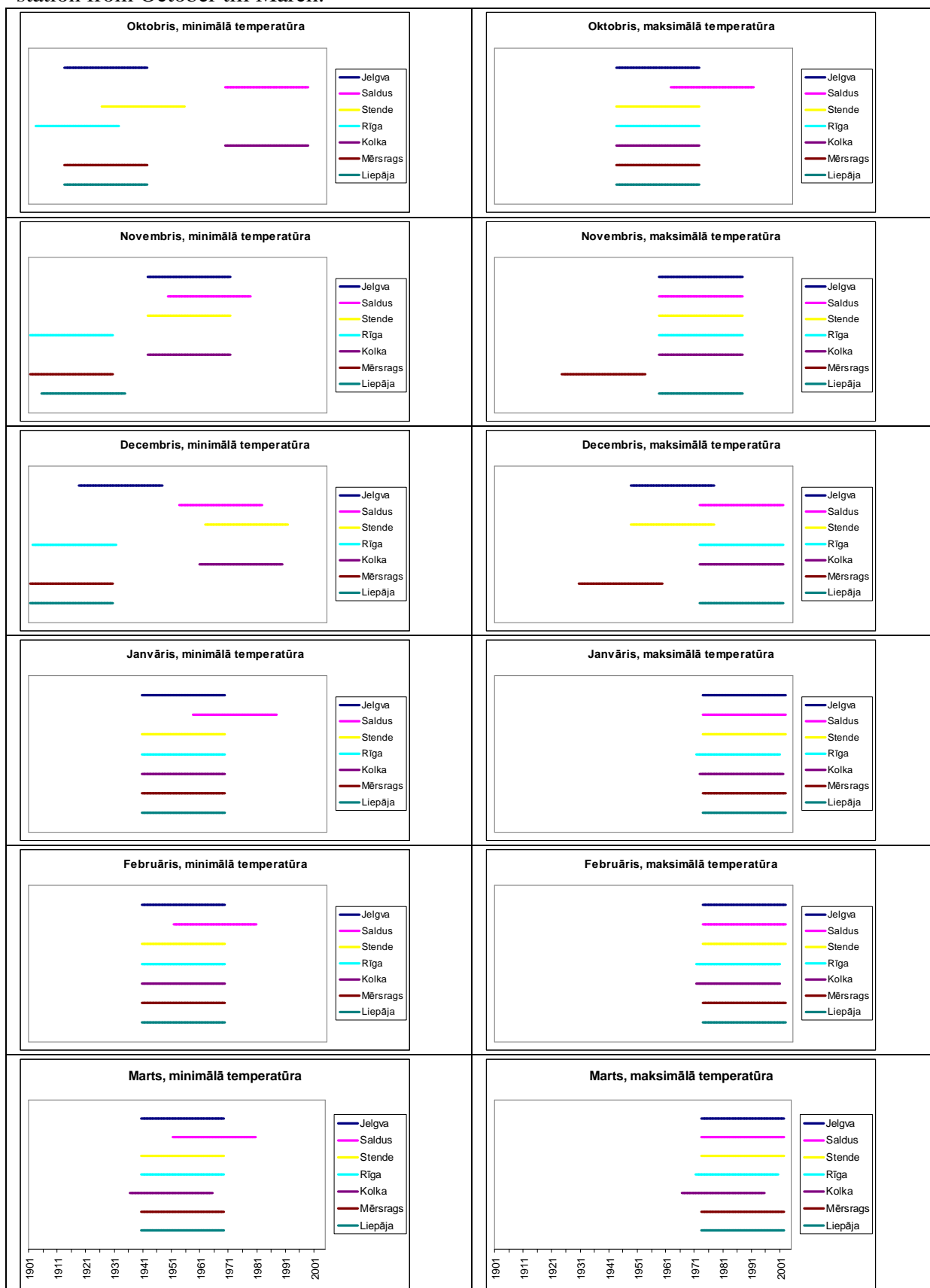
**12. pielikums.** Zaņas parauglaukuma novietojums (iezīmēts ar sarkanu punktu): A – mežaudžu plāns, B – ortofoto attēls (Valsts meža dienests, 2008).

**Annex 12.** Location of Zaņa sampling-site (marked with red dot): A – forest inventory map; B – orthophoto image (State Forest Service, 2008).



