

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
GEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE

ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

LITA LIZUMA

PROMOCIJAS DARBS

**GAISA TEMPERATŪRAS UN ATMOSFĒRAS NOKRIŠŅU
MAINĪBAS RAKSTURS RĪGĀ**

ĢEOGRĀFIJAS NOZARE
DABAS ĢEOGRĀFIJAS APAKŠNOZARE

RĪGA, 2008

ANOTĀCIJA

Promocijas darbs „**Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu mainības raksturs Rīgā**” tika izstrādāts laika posmā no 2000. līdz 2008. gadam Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeogrāfijas nodaļā. Darba zinātniskie vadītāji Ansis Zīverts, *Dr. habil. sc. ing.* un Agrita Briede, *Dr. geogr.*

Pētījuma mērķis bija veikt gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo radītāju ilgtermiņa pārmaiņu analīzi Rīgā, balstoties uz izveidotām homogēnām diennakts vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras un diennakts atmosfēras nokrišņu novērojumu datu rindām novērojumu stacijai Rīga-Universitāte.

Pētījuma izpildei izvirzīti sekojoši uzdevumi:

- izveidot homogēnas ilggadīgās diennakts vidējās gaisa temperatūras (1795-2006), diennakts maksimālās un minimālās gaisa temperatūras (1852-2006) un diennakts atmosfēras nokrišņu datu rindas (1851-2006) novērojumu stacijai Rīga-Universitāte;
- veikt Rīgas pilsētas klimatu ietekmējošo faktoru analīzi, tostarp pilsētas ietekmi uz gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu sadalījumu;
- analizēt un novērtēt gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo lielumu ilgtermiņa mainības tendences, izmantojot gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksus;
- izvērtēt iegūtos rezultātus saistībā ar radniecīgu pētījumu datiem Eiropā un Baltijas jūras reģionā

Darbā aprakstīti Rīgas pilsētas klimatu veidojošie faktori. Veikts gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu sadalījuma un kvantitatīvu atšķirību izvērtējums dažādās pilsētas vides teritorijās.

Pirmo reizi Latvijā analizēta gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilggadīgo novērojumu datu homogenitāte, noteikti neklimatisko faktoru ietekmes rādītāji.

Klimata apstākļu mainība Rīgā raksturota, balstoties uz ilggadīgākajiem meteoroloģisko novērojumu datiem Latvijas teritorijā, kas līdz šim klimata pētījumos nav izmantoti. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu izvērtējums veikts izmantojot 16 gaisa temperatūras un 9 atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo vērtību indeksus.

SUMMARY

PhD thesis „**The character of variations in the air temperature and precipitation in Riga**” was elaborated at the Department of Geography, Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia in the years of 2000-2008 under the scientific guidance of Ansis Zīverts, *Dr. habil. sc. ing.* and Agrita Briede, *Dr. geogr.*

The research was aimed at the analysis of the air temperature and precipitation in Riga based on the homogeneous daily mean, minimum and maximum air temperature and daily precipitation data series of the meteorological station Riga-University.

The objective of the research was attained through:

- gathering, digitizing and homogenizing daily mean air temperatures (1795-2006), daily maximum and minimum air temperatures (1852-2006) and daily precipitation (1851-2006) data series;
- description of factors forming the climate of the city of Riga with the examination of the urban environment effect on the air temperature and precipitation;
- examination of long-term tendencies in the mean and extreme values of the air temperature and precipitation based on the calculated climate indices;
- comparison of the results obtained with those of similar research works performed in Europe and the Baltic Sea region.

The paper treats factors involved in the formation of the Riga's climate as well as the distribution of air temperatures and quantitative estimation of precipitation within the territory of the city.

An exhaustive analysis is provided of homogeneity of long-term air temperature and precipitation data series as well as the identification of the effect of non-climatic factors.

Analysis of the air temperature and precipitation in Riga was carried out based on the longest meteorological data series available that had not ever been used before in climate studies. 16 air temperature and 9 precipitation mean and extreme indices were employed in the evaluation of the variations in the air temperature and precipitation.

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeogrāfijas nodaļā un Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūrā laikā no 1999. gada septembra līdz 2008. gada jūlijam Darbs izstrādāts ar ESF atbalstu (līgums Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063 (LU ESS2004/3)).

Darba vadītājs: asoc. prof., *Dr. geogr. Agrita Briede*

PROMOCIJAS PADOMES SASTĀVS

Priekšsēdētājs:

Locekļi:

OFICIĀLIE RECENZENTI

Promocijas darba aizstāvēšana

Ar promocijas darbu var iepazīties

Atsauksmes sūtīt:

SATURS

Ievads	6
1. Rīgas pilsētas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu režīms un tos ietekmējošie faktori	
1.1. Saules radiācija un atmosfēras cirkulācija	10
1.2. Gaisa temperatūras režīms	13
1.3. Atmosfēras nokrišņu režīms	16
1.4. Rīgas pilsētas mezoklimatiskās iezīmes	17
2. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu rindu homogenizēšana	
2.1. Literatūras apskats. Meteoroloģisko novērojumu rindu homogenitāte un tās analīzes metodes	25
2.2. Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu vēsture	30
2.3. Novērojam stacijas Rīga-Universitāte gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilggadīgo novērojumu datu rindu homogenizēšana	36
2.3.1. Tiešās homogenizēšanas metodes un rezultāti	38
2.3.2. Netiešās homogenizēšanas metodes un rezultāti	46
3. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu tendenču analīze Rīgā pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgo novērojumu datiem	
3.1. Literatūras apskats. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo vērtību izmaiņas	52
3.2. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu analīzes metodes	
3.2.1. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksi	58
3.2.2. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu analīzes metodes	62
3.3. Gaisa temperatūras vidējo un ekstremālo parametru pārmaiņu tendences	64
3.4. Atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo parametru pārmaiņu tendences	83
4. Secinājumi	92
5. Literatūra	94

IEVADS

Klimata pārmaiņas, to ietekme uz dabas apstākļiem un daudzām cilvēku darbības sfērām, ir viens no svarīgākajiem jautājumiem pasaulē. Īpaša nozīme tiek veltīta klimata ekstremālo lielumu izpētei, kas var radīt lielus zaudējumus, tajā skaitā būtiski ietekmēt cilvēku veselību un dzīvību.

Klimata pārmaiņu pētījumi tiek veikti divos galvenajos virzienos – pagātnes klimatisko apstākļu izpēte un nākotnes klimata iezīmju prognozēšana.

Vēsturisko klimatisko apstākļu izpēte balstās uz ilggadīgo instrumentālo un neinstrumentālo ģeofizikālo procesu novērojumu datiem. Izmantojot empīriskos novērojumu datus tiek noteiktas galvenās klimata sistēmas likumsakarības, kas ir pamatā klimata modeļiem. Modeļi tiek pielietoti, lai prognozētu nākotnes klimata pārmaiņu spektru, novērtētu iespējamās ietekmes, ko šīs pārmaiņas varētu izraisīt dažādās pasaules vietās un reģionos. Nākotnes klimata pārmaiņu novērtējums savukārt ir pamats pielāgošanās pasākumu izstrādāšanai, lai pēc iespējas mazinātu negatīvās sekas, ko varētu izraisīt dažādi klimata pārmaiņu procesi. Nākotnes klimata prognožu precizitāte lielā mērā ir atkarīga no materiāla kvalitātes, kas tiek izmantots dažādu procesu un likumsakarību izziņāšanai.

Precīzākas informācijas iegūšanai par klimata sistēmu darbību, attīstību un pārmaiņām, ir nepieciešamas pēc iespējas garākas klimatisko novērojumu datu rindas. Daudzi vēsturiskie meteoroloģisko un klimatisko apstākļu novērojumi materiāli vēl arvien glabājas arhīvos, nav apzināti un netiek izmantoti. Bez tam vēsturiskās oriģinālo novērojumu datu rindas lielā mērā ir ietekmējuši faktori, kas nav saistīti ar svārstībām vai pārmaiņām klimata sistēmās – instrumentu maiņa, novērojumu veikšanas metodikas un laika izmaiņas, novērojumu vietas pārceļšana u.c. Nozīmīga klimatologu un klimata pārmaiņu pētnieku darbības sfēra šodien ir vēsturisko novērojumu datu apzināšana, digitizācija un homogenizācija kvalitatīva novērojumu materiāla iegūšanai klimata pārmaiņu pētījumiem.

Līdz šim Latvijas klimata pārmaiņu izpētei galvenokārt izmantoti novērojumu dati mēnešu griezumā. Precīzākas informācijas iegūšanai, īpaši ekstremālo lielumu novērtējumam, nepieciešams izmantot datus vismaz diennakts griezumā. Promocijas darbs tika veltīts Latvijas teritorijā visgarāko Rīgas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu diennakts novērojumu datu rindu izveidošanai un analīzei.

Rīgas pilsēta atrodas Latvijas centrālajā daļā, Rīgas jūras līča dienvidu piekrastē, Viduslatvijas zemienē, abos Daugavas krastos. Rīgas pilsētas platība ir 307 km² (LR Centrālā statistikas pārvalde). Rīga ir tipiska līdzenuma pilsēta ar atsevišķiem pauguriem, no kuriem augstākais ir Dzegužkalns - 26 m virs jūras līmeņa. Rīga ir Latvijas galvaspilsēta un galvenais industriālais, darījumu, kultūras un finanšu centrs. Rīgā dzīvo 722 485 (2007.g.) pastāvīgie iedzīvotāji (LR Centrālā statistikas pārvalde). Klimata apstākļu un to mainības tendenču izpēte Rīgas pilsētai sniedz nozīmīgu informāciju par pilsētas dabas apstākļiem un to pārmaiņām, kas var ietekmēt cilvēku dzīvi un daudzas darbības sfēras.

Darba mērķis

Veikt gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo radītāju ilgtermiņa pārmaiņu analīzi Rīgā, balstoties uz izveidotām homogēnām diennakts vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras un diennakts atmosfēras nokrišņu novērojumu datu rindām novērojumu stacijai Rīga-Universitāte.

Darba galvenie uzdevumi:

1. Izveidot homogēnas ilggadīgās diennakts vidējās gaisa temperatūras (1795-2006), diennakts maksimālās un minimālās gaisa temperatūras (1852-2006) un diennakts atmosfēras nokrišņu datu rindas (1851-2006) novērojumu stacijai Rīga-Universitāte.
2. Veikt Rīgas pilsētas klimatu ietekmējošo faktoru analīzi, tostarp pilsētas ietekmi uz gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu sadalījumu.
3. Analizēt un novērtēt gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo lielumu ilgtermiņa mainības tendences, izmantojot gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksus.
4. Izvērtēt iegūtos rezultātus saistībā ar radniecīgu pētījumu datiem Eiropā un Baltijas jūras reģionā.

Darba novitāte:

- Pirmo reizi Latvijā veikta vispusīga divpakāpju gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilggadīgo novērojumu datu homogenitātes analīze.
- Pirmo reizi Latvijā gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu analīzei izmantoti gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksi.
- Izveidotas un analizētas ilggadīgās klimatisko novērojumu datu rindas novērojumu stacijai Rīga-Universitāte, kas līdz šim nav izmantotas klimata pētījumos.

Promocijas darba rezultātu aprobācija

Pētījumu rezultāti publicēti 7 zinātniskajos žurnālos un izdevumos:

1. Lizuma, L. (2000) An Analysis of a Long-Term Meteorological Data Series in Riga. *Folia Geographica*, 8, 53-60.
2. Briede, A., Lizuma, L. (2002) Long-term and seasonal changes of runoff and its relation to climatic variability in Latvia. In *proceedings: XXII Nordic Hydrological Conference*. Røros, Norway 4-7 August 2002 Vol II, 623-630.
3. Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V., Lizuma, L., Firsk, T. (2004) Ice regime of rivers in relation to climatic variability and North Atlantic Oscillation. *Proc. Latv. Acad. Sci., ser. B*, 58 (3/4), 131-140.
4. Reihan, A., Koltsova, T., Kriauciuniene, J., Lizuma, L., Meilutyte-Barauskiene, D. (2007) Changes in water discharges of the Baltic states rivers in the 20th century and its relation to climate change. *Nordic Hydrology*, 38 (4-5), 401-412.
5. Briede, A., Lizuma, L. (2007) Long-term variability of precipitation in the territory of Latvia. In: *Climate Change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp.35-44.
6. Lizuma, L., Kļaviņš, M., Briede, A., Rodinovs, V. (2007) Long-term changes of air temperatures in Latvia. In: *Climate Change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp.11-20.