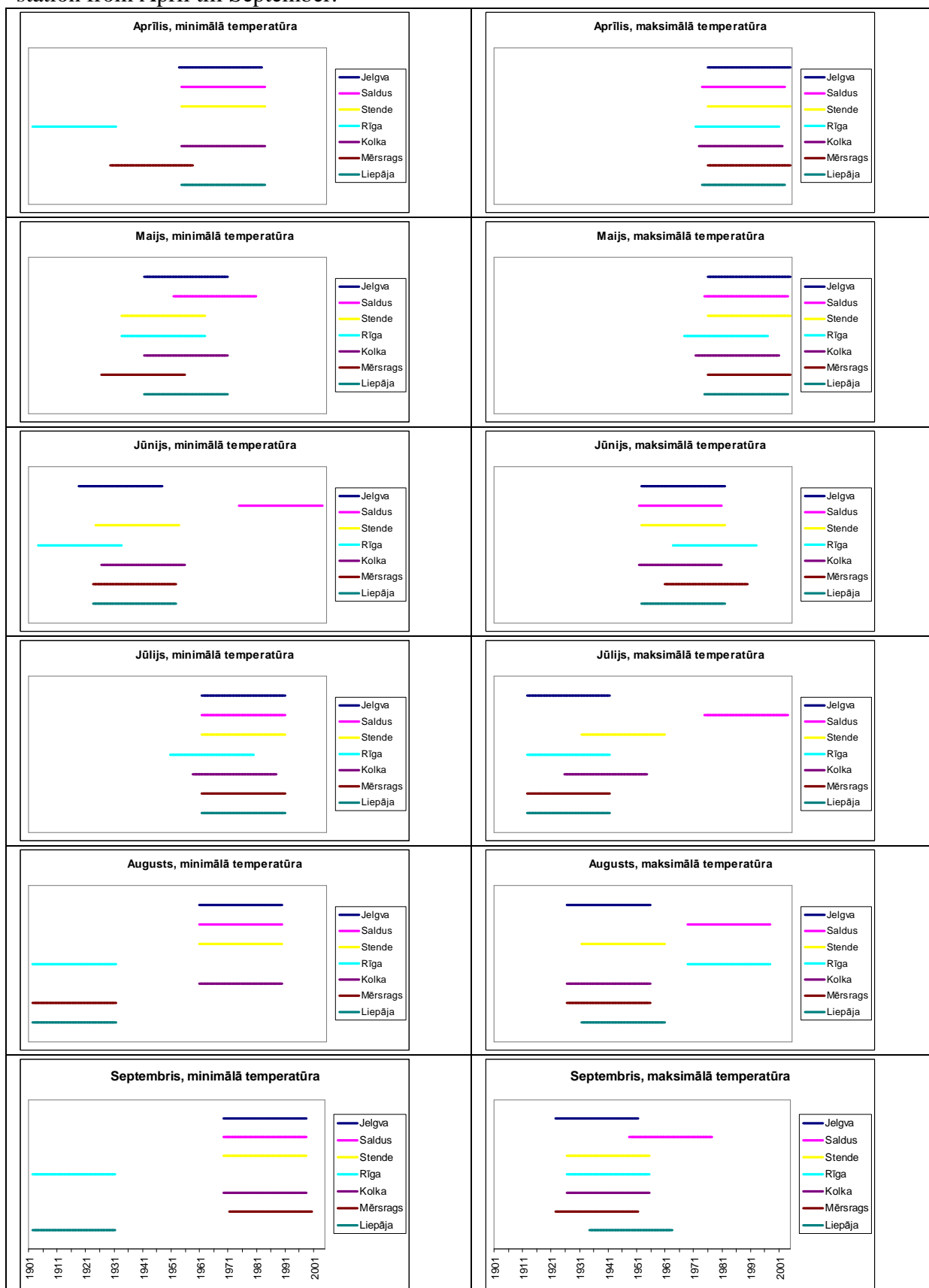
**13. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolka, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no oktobra līdz martam.

**Annex 13.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean air temperature at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station from October till March.



**14. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no aprīļa līdz septembrim.

**Annex 14.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean air temperature at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station from April till September.