7. Kolcova, T., Lizuma, L., Rogozova, S., Smith, M. (2007) Climate change impacts on hydrological processes in Latvia. In: *Climate Change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 86-96.

Autore ziņojusi par pētījuma rezultātiem 8 konferencēs:

1. Otrais Pasaules Latviešu zinātnieku Kongress, Rīga - 14.-15.08.2001.

Lizuma, L. un Briede, A. (2001) Variability of temperature and precipitation in Latvia. In: 2nd Congress of Latvian Scientists. Programmes and Abstracts, Latvian Academy of Sciences, Riga p.273

2. 4th Symposium on the Urban Environment, American Meteorological Society, Norfolk VA - 20.-24.05.2002.

Lizuma L. Intensity and dynamics of urban heat island in Riga.

3. 4th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases. Budapests, Hungaria - 06.-10.10.2003.

Lizuma, L. and Pirozenok, L. (2003) Meteorological network and long-term observations in Latvia. Homogenization of temperature data in Riga. WCDMP-No.56, WMO-TD No. 1236, 169-177.

4. European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources. Reykjavik, Iceland – 05.–09.06.2006.

Koltsova, T., Lizuma, L., Smith, M. (2006) Climate change and hydropower production perspectives in Latvia. Abstarct Volume. Nordic Energy Research. Nordic project on climate and energy, 187-191

5. 6th ECSN (European Climate Support Network) Data Management Workshop. Vienna, Austria - 20.-22.11.2008.

Lizuma, L., Briede, A. Report: Long-term daily temperature and precipitation data records of Riga.

6. EGU General Assembly 2008. Vienna, Austria - 13.-18.04.2008.

Lizuma, L. Briede, A. Report: Homogenisation of the longest meteorological data series in Latvia: temperature and precipitation records from Riga.

7. 6th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases. Budapests, Hungaria - 26.-30.05.2008.

Lizuma, L., Protopopova, V., Briede, A. Report: Experience regarding detecting inhomogeneities in temperature time series using MASH.

8. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference Rīga.- 28.02.2008

Lizuma, L. (2008) Ilgtermiņa diennakts vidējās gaisa temperatūras rinda novērojumu stacijai Rīga-Universitāte. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. LU, Rīga. 101-102.

Lizuma, L. (2008) Temperatūras indeksu izmaiņu analīze pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgajiem dienakts temperatūras novērojumu (1795-2006) datiem. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. LU, Rīga. 102-104.

Pateicības

Esmu daudz pateicības parādā savam pirmajam zinātniskajam vadītājam, dziļas cilvēcības un inteliģences personībai, profesoram Ansim Zīvertam, kurš atbalstīja, iedrošināja un deva daudz vērtīgu padomu.

Vislielāko pateicību izsaku savai zinātniskajai vadītājai Agritai Briedei par drosmi uzņemties darba vadīšanu, pacietību un konstruktīvo sadarbību.

Darba tapšanas gaitā vērtīgus padomus un ierosinājumus, kā arī praktisku palīdzību snieguši profesors Māris Kļaviņš, Iveta Šteinberga, Marta Smita, Anita Draveniece, Elga Apsīte. Vislielāko pateicību izsaku daudzajiem darba kolēģiem Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūrā par lielo morālo atbalstu.

Darbs izstrādāts ar ESF atbalstu

(līgums Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063 (LU ESS2004/3)).

1. RĪGAS PILSĒTAS GAISA TEMPERATŪRAS UN ATMOSFĒRAS NOKRIŠŅU REŽĪMS UN TOS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI

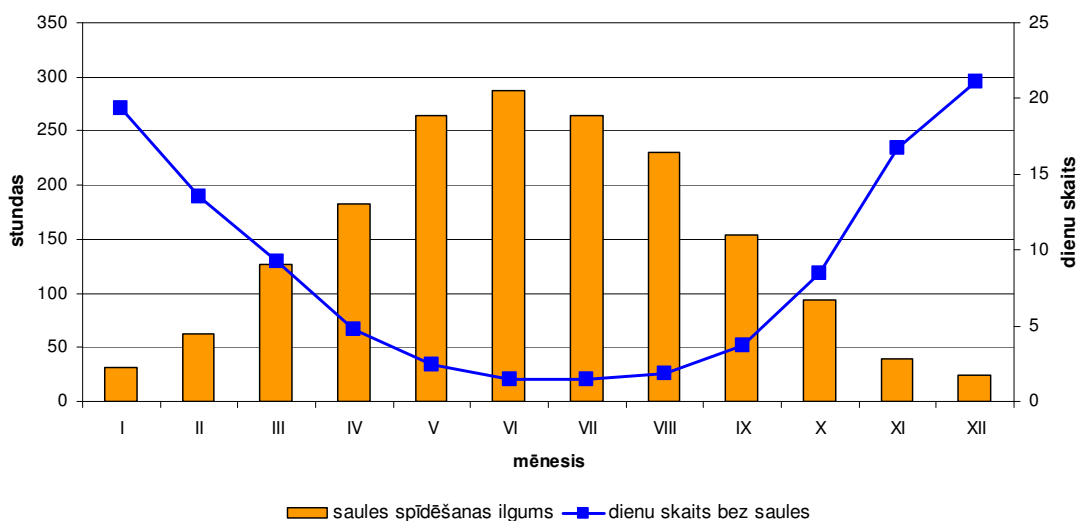
1.1.Saules radiācija un atmosfēras cirkulācija

Klimats ir sarežģīta interaktīva sistēma, ko veido atmosfēra, Zemes aktīvā virsma, sniegs, ledus, okeāni un citi ūdens objekti, kā arī dzīvie organismi. Atmosfēra ir viens no galvenajiem klimata sistēmu raksturojošajiem pamatelementiem. Klimats laika gaitā attīstās un mainās, to ietekmē gan dabiskie faktori, jeb sistēmas iekšējā dinamika, gan ārējie faktori. Noteicošie ārējie faktori ir Saules radiācija un atmosfēras sastāvs un tā izmaiņas (Le Treut et al., 2007).

Saules radiācija un saules spīdēšanas ilgums. Rīgas pilsētas klimata iezīmes lielā mērā ietekmē saules radiācijas daudzums, kas nonāk uz zemes virsmas un tā sezonālās svārstības. Savukārt saņemtais radiācijas daudzums ir atkarīgs no astronomiskajiem faktoriem – Saules lēkta un rietēšanas laika, kā arī no staru krišanas leņķa, ko nosaka vietas ģeogrāfiskais platums.

Diennakts garums un līdz ar to saules spīdēšanas ilgums Rīgā būtiski mainās gada griezumā. Visgarākā diena ir 22. jūnijs, kad dienas garums ilgst 17 stundas un 53 minūtes, bet īsākā diena ir 22. decembris ar dienas garumu tikai 6 stundas un 43 minūtes. Maksimālais saules staru krišanas leņķis 22. jūnijā sasniedz 56.4° , bet 22. decembrī tas ir tikai 9.6° (Климат Риги, 1983).

Saņemtais Saules radiācijas daudzums un tā bilance atkarīga no saules spīdēšanas ilguma, ko ietekmē gan dienas garums, gan mākoņu daudzums. Rīgā saule spīd vidēji 1762 stundas gadā (1961.-1990.g.). Vasaras mēnešos saules spīdēšanas ilgums ir apmēram 230-290 stundas, bet ziemas sezonā tikai 25-60 stundas (1.1.1. att.).

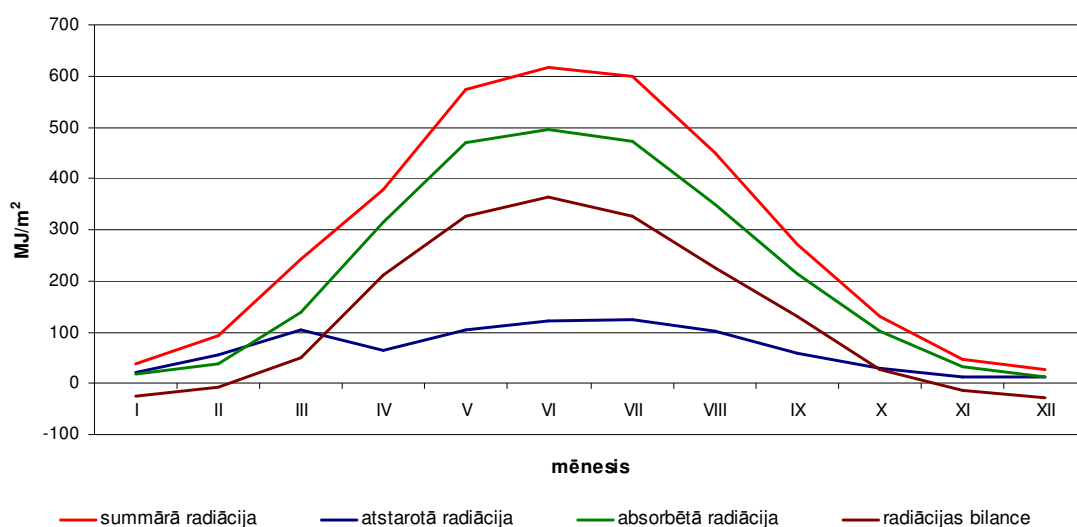


1.1.1. att. Vidējais saules spīdēšanas ilgums (stundas) un dienu skaits bez saules Rīgā (1961.-1990.)

Rīgā vidēji 103 dienas gadā ir bez saules, ko ietekmē paaugstinātais mākoņu daudzums visa gada garumā, īpaši ziemas un rudens sezonās. Vasaras periodā dienu skaits bez saules ievērojami mazāks, tikai vidēji 2 dienas, bet ziemā saule nespīd vidēji līdz pat 20 dienām mēnesī (1.1.1.att.). Faktiskais saules spīdēšanas ilgums sastāda tikai 55-57% no iespējamā saules spīdēšanas ilguma vasaras mēnešos un 14-25% ziemas mēnešos.

Vidējā summārā gada saules radiācija Rīgā ir 3460.9 MJ/m^2 , jūnijā - 615.9 MJ/m^2 , bet decembrī 25.2 MJ/m^2 (Климат Риги, 1983) (1.1.2. att.). Summārā radiācija tiek saņemta tiešās un izkliedētās radiācijas veidā. Radiācijas daudzums, ko saņem dažādas virsmas, ir atkarīgs no šo virsmu orientācijas attiecībā pret saules stariem. Vidējais gada tiešās radiācijas daudzums Rīgā uz saules stariem perpendikulāru virsmu ir 3356.2 MJ/m^2 , bet horizontāla virsma saņem tikai 1730.4 MJ/m^2 lielu enerģijas daudzumu (Климат Риги, 1983). Pilsētas vidē, kāda ir Rīga, apbūve un saules stariem perpendikulāri un vertikāli orientētās virsmas, ir viens no faktoriem, kas nosaka papildus enerģijas absorbēšanu, salīdzinot ar neapbūvētajām teritorijām. Vidēji gadā tiešās saules radiācijas uz horizontālu virsmu un izkliedētās radiācijas attiecība ir 1:1, kas nozīmē, ka puse no radiācijas, kas nonāk uz zemes virsmas, tiek saņemta tiešās radiācijas veidā, bet otru puse – izkliedētās radiācijas veidā. Šai sakarībai ir labi izteikta gada gaita. Rudenī un ziemā enerģiju izkliedētās radiācijas veidā zemes virsma saņem ievērojami vairāk kā tiešās radiācijas veidā. Laikā no maija līdz augustam tiešās radiācijas ir vairāk. Tiešās un izkliedētās Saules radiācijas sadalījumu ietekmē mākoņu daudzums, kas ir galvenais radiācijas izkliedētājs atmosfērā

Summārā radiācija, kas nonāk uz Zemes virsmas, tiek absorbēta un atstarota. Atstarotās radiācijas daudzums ir atkarīgs no aktīvās virsmas rakstura. Procentos izteikto atstarotās radiācijas daudzumu sauc par albedo. Kopumā gada laikā vidējais albedo lielums pēc stacionārajiem novērojumu datiem Rīgā ir 23% (Климат Риги, 1983). Lielākas albedo skaitliskās vērtības tiek novērotas ziemā (vidējais janvāra mēneša albedo lielums 57%), mazākas- pavasarī (vidējais albedo lielums aprīlī un maijā 17-18%). Dažādu aktīvo virsmu ietekme uz Saules radiācijas atstarošanu un absorbēšanu pilsētvides apstākļos tiks aplūkots, analizējot Rīgas pilsētas mezoklimatisko īpašību atšķirības.