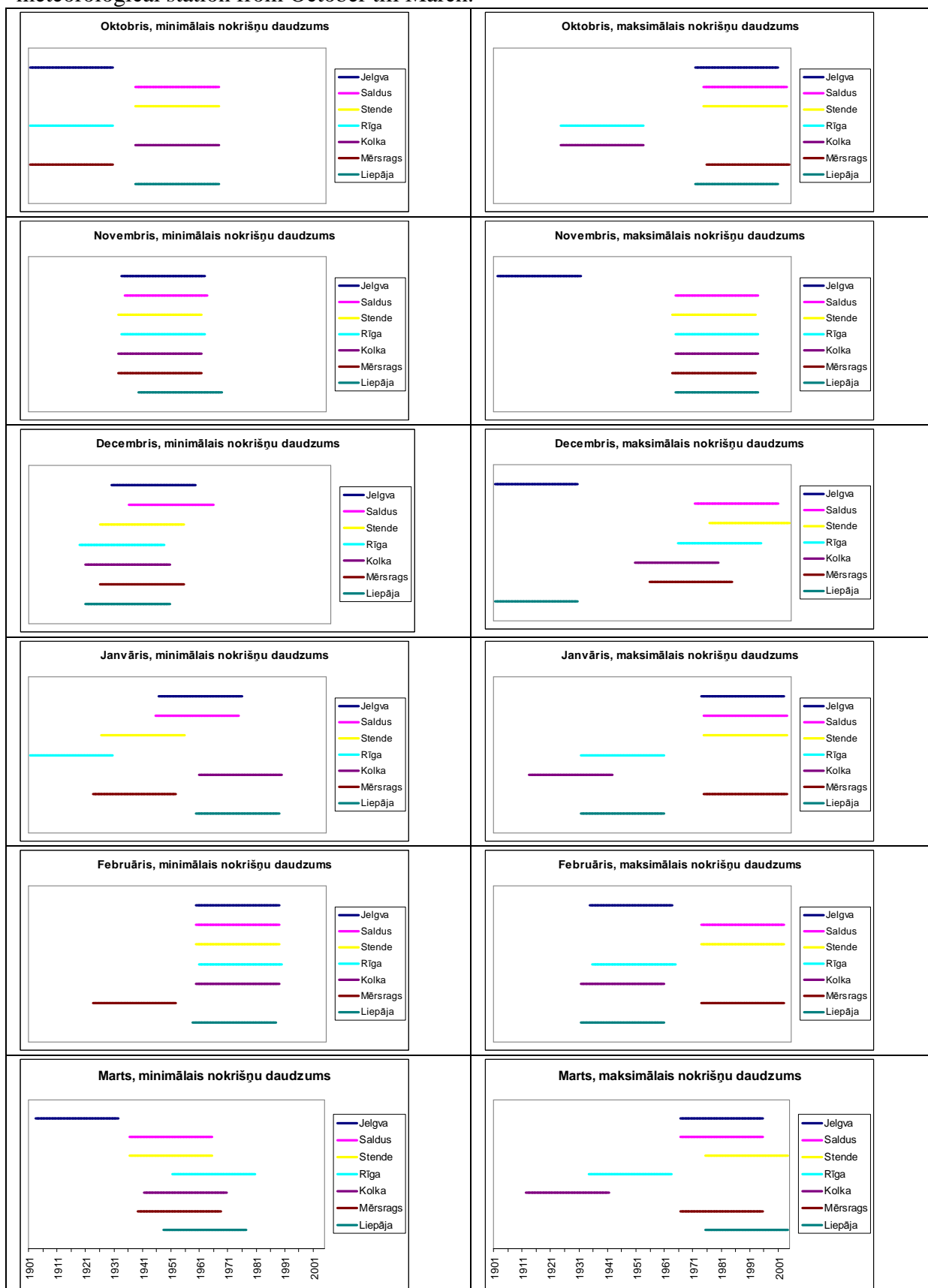
**15. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo gaisa temperatūru Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās rudenī, ziemā, pavasarī, vasarā un sezonā.

**Annex 15.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean air temperature at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station in autumn, winter, spring, summer and season.



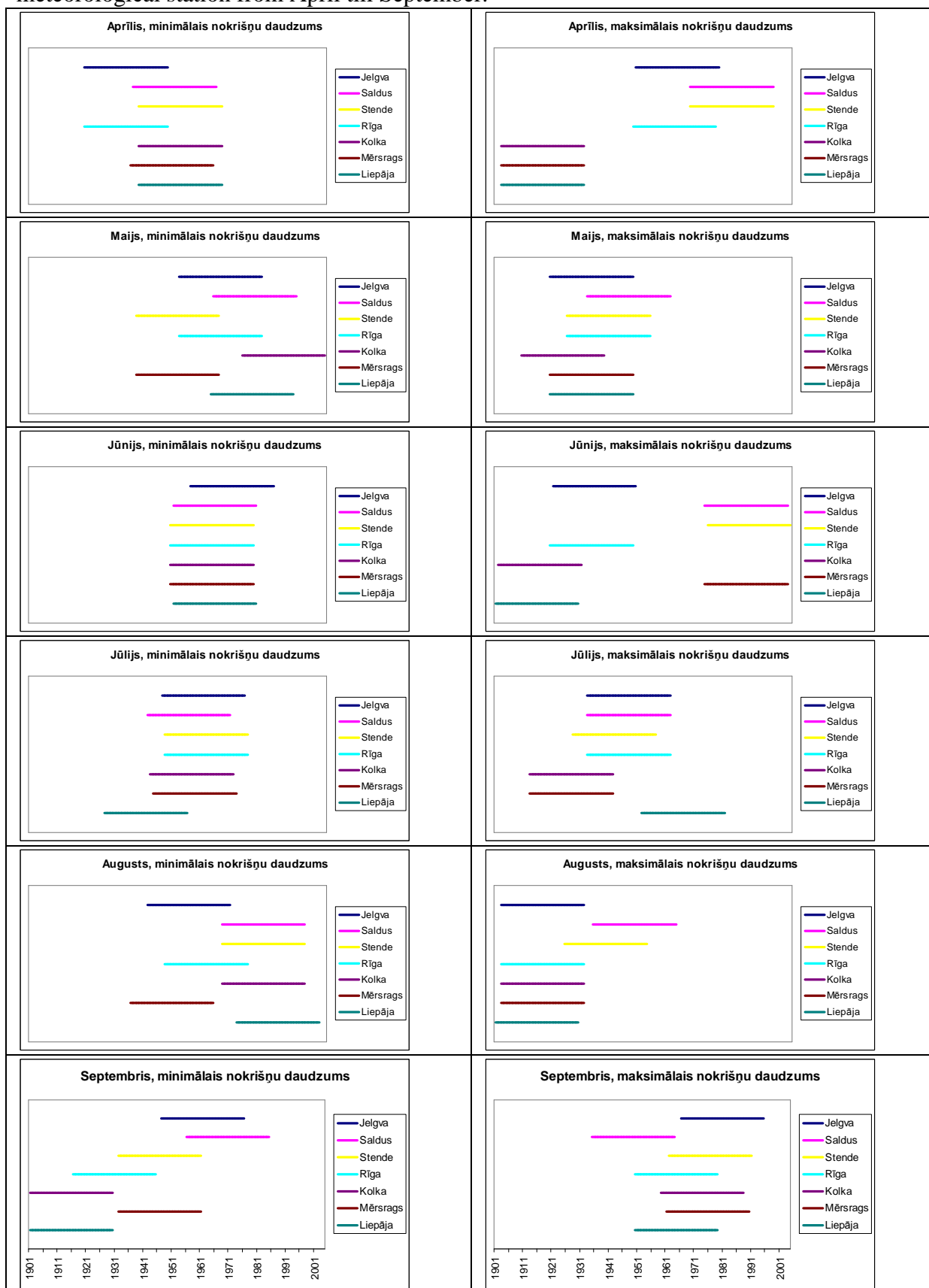
**16. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no oktobra līdz martam.

**Annex 16.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean precipitation sum at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station from October till March.



**17. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās no aprīļa līdz septembrim.

**Annex 17.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean precipitation sum at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station from April till September.



**18. pielikums.** 30 gadu laika periodi ar zemāko (minimālā) un augstāko (maksimālā) vidējo nokrišņu daudzumu Jelgavas, Saldus, Stendes, Rīgas, Kolkas, Mērsraga un Liepājas meteoroloģiskajās stacijās rudenī, ziemā, pavasarī, vasarā un sezonā.