1.1.2. att. Saules radiācijas (MJ/m^2) vidējās mēnešu vērtības Rīgā (Климат Риги, 1983)

Absorbējot saules radiāciju, zemes virsma vienlaicīgi to zaudē garo viļņu izstarošanas rezultātā, ko sauc par efektīvo izstarojumu. Radiācijas bilanci veido starpība starp Zemes virsmas saņemto un zaudēto saules enerģijas daudzumu. Vidēji Rīgā radiācijas bilance ir 1583 MJ/m^2 . Ziemā radiācijas bilance ir negatīva, bet vasarā – pozitīva (1.1.2. att.) (Климат Риги, 1983).

Saņemtās Saules radiācijas un tās bilances izmaiņas var būt viens no faktoriem, kas ietekmē gaisa temperatūras pārmaiņas Rīgā. Līdz šim veikto pētījumu rezultāti liecina, ka Rīgā ilggadīgā laika periodā ir samazinājies saules spīdēšanas ilgums un palielinājies mākoņu daudzums (Lizuma, 2000). Nozīmīgas mākoņu daudzuma un saules spīdēšanas ilguma pārmaiņas ir raksturīga 20. gs. klimata iezīme Eiropā kopumā un Baltijas jūras reģionā, kas ir viens no faktoriem, kas ietekmē atmosfēras temperatūras pārmaiņas un svārstības (Tuomenvirta et al., 2000; Keevallik and Russak, 2001; Matuszko, 2003; Moberg et al., 2003).

Atmosfēras cirkulācijas īpatnības. Atmosfēras cirkulācijas īpatnības, bāriskie veidojumi un teritorijā valdošās gaisa masas, ir svarīgs faktors, kas ietekmē laika apstākļus, klimata īpašības kopumā, to svārstības sezonālā, gada griezumā un ilggadīgā periodā.

Vairāki pētījumi veltīti gaisa atmosfēras cirkulācijas rakstura noteikšanai Latvijā un Rīgā (Темникова, 1958; Любина, 1969; Климат Риги, 1983; Draveniece, 2007). Jaunākie pētījumi rāda, ka okeānisko gaisa masu vidējais biežums Rīgā ir 36%, transformēto okeānisko gaisa masu biežums ir 49% un kontinentālo gaisa masu vidējais biežums ir 14% (A. Draveniece, 2007). Latvijā ieplūstošās gaisa masas pēc regularitātes iedala trīs grupās: patstāvīgās jeb visu gadalaiku valdošās, sezonālās un neregulārās gaisa masas. Latvijas teritorijā valdošās patstāvīgās gaisa masas (pavisam 6 gaisa masu tipi) veido vispārējo klimatisko fonu, uz kura spilgtāk vai mazāk spilgti parādās sezonālo (7 gaisa masu tipi) vai neregulāro gaisa masu (2 gaisa masu tipi) veidotie laika apstākļi. Sezonālās gaisa masas ieplūst Latvijas teritorijā noteiktās sezonās, to ietekme ir maza vai tās vispār nenovēro. Savukārt neregulārās gaisa masas Latvijā netiek novērotas katru gadu un to parādīšanās var radīt ekstremālus laika apstākļus. Patstāvīgās gaisa masas Latvijas teritorijā ir novērojamas 63% gadījumu, bez tam katra atsevišķā tipa biežums nepārsniedz 19% (Draveniece, 2007). Valdošo gaisa masu nomaīņa un īpatnības var izraisīt krasas laika apstākļu, kā arī klimata īpatnību svārstības gan gadu no gada, gan arī ilggadīgā laika periodā.

Daudzi pētījumi ir parādījuši, ka nozīmīgs gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņu faktors ir atmosfēras cirkulācijas īpatnības un tās rakstura raksturo īslaicīgas vai ilglaicīgas pārmaiņas. Eiropā laika periodā no 1780.-1995. g. tika konstatēta cieša korelācijas sakarība starp atmosfēras cirkulācijas zonālajiem indeksiem, gada un sezonu vidējām gaisa temperatūrām (Jacobeit et al., 2001). Šis pētījums parādīja, ka sakarības ciešums starp Ziemeļatlantijas oscilācijas indeksiem, ziemas un vasaras temperatūrām krasi mainās laikā no 1850.g.-1870.g., kas iezīmē pārejas periodu atmosfēras cirkulācijas īpatnību izmaiņās no Mazā ledus laikmeta uz mūsdienu klimatu Eiropā. Arī daudzi citi pētījumi, kas veltīti atmosfēras cirkulācijas un gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu analīzei ir parādījuši, ka Eiropā pastāv cieša sakarība starp šiem elementiem (Hanssen-Bauer et al., 2000; Jones et al., 2001; Pozo-Vázquez et al., 2001). Baltijas jūras baseinā atmosfēras cirkulācijas īpatnības ir cieši saistītas ar gaisa temperatūras un nokrišņu svārstībām ilggadīgā laika periodā. Zviedrijas dienvidu daļā apmēram 70% no visām janvāra gaisa temperatūras svārstībām tiek saistīti ar trīs dažādiem atmosfēras cirkulācijas indeksiem (Chen, 2000). Skandināvijas valstīs korelācijas koeficients starp zonālo cirkulācijas indeksu un marta-aprīļa vidējo gaisa temperatūru svārstās robežās no +0.44 līdz +0.77, bet ar vasaras gaisa temperatūru

korelācijas sakarība ir no -0.23 līdz -0.36 (Heino et al., 2008). Līdzīgi pētījumi parādījuši, ka pastāv cieša korelācijas sakarība starp ziemas gaisa temperatūru un zonālo atmosfēras cirkulācijas indeksu Igaunijā (Jaagus, 2006). Arī starp nokrišņu daudzumu un atmosfēras cirkulācijas indeksiem Eiropā un Baltijas jūras reģionā konstatētas ciešas sakarības. Ziemas periodā atmosfēras nokrišņu summu pārmaiņas daļēji var tikt skaidrotas ar atmosfēras cirkulācijas izmaiņu īpatnībām, biežākiem rietumu vējiem un aktīvāku ciklonisko darbību (Busuioc et. al, 2001; Heino, 2008). Līdzīgi pētījumi par Latvijas klimata pārmaiņām ir parādījuši, ka temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņas un svārstības, īpaši ziemas sezonā, ir saistītas ar atmosfēras zonālās cirkulācijas intensitāti (Briede and Lizuma, 2007; Kļaviņš et al., 2007b).

Vairāki pētījumi ir bijuši veltīti atmosfēras cirkulācijas rakstura analīzei Rīgā un Latvijā (Темникова, 1958; Климат Риги, 1983; Draveniece, 2007) un atmosfēras cirkulācijas procesu ilgtermiņa pārmaiņām (Kļaviņš et al., 2007b). Šie pētījumi liecina, ka Latvijas teritorijā periodiski mainās valdošās gaisa masas un atmosfēras cirkulācijas raksturs, kas ir galvenais klimatisko apstākļu mainības iemesls ilggadīgā laikā. Salīdzinot dažādos laika periodos noteikto gaisa masu biežumu, secināts, ka polāro gaisa masu biežums 20.gs. 60.-70.gadu mijā bijis mazāks, bet tropisko gaisa masu biežums lielāks kā 50. gados. (Draveniece, 2007). Atmosfēras cirkulācijas raksturā laikā periodos 1900.-1902.g. un 1940.-1948.g. ir dominējusi meridionālā cirkulācija, bet sākot no 20 gs. 50-tajiem gadiem – zonālā cirkulācija, bez tam kopš 80-tajiem gadiem valdošais ir rietumu cirkulācijas tips (Kļaviņš et al., 2007b).

1.2. Gaisa temperatūras režīms

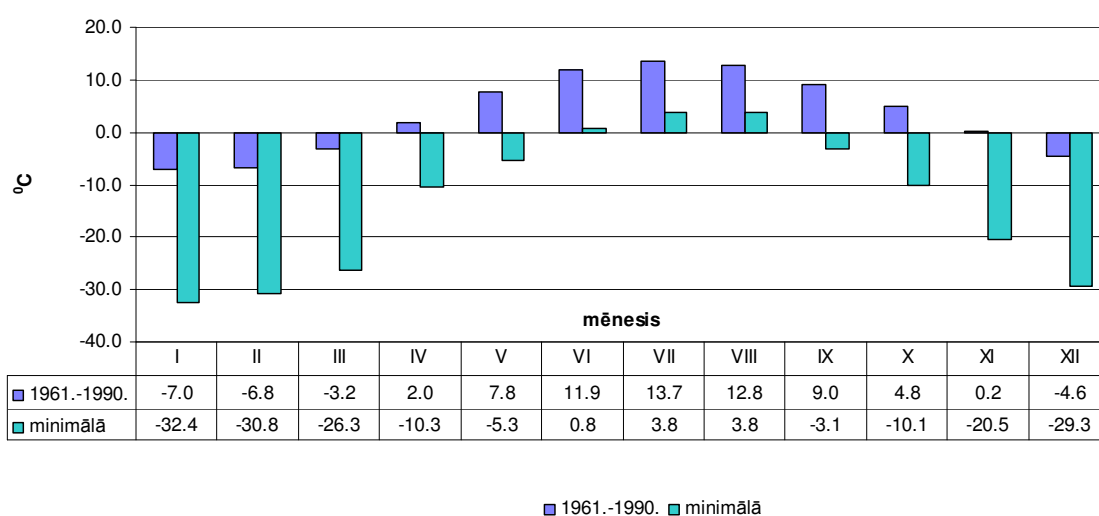
Saskaņā ar starptautisko praksi, gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu režīma vai vidējā stāvokļa raksturošanai tiek izmantots 30 gadu periods ko sauc par klimatisko normas periodu (WMO, 1983). Daudzās pasaules valstīs šodien praksē tiek lietoti divi dažādi klimatisko normu aprēķināšanas periodi 1961.-1990.g. un 1971.-2000.g. Pirmais periods tiek izmantots kā pamata informācija klimata apstākļu raksturošanai un salīdzināšanai globālā mērogā, kā arī kā etalons laika apstākļu vai noteikta perioda klimata apstākļu salīdzināšanai ar normu. Savukārt otrā perioda aprēķinātie dati tiek izmantoti šodienas klimata apstākļu raksturošanai, un tie sevī ietver jau notikušās klimata pārmaiņu pazīmes. Klimata pārmaiņu pētījumos kā atbalsta periods salīdzināšanai ar normu tiek rekomendēts laika periods 1961.-1990. (WMO, 2007).

Vidējā mēnešu un gada gaisa temperatūras dažādiem analizētajiem periodiem parādītas 1.2.1. tabulā. Vidējā gada gaisa temperatūra pēdējā 30 gadu periodā, īpaši ziemas un pavasara mēnešos, ir ievērojami augstāka kā iepriekšējos laika periodos. Tas liecina par būtiskām klimata pārmaiņām, kas sīkāk tiks analizētas turpmāk. Ziemas mēnešiem un sezonai kopumā, salīdzinot ar citām sezonām, raksturīgas ievērojami lielākas vidējo mēnešu un sezonas gaisa temperatūru standartnovirzes visos aplūkotajos laika periodos. Ziemas perioda laika apstākļi Rīgā ir visnepastāvīgākie un gaisa temperatūrām gadu no gada iespējamās ievērojamas svārstības un novirzes no normas rādītāja. Salīdzinot dažādu laika periodu vidējo mēnešu un sezonu gaisa temperatūru standartnovirzes, var secināt, ka ilggadīgā laika periodā mainās gaisa temperatūru svārstību lielums. Laika periodā pēc 20.gs 60-tajiem gadiem novērojamas mazākas gaisa temperatūru svārstības, īpaši pavasara periodā (1.2.1. tabula). Tas atbilst pētījuma rezultātiem, kuri parādīja gaisa temperatūras svārstību samazināšanos par 5-10% Eiropas ziemeļaustrumu daļā laikā no 19.gs beigām līdz 20.gs beigām (Moberg et.al., 2000).

Vidējā mēneša gaisa temperatūra (t, °C) un tās standartnovirze (s, °C) pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem

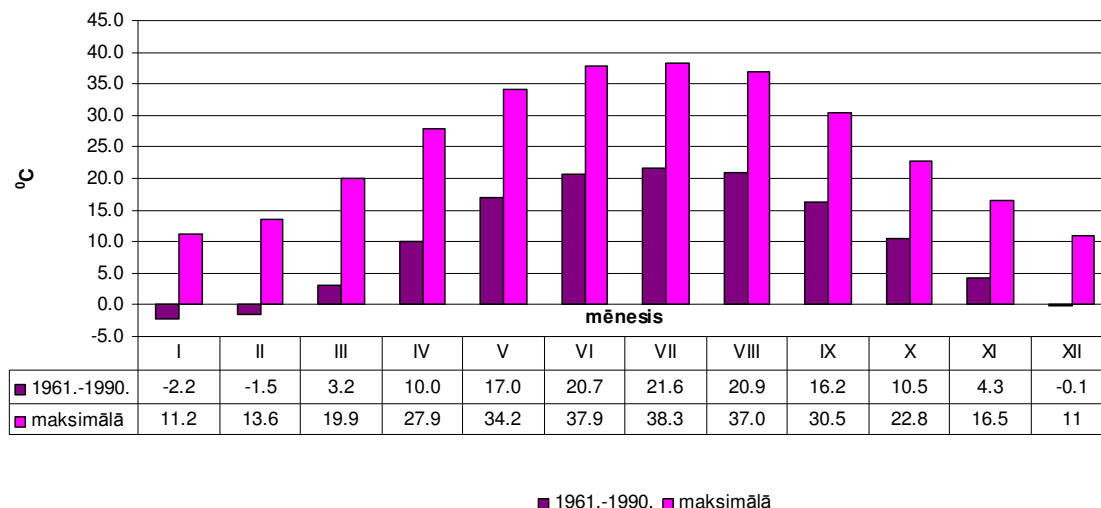
Mēnesis, sezona, gads	1795.-2006.		1961.-1990.		1971.-2000.	
	t	s	t	s	t	s
I	-4.6	3.7	-4.6	4.2	-3.0	3.7
II	-4.2	3.5	-4.1	3.7	-2.9	3.8
III	-1.0	2.6	-0.2	2.6	0.7	2.0
IV	5.2	2.1	5.5	1.4	6.1	1.8
V	11.3	2.1	12.0	1.9	12.1	1.8
VI	15.8	1.7	16.2	1.6	16.1	1.6
VII	18.0	1.7	17.4	1.6	17.7	1.6
VIII	17.1	1.7	16.5	1.1	16.9	1.3
IX	12.4	1.5	12.2	1.4	12.1	1.6
X	6.8	1.8	7.3	1.4	7.1	1.7
XI	1.5	2.1	2.1	1.7	1.9	2.3
XII	-2.6	3.0	-2.3	2.6	-1.6	2.6
Ziema	-3.8	2.5	-3.7	2.8	-2.5	2.5
Pavasaris	5.2	1.7	5.8	1.3	6.3	1.2
Vasara	17.0	1.2	16.7	1.0	16.9	1.0
Rudens	6.9	1.2	7.2	0.8	7.0	1.1
Gads	6.3	1.1	6.5	1.0	6.9	1.0

Absolūti minimālā gaisa temperatūra -32.5°C pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte novērojumu datiem reģistrēta 1876. gada 1. janvārī (1.2.1. att.). Tomēr tā nav zemākā gaisa temperatūra, kas reģistrēta Rīgā. Viszemākā gaisa temperatūra pilsētas teritorijā novērota 1956. gada 1. februārī un ir bijusi -34.9°C (pēc Latvijas



1.2.1. att. Vidējā minimālā mēnešu gaisa temperatūra (1961.-1990.) un absolūtā minimālās gaisa temperatūra (1851.-2006.g.) pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte novērojumu datiem

Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras (LVĢMA) stacijas Rīga datiem). Šajā pašā gadā un datumā novērojumu stacijā Rīga-Universitāte reģistrētā minimālā diennakts gaisa temperatūra bija -30.8°C .

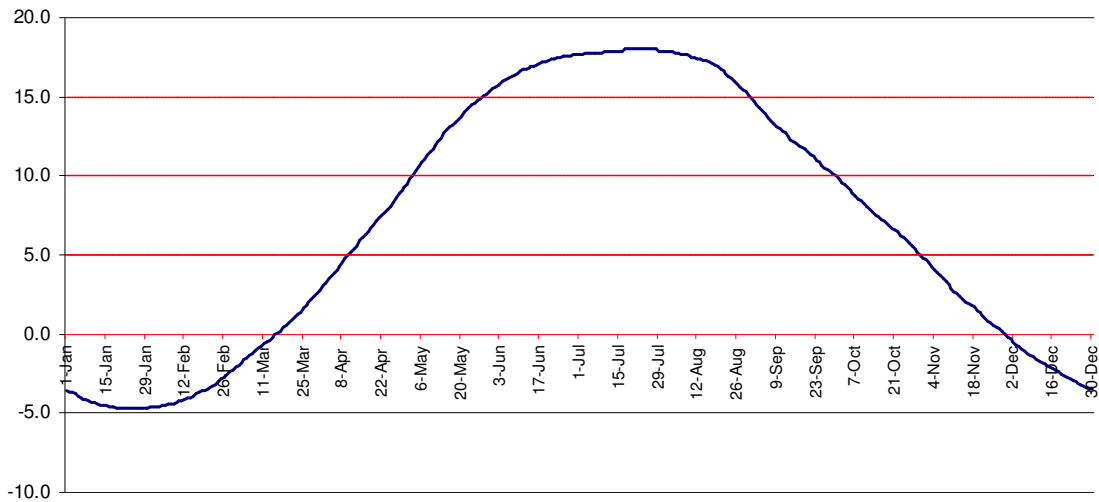


1.2.2. att. Vidējā maksimālā mēnešu gaisa temperatūra (1961.-1990.) un absolūtā maksimālā gaisa temperatūra (1852.-2006.) pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte novērojumu datiem

Pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem, absolūtā maksimālā gaisa temperatūra $+38.3^{\circ}\text{C}$ tika novērota 1858. g. 21. jūlijā (1.2.2. att.). Tā ir visaugstākā reģistrētā gaisa temperatūra Latvijā. Līdz šim zināmā gaisa temperatūras maksimālā pēc LVĢMA novērojumu datiem ir bijusi $+36.4^{\circ}\text{C}$, reģistrēta Daugavpilī 1943.g. augustā. Diskutējams ir jautājums, vai novērojumu stacijā Rīga-Universitāte 1858. gadā reģistrētā maksimālā gaisa temperatūra ir salīdzināma ar vēlākos periodos veiktajiem mērījumiem, cik lielā mērā to ir ietekmējuši gaisa temperatūras instrumenti un novērojumu metodes. Visu vasaras mēnešu absolūtās maksimālās gaisa temperatūras ir novērotas laika periodā 1850.-1870.g., kad novērojumi tika veikti pie ēkas sienas ziemeļu pusē (novērojumu vietas un instrumentu apraksts nodaļā 2.2.). Tomēr fakts, ka šajā periodā vasaras vidējās gaisa temperatūras nav bijušas būtiski augstākas kā vēlākos novērojumu periodos, liecina par to, ka iespējams maksimālās gaisa temperatūras atsevišķās dienās sasniegušas ievērojami augstākus rādītājus. Par izmērītās maksimālās gaisa temperatūras atbilstību reālai situācijai liecina arī veiktie pētījumi, kas ļāva secināt, ka vasaras periodā pie ēkas ziemeļu puses novērotā gaisa temperatūras vidēji ir zemākas kā atklātā vietā mērītās (Nordli et al., 1997). Tomēr šī fakta apstiprināšanai ir nepieciešams veikt turpmāks pētījums un novērojumu datu izvērtējumu. Augstākā gaisa temperatūra Rīgā kopš laika perioda, kad novērojumus sāka izdarīt standarta augstumā 2 m no zemes virsmas ir 34.1°C , kas novērota 1923. g. 13. jūlijā. un 2002. g. 31. jūlijā.

Vidējās diennakts gaisa temperatūras gada gaita rāda, ka ziemas sezona (laika periods, kad vidējā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C) sākas novembra pēdējās dienās un beidzas marta otrās dekādes sākumā. Pavasaris (laika periods, kad vidējā diennakts gaisa temperatūra ir no 0.0°C līdz $+15.0^{\circ}\text{C}$) ilgst līdz maija beigām. Vasara (laika periods, kad vidējā diennakts gaisa temperatūra ir augstāka par 15.0°C) turpinās līdz septembra pirmajām dienām, kad sākas rudens (vidējā gaisa temperatūra ir

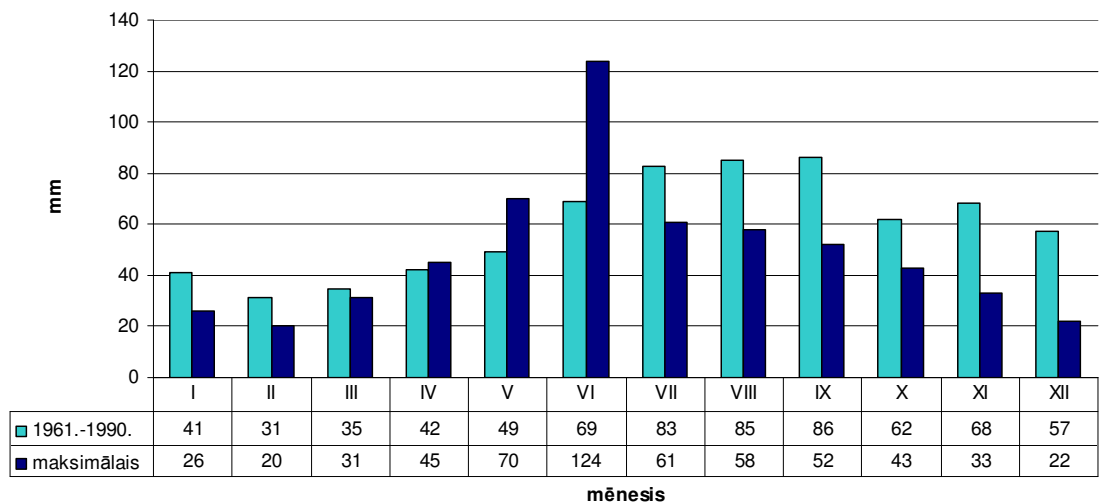
zemāka par 15.0⁰C un augstāka par 0.0⁰C), kas ilgst līdz ziemas sākumam novembra mēneša beigās (1.2.3.att).