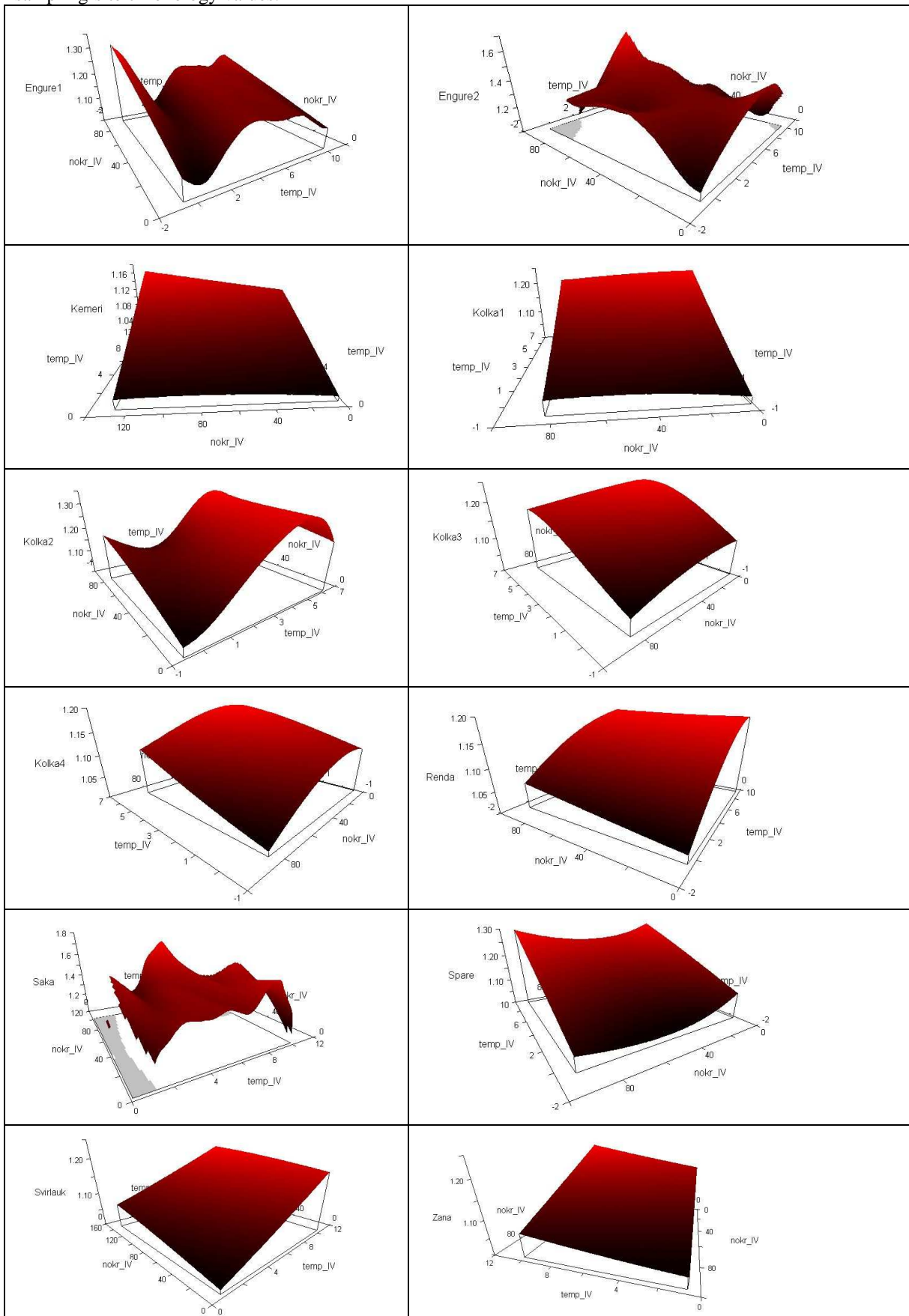
**Annex 18.** 30 year time periods with the lowest (minimālā) and the highest (maksimālā) mean precipitation sum at Jelgava, Saldus, Stende, Rīga, Kolka, Mērsargs and Liepāja meteorological station in autumn, winter, spring, summer and season.





**19. pielikums.** Attiecība starp nokrišņu daudzumu (mm) aprīlī (nokr\_IV), vidējo gaisa temperatūru (°C) aprīlī (temp\_IV) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2, Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumos.