1.2.3. att. Vidējās diennakts gaisa temperatūras gada gaita (1961.-1990.) Rīgā

1.3. Atmosfēras nokrišņu režīms

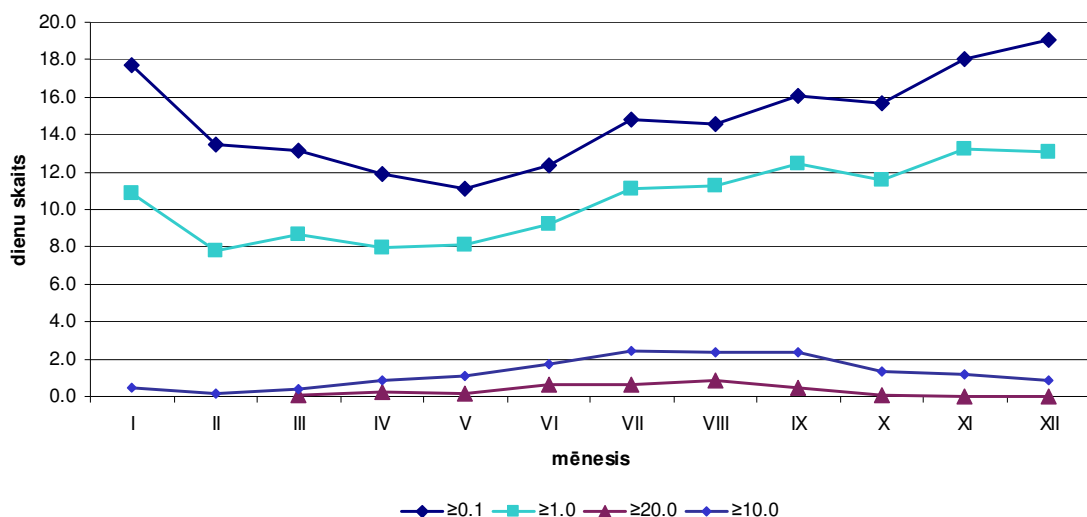
Vidējais gada nokrišņu daudzums pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte novērojumu datiem ir 708 mm (1961.-1990.g.). Visvairāk nokrišņu izkrīt vasaras periodā – vairāk par 80 mm mēnesī, savukārt aukstajā gada laikā nokrišņu mēnešu summa ir tikai 20-40 mm. Atsevišķās dienās ir novēroti ievērojams diennakts nokrišņu daudzums (1.3.1. att.).



1.3.1. att. Vidējā mēnešu nokrišņu daudzums (mm) (1961.-1990.) un maksimālais diennakts nokrišņu daudzums (mm) (1851.-2006.) pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem

Absolūti maksimālā diennakts nokrišņu summa 124.25 mm Rīgā novērota 1872. gada 29. jūnijā. Tas ir jauns diennakts nokrišņu daudzuma rekords Rīgas pilsētai, kas līdz šim nav ticis pielietots klimatisko apstākļu raksturošanai Rīgas pilsētā un, kas kopumā divas reizes pārsniedz mēneša normu. Oriģinālie novērojumu pieraksti šim periodam nav saglabājušies, tādēļ maksimālais diennakts nokrišņu daudzums iegūts no novērojumu datu publikācijas Rīgas dabas pētnieku biedrības izdevumā (Correspondenzblatt des Naturforschenden Vereins zu Riga, 1873). Līdzīgi kā gaisa temperatūras maksimumam, arī atmosfēras nokrišņu diennakts summas maksimālās vērtības apstiprināšanai ir nepieciešams veikt papildus pētījumus.

Rīgā vidēji gadā ir 178 dienas ar nokrišņiem, t.i. dienas, kurās diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks par 0.1 mm. Ziemas periodā 18-19 dienas mēnesī tiek novēroti nokrišņi, bet maijā tikai vidēji 11 dienas (1.3.2. att.). Vidēji 125 dienas gadā tiek reģistrēts nokrišņu daudzums, kas lielāks vai vienāds par 1.0 mm ar līdzīgu gada gaitu kā dienu skaitam, kurās novērotais nokrišņu daudzums ir lielāks vai vienāds par 0.1 mm. 15 dienas gadā nokrišņu daudzums ir lielāks par 10.0 mm. Visvairāk šādu dienu ir vasaras periodā (vidēji 2-2.5 dienas mēnesī), tomēr arī aukstajā sezonā dažkārt izkrīt intensīvi nokrišņi. Tikai vidēji 3 dienas gadā izkrīt ļoti intensīvi nokrišņi ar kopējo diennakts nokrišņu daudzumu vienādu vai lielāku par 20 mm. Janvāra un februāra mēnešos šāds liels diennakts nokrišņu daudzums vidēji normas periodā netiek novērots, visbiežāk tas tiek reģistrēts vasaras vidū (1.3.2. att.).



1.3.2. att. Dienu skaits ar dažādas intensitātes nokrišņu daudzumu (mm) (1961.-1990.) pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem

1.4. Rīgas pilsētas mezoklimatiskās iezīmes

Pilsētas apstākļu ietekmē Rīgā veidojas savs raksturīgs klimats ar iekšējām atšķirībām un kontrastiem.

Katras pilsētas iekšēji atšķirīgos klimata apstākļus nosaka daudzi faktori – pilsētas atrašanās vieta, apbūves īpatnības, izmantotie būvmateriāli, ielu izkārtojums, satiksmes intensitāte, parku, ūdenstilpņu platības un novietojums u.c. Šie apstākļi ietekmē klimatisko parametru atšķirības, salīdzinājumā ar piepilsētas neapbūvētajām teritorijām, kā arī vairāk vai mazāk izteiktas atšķirības pilsētas teritorijā. Galvenā nozīme šo atšķirību veidošanā ir aktīvo virsmu īpatnībām (zāliens, asfalts, betons u.c.)

un daudzveidībai, kas atšķirīgi absorbē un atstaro saules radiāciju. Augstāk tika pieminēts, ka vidējais albedo lielums Rīgā pēc stacionārajiem novērojumu datiem ir 23%, tomēr katrai pilsētas teritorijai ar atšķirīgu aktīvās virsmas raksturu un īpašībām piemīt dažādas un dažkārt ļoti atšķirīgas saules radiācijas absorbēšanas un atstarošanas spējas. Pilsētas apstākļos albedo lielums var variēt no 10-20% (tumša asfalta virsma) līdz 70-75% (balti krāsotas virsmas) vai pat 85-90% (svaigs sniegs) (Климат Риги, 1983). Pētījumi ir parādījuši, ka Rīgas pilsētas centrālajā daļā tiešās saules radiācijas daudzums ir par 6-7% mazāks, bet summārās saules radiācijas daudzums par 13-15% mazāks kā piepilsētā (Темникова 1969), kas izskaidrojams ar lielāku atmosfēras piesārņojumu. Tādēļ noteicošais faktors, kas ietekmē paaugstinātu gaisa temperatūru pilsētās, salīdzinot ārpus pilsētas teritorijām, ir aktīvo virsmu absorbēšanas spējas.

Pētījumi liecina, ka pilsētām ir ievērojama ietekme uz klimata izmaiņām lokālās teritorijās (Jauregui et al., 1992; Karaca et al., 1995; ; Tayanc and Toros, 1997; Tayanc et al., 1998; Quereda Sala et al., 2000; Hansen, 2001). Iedzīvotāju skaita pieaugums un apbūvēto teritoriju paplašināšanās, kas būtiski izmaina zemes virsmas fizikālās īpašības pilsētās, ir cieši saistītas ar straujāku gaisa temperatūru palielināšanos pilsētās, salīdzinot ar apkārtējo teritoriju. (Brazel et al., 2000; Tereshchenko and Filonov, 2001). Šie pētījumi apstiprina, ka pilsētas siltuma salas ir nozīmīgs parametrs, kas ņemams vērā klimata izmaiņu modeļos. Jaunākie pētījumi ir parādījuši, ka pilsētām ir ietekme uz lokālu klimata apstākļu veidošanos, bet tās būtiski neietekmē klimata pārmaiņas globālā mērogā (Parker, 2006; Trenberth et al., 2007).

Raksturīgākā pilsētas klimata iezīme ir *pilsētas siltuma sala*. Šīs parādības izpētei un analīzei tiek veltīti daudzi pētījumi pasaulē (Jauregui, 1996; Jauregui, 1999). Pilsētas siltuma sala ir parādība, kas raksturojama kā pozitīva temperatūras anomālija starp pilsētas apbūvēto daļu un apkārtējo, neapbūvēto teritoriju. Šī parādība tiek novērota daudzās pilsētās un raksturota ar pilsētas siltuma salas intensitāti, kas ir temperatūru starpība starp pilsētas un piepilsētas zonu.

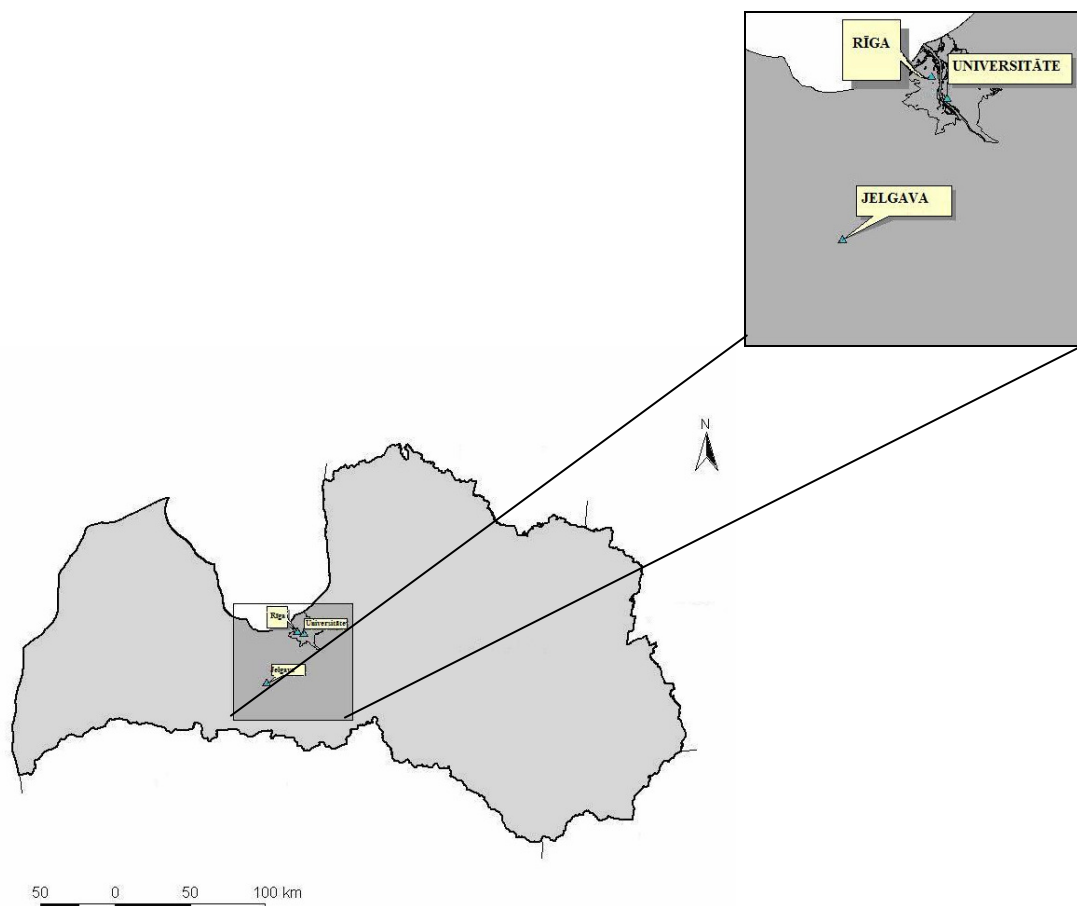
Paaugstinātām temperatūrām pilsētās var būt gan pozitīva, gan negatīva ietekme. Kā viens no nozīmīgākajiem pozitīvajiem faktoriem ir tas, ka pilsētās varētu samazināties nepieciešamība pēc enerģijas patēriņa ēku apsildīšanai ziemas periodā. Tomēr minami arī vairāki negatīvi faktori, kas saistīti ar pilsētas siltuma salu:

- 1) Paaugstināta temperatūra, īpaši vasaras periodā, kad pilsētas siltuma salas efekts izpaužas vislabāk, jo ir nepieciešams papildus enerģijas patēriņš iekštelpu gaisa kondicionēšanai;
- 2) Augstākas temperatūras veicina ķīmisko reakciju un smoga veidošanos. Piemēram, Losandželosā vasarās pilsētas siltuma salas efekts ietekmē smoga koncentrācijas palielināšanos pilsētas centrā par 10-15% (Rosenfeld and Romm, 1997).
- 3) Pilsētu apbūvētajās centrālajās daļās karstā laikā veidojas izteiktāki cilvēka fizioloģiskā diskomforta apstākļi, kas ietekmē iedzīvotāju labsajūtu un veselību. Ir pierādīts, ka karsta klimata apstākļos vērojami intensīvāki un ilgstošāki karstuma viļņi (de'Donato et al., 2008)

Iepriekšējie pētījumi ir parādījuši, ka pastāv gaisa temperatūras atšķirības Rīgas pilsētas teritorijā, kas izpaužas kā paaugstināta gaisa temperatūra tās centrālajā daļā, salīdzinot ar apkārtējām teritorijām (Темникова, 1969; Климат Риги, 1983; Kalniņa, 1990; Kalnina et al., 2003).

Līdzīgi kā daudzās pilsētās, arī Rīgā visu gadu ir raksturīga pilsētas siltuma sala jeb augstāka gaisa temperatūra centrālajā pilsētas daļā, salīdzinot ar apkārtējo teritoriju. Lai novērtētu pilsētas siltuma salas intensitāti un dinamiku, tika salīdzinātas ik stundas gaisa temperatūras novērojumi pēc temperatūras pašrakstītāja datiem (termogrāfa) laika periodā 1986.-1996.g. novērojumu stacijās Rīga-Spilve un Rīga-Universitāte (1.3.1. att.), kā arī diennakts minimālās un diennakts maksimālās gaisa temperatūras

novērojumu stacijās Rīga-Universitāte, Rīga-Spilve un Jelgava laika periodam 1973.-1996.g. Šis laika periods tika izvēlēts, jo novērojumu staciju novietojums šajā laikā bija patstāvīgs, nemainīgs, kā arī tas raksturo noteiktas pilsētas un ārpus pilsētas vides apstākļus. Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte šajā laikā atradās Vērmanes parkā, pilsētas centrālajā daļā, pie ielas ar intensīvu satiksmi. Novērojumu stacijas Rīga-Spilve atradās pilsētas ziemeļrietumu daļā- atklātā un līdzenā teritorijā, bet novērojumu stacija Jelgava - 40 km no Rīgas, netālu no Jelgavas pilsētas centra, daļēji atklātā vietā (1.4.1. att.).



1.4.1. att. Novērojumu staciju Rīga-Universitāte (Universitāte), Rīga-Spilve (Rīga) un Jelgava novietojums.

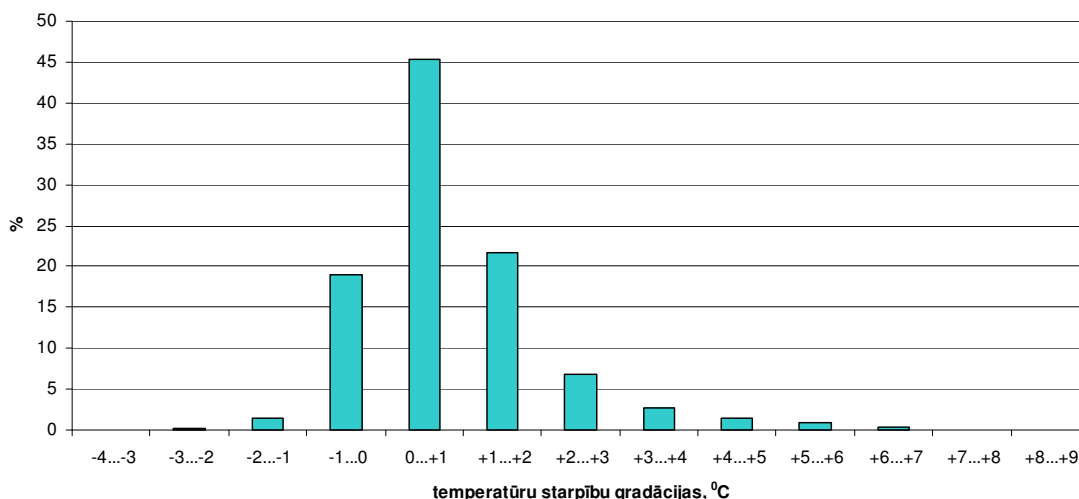
Ik stundas, kā arī diennakts minimālo un maksimālo gaisa temperatūru atšķirību analīze parādīja, ka Rīgas pilsētas siltuma salu vislabāk raksturo diennakts minimālo gaisa temperatūru starpības. Vidēji diennakts minimālās gaisa temperatūras pilsētas centrālajā daļā, salīdzinot ar ārpus pilsētas teritoriju ir par 1.4-1.7 °C augstāka vasaras periodā un par 0.5-0.6 °C augstāka ziemas periodā (1.4.1. tabula). Pilsētas ietekme uz maksimālajām gaisa temperatūrām ir mazāka nekā uz minimālajām gaisa temperatūrām. Vispilgtāk pilsētas siltuma salas izpausmes parādās vasaras un pavasara periodā, rudenī un ziemā tās ir mazāk izteiktas. Atsevišķos gadījumos pilsētas centrālajā daļā gaisa temperatūra var būt pat par 10-12 °C augstāka kā piepilsētas teritorijās. Vislielākās gaisa temperatūras starpības tiek novērotas pavasara periodā, ko galvenokārt ietekmē sniega segas izplatības atšķirības pilsētas un ārpus pilsētas teritorijās un ar to saistītās radiācijas bilances atšķirības. Tomēr ne vienmēr pilsētas

centrālā daļā gaisa temperatūra ir augstāka. Atsevišķos gadījumos, lai arī ne bieži, tiek novērotas negatīvas gaisa temperatūras starpības starp blīvi apbūvēto pilsētas centru un perifēriju (1.4.1. tabula). Šāds gaisa temperatūras sadalījums pilsētas apstākļos ir saistīts galvenokārt ar diviem apstākļiem. Pirmais šāda gaisa temperatūras sadalījuma cēlonis ir apbūves īpatnības un ar tām saistītais ēnas efekts noteiktā novērojumu vietā. Otrās apstākļi ir saistīti ar gadījumiem, kad tiek novēroti nokrišņi ļoti lokālās teritorijās, kas var izraisīt strauju gaisa temperatūras pazemināšanos. Visbiežāk zemāka gaisa temperatūra pilsētas centrālajā daļā pastāv ļoti īsu laika posmu, no stundas līdz dažām stundām. Lielas pozitīvu un negatīvu gaisa temperatūras starpības tiek novērotas reti, mazāk kā 1% no kopējo novērojumu skaita (1.4.2. att.). Visbiežāk gaisa temperatūras atšķirības ir pozitīvas, līdz +3⁰C.

1.4.1. tabula

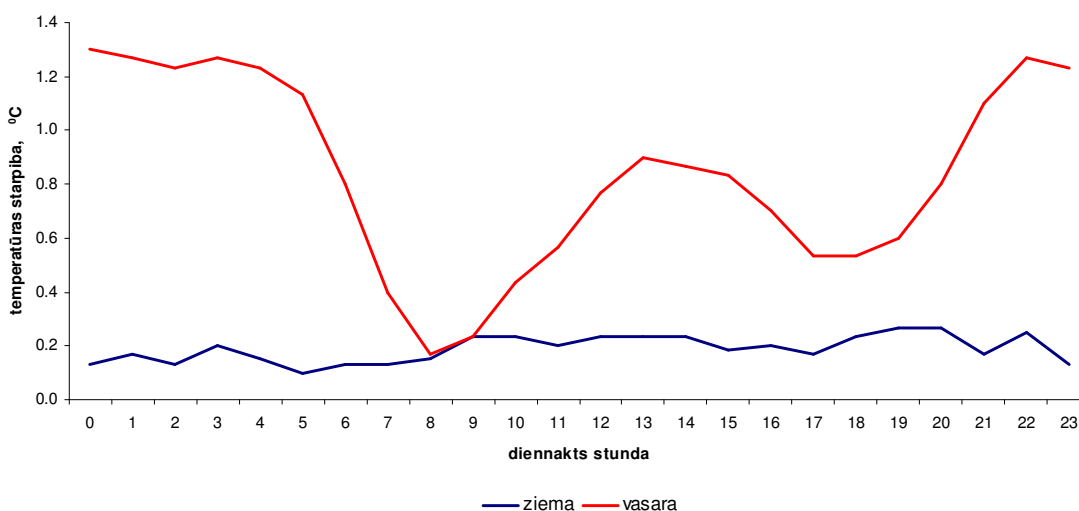
Gaisa temperatūru vidējās (melnā krāsā), maksimālās (sarkanā krāsā) un minimālās (zilā krāsā) starpības stacijās Rīga-Universitāte (U), Rīga-Spilve (R) un Jelgava (J), ⁰C

Mēnesis	Ik stundu gaisa temperatūras starpība U-R (1986.-1996.)	Diennakts minimālās gaisa temperatūras starpība, ⁰ C (1973.-1996.)			Diennakts maksimālās gaisa temperatūras starpība, ⁰ C (1973.-1996.)		
		U-R	U-J	R-J	U-R	U-J	R-J
I	0.1 9.7/-3.3	0.6 8.8/-1.4	1.1 9.3/-2.7	0.5 7.1/-5.7	0.2 2.4/-3.7	0.3 8.0/-4.2	0.1 8.3/-4.6
II	0.4 10.5/-2.5	1.1 11.4/-1.7	1.8 13.0/-2.8	0.8 9.1/-7.1	0.3 7.3/-1.8	0.2 4.1/-5.0	-0.1 3.1/-5.0
III	0.6 12.4/-3.8	1.0 12.2/-0.8	1.4 12.2/-1.6	0.5 9.4/-7.7	0.5 4.4/-2.6	0.3 4.5/-4.3	-0.2 4.5/-5.2
IV	0.9 10.1/-3.0	1.3 6.4/-1.5	1.5 8.6/-3.0	0.2 5.8/-4.0	0.9 9.4/-2.6	0.0 4.5/-5.9	-0.9 3.8/-9.7
V	1.1 7.5/-3.8	1.6 6.8/-4.4	2.4 8.4/-3.2	0.8 5.7/-4.4	1.0 4.6/-3.2	0.0 3.3/-3.6	-1.0 3.0/-5.8
VI	1.0 8.3/-3.3	1.7 7.1/-3.3	2.8 7.9/-3.7	1.1 6.8/-4.7	0.9 4.4/-5.2	0.1 4.8/-3.0	-0.8 4.5/-4.8
VII	1.0 7.4/-4.7	1.6 6.9/-3.7	3.0 8.4/-3.9	1.3 6.3/-5.4	0.8 4.9/-3.8	0.0 4.4/-6.3	-0.8 2.7/-6.6
VIII	0.6 7.6/-3.5	1.4 9.7/-3.2	3.0 10.2/-2.6	1.6 6.8/-3.7	0.7 4.6/-4.1	0.1 4.6/-5.2	-0.6 4.6/-6.2
IX	0.4 6.9/-4.1	1.0 6.3/-2.3	2.1 8.5/-1.7	1.1 7.6/-3.4	0.2 3.6/-2.3	-0.3 3.1/-3.6	-0.5 3.2/-4.8
X	0.1 5.6/-2.5	0.7 6.0/-2.8	1.6 7.4/-1.9	0.9 6.0/-3.3	0.0 4.5/-2.6	-0.3 4.1/-5.4	-0.3 3.2/-5.2
XII	0.1 8.4/-3.0	0.5 8.4/-2.8	1.1 9.6/-2.8	0.6 7.3/-4.0	0.1 9.7/-2.4	0.1 10.7/-4.0	0.0 3.7/-4.4
XIII	0.1 10.2/-2.7	0.5 9.7/-1.8	1.3 10.7/-2.7	0.8 9.5/-4.7	0.2 3.8/-3.7	0.3 5.7/-3.0	0.2 5.7/-3.7
GADS	0.5	1.1	1.9	0.8	0.5	0.1	-0.4



1.4.2. att. Ik stundu gaisa temperatūru starpību (U-R) sadalījums (% no gadījumu skaita) vasarā

Gaisa temperatūras atšķirībām starp pilsētas centrālo daļu un piepilsētas teritoriju tika konstatēta labi izteikta diennakts gaita siltajā sezonā- divi diennakts maksimumi un divi minimumi (1.4.3. att.). Turpretim ziemas sezonā spilgti izteiktas diennakts gaisa temperatūru starpību atšķirības netiek novērotas.