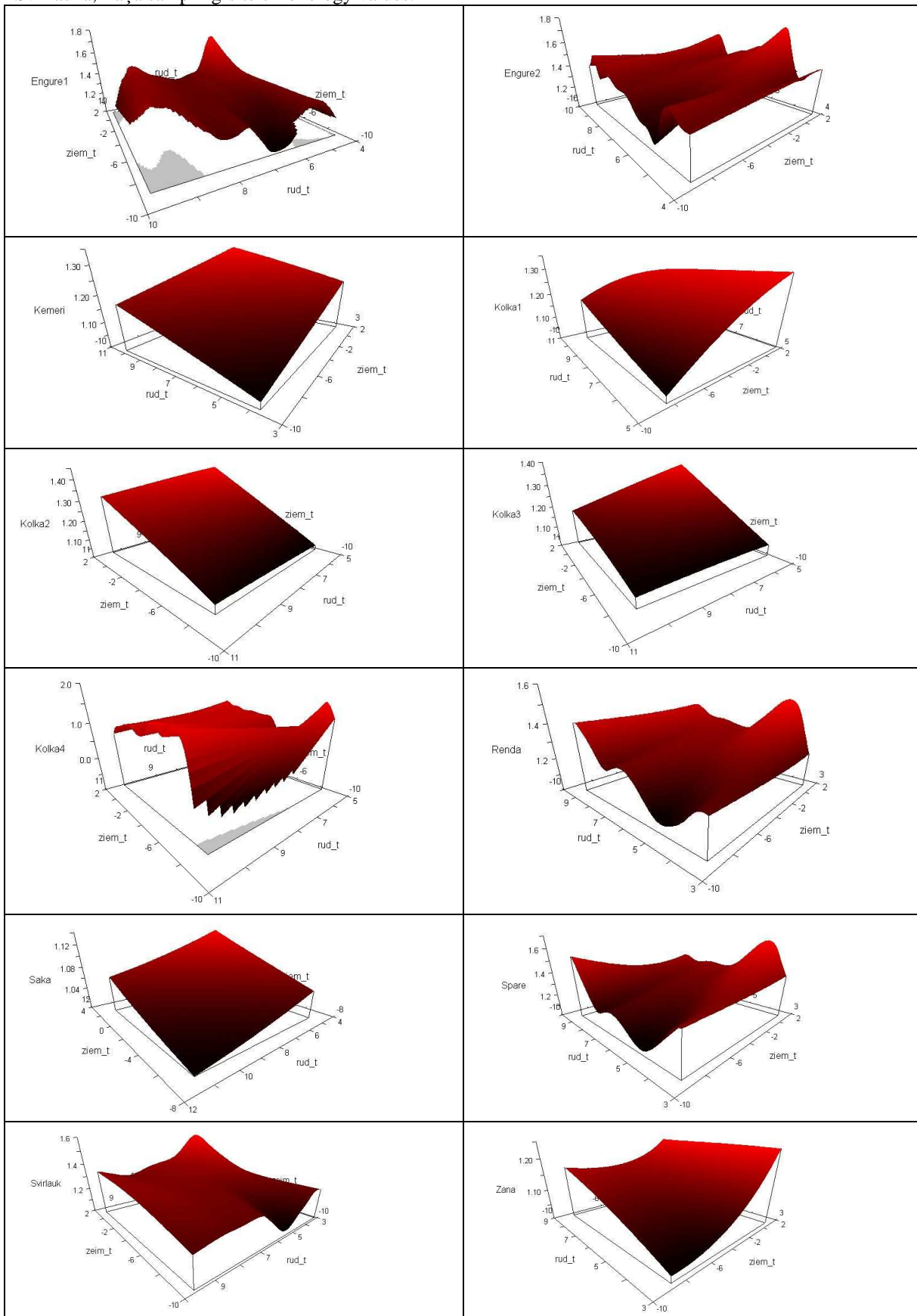
**Annex 19.** Relationship between April (nokr\_IV) precipitation sum (mm), April (temp\_IV) mean air temperature (°C) and Engure 1, Engure 2, Ķemeri, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Renda, Saka, Spāre, Svirlauka, Zaņa sampling-site chronology values.





**20. pielikums.** Attiecība starp vidējo gaisa temperatūru (°C) rudenī (rud\_t), vidējo gaisa temperatūru (°C) ziemā (ziem\_t) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2, Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumos.

**Annex 20.** Relationship between autumn (rud\_t) mean air temperature (°C), winter (ziem\_t) mean air temperature (°C) and Engure 1, Engure 2, Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Renda, Saka, Spāre, Svirlauka, Zaņa sampling-site chronology values.



**21. pielikums.** Attiecība starp nokrišņu daudzumu (mm) ziemā (ziem\_n), vidējo gaisa temperatūru (°C) ziemā (ziem\_t) un hronoloģiju vērtībām Engure 1, Engure 2, Ķemeru, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Rendas, Sakas, Spāres, Svirlaukas un Zaņas parauglaukumos.

**Annex 21.** Relationship between winter (ziem\_n) precipitation sum (mm), winter (ziem\_t) mean air temperature (°C) and Engure 1, Engure 2, Ķemeri, Kolka 1, Kolka 2, Kolka3, Kolka 4, Renda, Saka, Spāre, Svirlauka, Zaņa sampling-site chronology values.