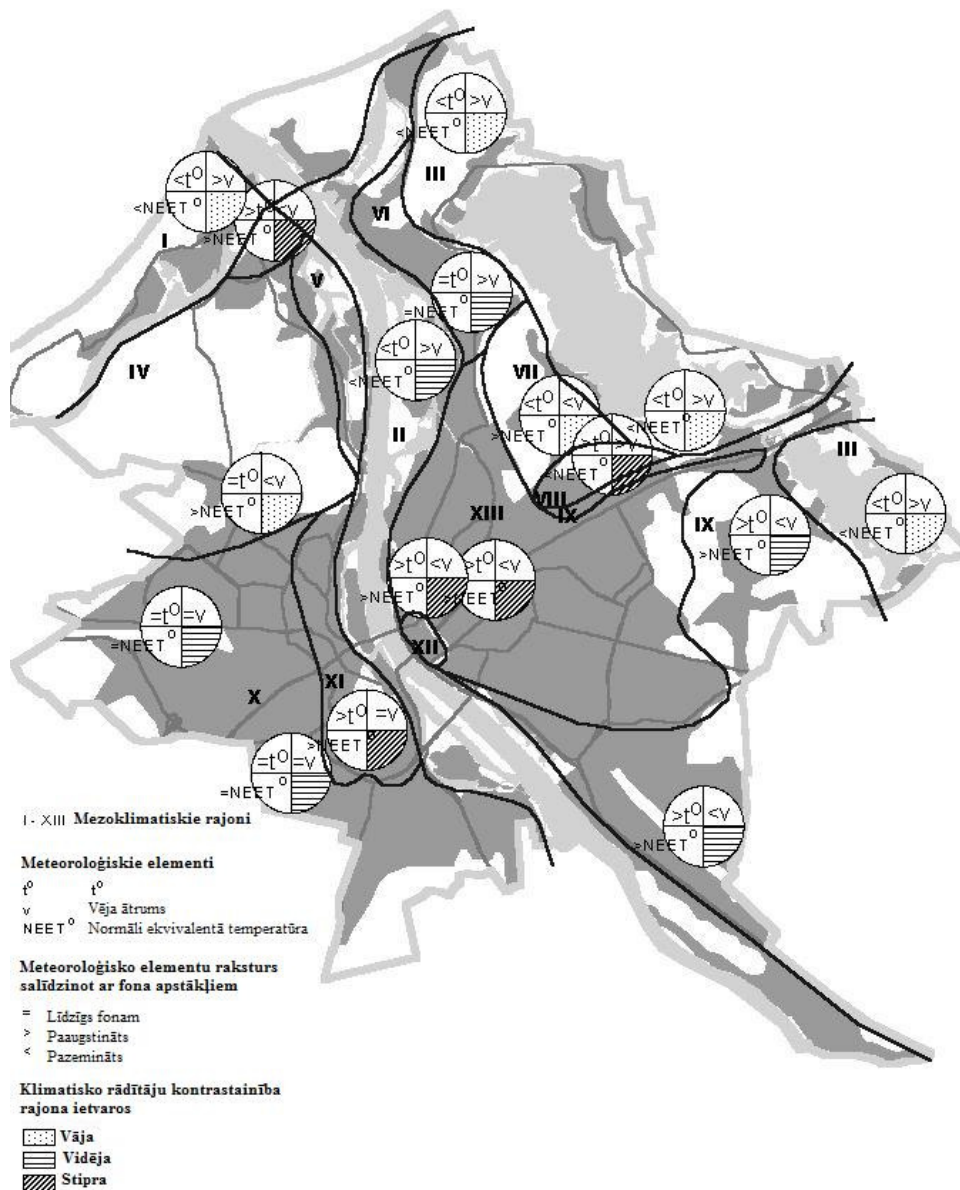


1.4.3.att. Vidējā gaisa temperatūras starpības (U-R) dažādās diennakts stundās ziemā (decembris-februāris) un vasarā (jūnijs-augusts)

Augstāk analizētās gaisa temperatūru atšķirības Rīgas pilsētā balstītas uz stacionāru novērojumu punktu datu analīzi. Tomēr pilsētas vide ir ļoti daudzveidīga un sadrumstalota, kas nosaka ievērojami lielu gaisa temperatūru atšķirību spektru. Daudzo pētījumu rezultātā, kas tika veikti 20 gs. 70 un 80 gados Rīgā, ir izdalīti 13 pēc klimatiskajām īpatnībām atšķirīgi mezoklimatiskie rajoni (Kalniņa, 1990, Kalnina et al., 2003). Katrs izdalītais rajons kopumā raksturojas ar noteiktām klimatiskām iezīmēm, ko nosaka šī rajona novietojums attiecībā pret pilsētas centru, Rīgas līci,

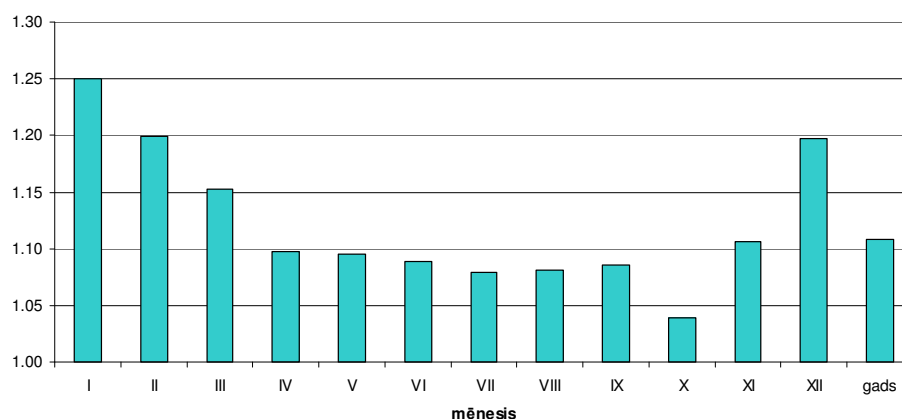
Daugavu, ezeru sakopojumiem un mežu masīviem,. Ir rajoni, kas meteoroloģisko elementu sadalījuma ziņā ir stipri viengabalaini, kā arī tādi, kuriem raksturīgs ne tikai atšķirīgs meteoroloģisko elementu lielums, bet arī strauja teritoriālā mainība, ko raksturo dažādi mikroklimatiskie tipi rajona iekšienē. (1. 4.4. att.)

Šāds iedalījums uzskatāmi parāda, cik ļoti sadrumstalota ir meteoroloģisko elementu maiņa pilsētvidē. Viens no būtiskiem šādas sadrumstalotības iemesliem ir lieli mežu masīvi, kā arī pilsētas parki. Tā piemēram, 13. mezoklimatiskajā rajonā *Centra rajons ar blīvu daudzstāvu dzīvojamo un rūpniecības apbūvi, parki*, kas mikroklimatisko apstākļu ziņā ir vissadrumstalotākais rajons, klimatiskās atšķirības veidojas dažādu lielu, plašu, ar slēgtiem koku vainagiem, relatīvi jaunu parku, skvēru, koku aleju, lielu atklātu laukumu, dažādi orientētu ielu rezultātā. Tieši šī rajona ietvaros tika veikti ilggadīgie klimatiskie novērojumi stacijā Rīga-Universitāte.



1.4.4.att. Rīgas pilsētas mezoklimatiskie rajoni (Kalniņa, 1990; Kalnina et al., 2003)

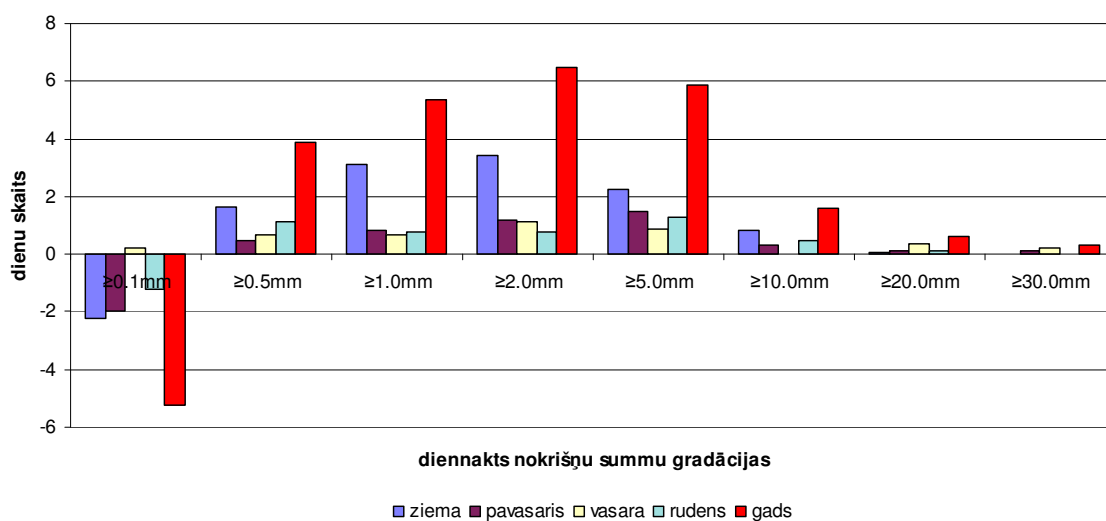
Palielinātais piesārņojums un paaugstinātais kondensācijas kodolu daudzums atmosfērā pilsētās, kā arī apbūve, kas veicina gaisa masu augšupejošu kustību attīstību, ir labvēlīgi apstākļi lielākam nokrišņu daudzumam pilsētās salīdzinājumā ar apkārtējām teritorijām. Rīgas pilsētā ir palielināta cieto daļiņu PM₁₀ koncentrācija (Šteinberga, 2007). Pētījumi 20. gadsimta 60 – 70 gados parādīja, ka nokrišņu biežums lielās pilsētās ir par 30% paaugstināts, kas ir saistīts ar gaisa masu konvekcijas pastiprināšanos virs pilsētām vasaras periodā, ko, savukārt, ietekmē pilsētas straujāka sasilšana (Changnon, 1969; Dettwiller et al., 1976; Atkinson, 1971). Pilsētas ietekmi uz atmosfēras nokrišņu sadalījumu pasaulē ir pētīta mazāk kā temperatūras sadalījums pilsētas vidē (Jauregui, 1996, 1999). Latvijā jau 20. gs sākumā Barloti (1932), veicot nokrišņu daudzumu analīzi un salīdzinājumu, atzīmēja, ka Rīgas centra rajonos nokrišņu daudzums ir lielāks kā nomalēs. Темņикова (Темникова, 1969) atzīmēja, ka Rīgas pilsētā nokrišņu sadalījuma īpatnības nosaka pilsētas apbūves kompleksa ietekme uz atmosfēras cirkulāciju, uz mitrumu nesošajiem dienvidrietumu un ziemeļrietumu vējiem. Bez tam nokrišņu daudzuma sadalījums pilsētas teritorijā lielā mērā ir atkarīgs no valdošo vēja virziena. Kopumā piepilsētas zonā, kas atrodas uz rietumiem un austrumiem no pilsētas, nokrišņi izkrīt par 13% mazāk kā pilsētas teritorijā. Siltajā gada laikā pilsētā nokrišņu daudzums ir par 11%, bet aukstajā sezonā par 20% lielāks kā piepilsētas teritorijās (Темникова, 1969). Nedaudz atšķirīgus rezultātus deva vēlāki pētījumi, kas liecināja, ka Rīgas pilsētā nokrišņu daudzums ir par 10-15% lielāks kā piepilsētas teritorijās, un spilgtāk šīs atšķirības ir izteiktas vasaras periodā (15-22%), mazāk ziemā (7-11%) (Климат Риги, 1983).



1.4.5. att. Gada un mēnešu nokrišņu vidējo summu (1961.- 1990.) attiecības starp novērojumu staciju Rīga-Spilve un Rīga-Universitāte. Novērojumu staciju izvietojums parādīts 1.4.1. att.

Salīdzinot vidējo mēneša nokrišņu daudzumu novērojumu stacijās Rīga-Spilve un Rīga-Universitāte 30 gadu periodam (1961.-1990), tika secināts, ka Rīgas centrālajā daļā kopumā gada laikā izkrīt par 11% vairāk nokrišņu kā Daugavas upes kreisā krasta teritorijā ar mazāk blīvu un zemāku apbūvi (1.4.5 att.). Bez tam ziemas periodā pilsētas centrālajā daļā vidēji nokrišņu ir par 20-25% vairāk, bet vasarā par 8-9% vairāk. Lielākas atšķirības ziemas periodā varētu tikt skaidrotas gan ar pilsētas vides ietekmi, gan ar mērījumu veikšanas precizitāti. Daudzi pētījumi ir parādījuši, ka nokrišņu mērījumu precizitāte ar nokrišņu mēriem, kādi tiek lietoti Latvijas novērojumu stacijās, īpaši ziemas periodā, ir atkarīga no novērojumu stacijas novietojuma, vēja

ātruma un nokrišņu izpūšanas efekta no mērījumu spaiņa (Фомина, 1970; Пелецис и Эларт, 1970). Pilsētas apstākļos, novērojumu vietā, kuru no vēja iedarbības aizsargā blīva apbūve un parku zona, izmērīto nokrišņu daudzuma palielināšanās varētu būt saistīta ne tikai ar pilsētas vides ietekmi, bet arī ar novērojumu precizitātes paaugstināšanos. Pētījumi ir parādījuši, ka gadā kopumā vidējais vēja ātrums Rīgas līča tuvumā ir lielāks nekā pilsētas iekšējās teritorijās, atsevišķos gadījumos vēja ātruma starpības var sasniegt pat 10 m/s, bet oktobra mēnesī novērotas maksimālas vēja ātruma atšķirības ir pat 15 m/s, kas liecina par to, ka pilsēta darbojas kā gaisa plūsmu bremsējošs faktors (Šteinberga, 2007), un vēja atšķirības dažādās pilsētas vietās varētu ietekmēt atmosfēras nokrišņu mērījumu precizitāti.



1.4.6. att. Starpība starp dienu skaitu ar dažādu nokrišņu intensitāti novērojumu stacijā Rīga-Universitāte un Rīga –Spilve (1961.-1990.). Novērojumu staciju izvietojums parādīts 1.4.1. att.

Pilsētas centrālajā daļā vērojama arī lielāka nokrišņu intensitāte. Ja vidējais dienu skaits gadā ar nokrišņiem, kas ir lielāki par 0.1 mm centrālajā daļā ir par 5 dienām mazāks kā pilsētas nomalē, tad dienu skaits ar nokrišņu daudzumu ≥ 0.5 mm pilsētas centrālajā daļā ir lielāks kā nomalēs. (1.4.6. att.). Visspilgtāk šīs atšķirības izpaužas ziemas sezonā.

Lai gan pētījumi pasaulē ir parādījuši, ka pilsētas videi ir ietekme uz ilggadīgajām gaisa temperatūras izmaiņām lokālā mērogā, Rīgas pilsētā šādu ietekmi identificēt neizdevās. Tas ir saistīts ar to, ka pilsētas ietekmes noteikšanai uz gaisa temperatūras pārmaiņām nepieciešams izmantot pietiekami garas novērojumu datu rindas no dažādām pilsētas teritorijām. Diemžēl gan novērojumu stacijai Rīga-Universitāte, gan Rīga-Spilve vairākas reizes ir mainījušās novietojumu vietas atšķirīgos laika periodos. Paralēlo novērojumu periodi stacionāros novietojumos ir pārāk īsi (garākais periods 25 gadi) šādas ietekmes identificēšanai. Turklāt novērojumu datu rindas tika koriģētas homogenizēšanas procesa rezultātā (2.3. nodaļa), kas noreducēja arī iespējamās pilsētas vides ietekmes uz klimata apstākļu pārmaiņām pazīmes.

2. GAISA TEMPERATŪRAS UN ATMOSFĒRAS NOKRIŠŅU NOVĒROJUMU RINDU HOMOGENIZĒŠANA

2.1. Literatūras apskats. Meteoroloģisko novērojumu rindu homogenitāte un tās analīzes metodes

Par viendabīgu vai homogēnu klimatisko datu rindu tiek saukta tāda datu rinda, kuras elementu svārstību vai izmaiņu vienīgais cēlonis ir klimata apstākļu izmaiņas (Peterson et al., 1998).

Pasaules meteoroloģijas organizācijas Klimatoloģijas komisijas sagatavotajās vadlīnijās *Prakse klimatoloģijā 3* izdevumā (WMO, 2007) uzsvērts, ka novērojumu datu kvalitātes kontroli un ilggadīgo novērojumu datu rindu homogenitātes novērtējumu nepieciešams veikt regulāri kā vienu no meteoroloģisko un klimatisko novērojumu svarīgākajiem posmiem. Datu rindu homogenizācijas nozīme globālo klimatisko procesu analīzē uzsvēta arī 2007. gada 4. Starpvaldību Klimata pārmaiņu grupas ziņojumā (Le Treut et al., 2007).

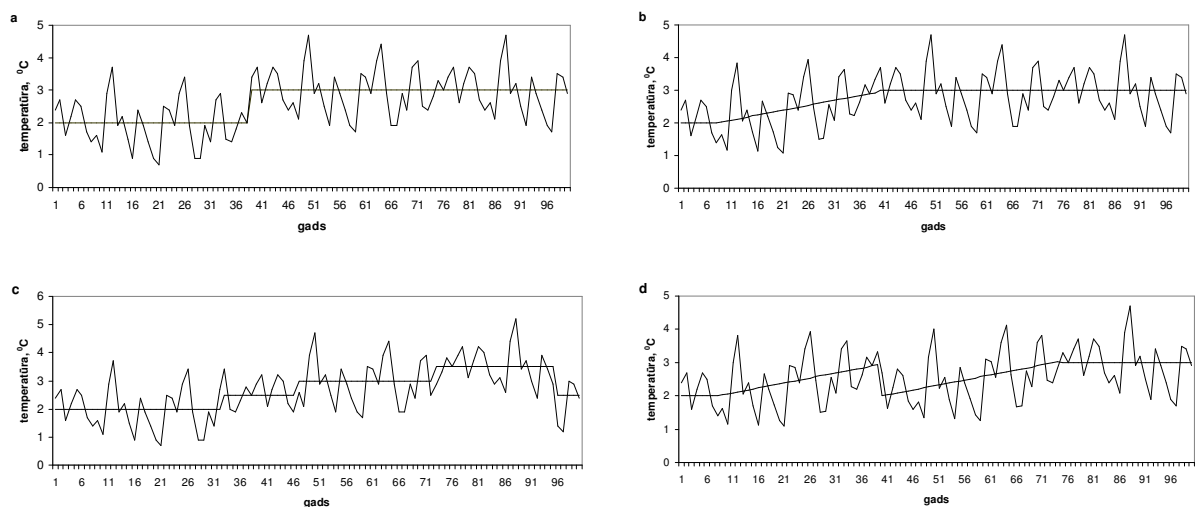
Klimata pētnieki uzsver, ka tādi apstākļi kā instrumentu maiņa, novērojumu stacijas pārcelšana uz citu vietu, dažādas novērojumu metodes, izmaiņas vidējo klimatisko rādītņu aprēķinu formulās, apkārtējo vides apstākļu izmaiņas, ir tie neklimatiskie faktori, kas novērojumu datu rindas padara nereprezentatīvas klimata pārmaiņu pētījumiem (Groisman and Legates, 1995; Frich et al., 1996; Keegan et al., 1996; Keiser and Griffiths, 1997; Moberg et al., 2003). Visi augstāk minētie apstākļi ietekmē gan ilggadīgo gaisa temperatūru, gan atmosfēras nokrišņu rindu kvalitāti. Daudzie novērojumu rindu pētījumu rezultāti parāda, ka pilnīgi viendabīgas rindas sastopamas reti, bet ja novērojumi turpinājušies vairākus gadus desmitus un gadu simtus, tādas praktiski nav (Peterson and Esterling, 1994). Izvērtējot 199 Eiropas novērojumu staciju diennakts gaisa temperatūras un 195 diennakts nokrišņu novērojumu datu rindas tika secināts, ka laika periodam 1901.-1999. g. 94% no visām gaisa temperatūras datu rindām un 25% no atmosfēras nokrišņu datu rindām ir ar būtiskām nehomogenitātēm, bet laika periodā 1946.-1999. g. attiecīgais nehomogenitātes procents ir 61% un 13% (Wijngaard et al., 2003). Kā nozīmīgākie faktori, kas ietekmē gaisa temperatūru rindu kvalitāti, publikācijās tiek minēti novērojumu vietas maiņa, instrumentu un to novietojumu augstuma un radiācijas aizsarg ekrānu nomaiņa, vidējo diennakts gaisa temperatūras aprēķinu formulu un novērojumu laiku izmaiņas, kā arī būtiskas apkārtējās vides izmaiņas, īpaši pilsētu novērojumu stacijās. Sezonu un mēnešu vidējo gaisa temperatūru rindu korekcijas, kas saistītas ar minētajiem apstākļiem var sasniegt $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Moberg and Bergström, 1997; Tuomenvirta, 2001; Begert et al., 2005). Ilggadīgās nokrišņu novērojumu rindu kvalitāti visvairāk ietekmē novērojumu vietas maiņa, jaunu uzlabotu instrumentu ieviešana darbā, kā arī novērojumu metodikas izmaiņas (korekcijas ieviešana nokrišņu mēra spaiņa saslavināšanās zudumu kompensēšanai). Sezonu un mēnešu korekcijas atmosfēras nokrišņu rindu homogenizēšanai sasniedz $\pm 60\%$ (Groisman et al., 1991; Hanssen-Bauer and Førland, 1994; Groisman and Legates, 1995; Tuomenvirta, 2001; Begert et al., 2005).

Izdala divus galvenos novērojumu datu rindu nehomogenitātes veidus. Visbiežāk tiek konstatētas krasas datu vidējā līmeņa izmaiņas, kas galvenokārt ir saistītas ar straujām izmaiņām novērojumos (novērojumu vietas maiņa, instrumentu maiņa, novērojumu metodikas izmaiņas). Otrs nehomogenitātes veids – pakāpeniskas vidējā līmeņa izmaiņas – ir saistīts galvenokārt ar izmaiņām novērojumu vietas apkārtnē (Aleksandersson and Moberg, 1997). Pakāpeniskās izmaiņas visbiežāk raksturīgas gaisa temperatūras datu rindām un ir saistītas ar pilsētas vides ietekmi (Moberg and

Bergström, 1997; Moberg and Alexandersson, 1997; Tereshchenko and Filonov, 2001). Pakāpeniskas izmaiņas var izraisīt arī koku augšana novērojumu vietas apkārtnē vai tās pakāpeniska apbūve, kas samazina vēja ietekmi uz izmērīto nokrišņu daudzumu (Hanssen-Bauer and Førland 1994; Tuomenvirta, 2001). Novērojumu rindai var tikt konstatēta viena vai vairākas nehomogenitātes, kas var būt viena veida vai arī dažādas (Aleksandersson and Moberg, 1997; Ducré-Robitaille et al., 2003). Dažādu veidu klimatisko rindu nehomogenitātes veidi parādīti 2.1.1 attēlā.

Ļoti svarīgi pirms klimatisko novērojumu datu rindu izmantošanas pētījumos un analīzes veikšanas ir noskaidrot un saprast, cik lielā mērā dažādi neklīmatiskie faktori ir ietekmējuši šīs novērojumu datu rindas. Tas ļauj pētniekiem, kas analizē kādu klimatisko elementu un izdara secinājums par klimatisko apstākļu pārmaiņu raksturu, būtiskumu un lielumu, saprast iespējamo neklīmatisko faktoru ietekmi un atturēties no nekorektiem slēdzieniem un secinājumiem.

Par datu rindu homogenitātes novērtējuma lielo nozīmību liecina vairākos pētījumos secinātais, ka homogēnu novērojumu rindu analīze ne reti dod būtiski atšķirīgus rezultātus kā gadījumos, ja pētījumā tiek izmantoti oriģinālie nepārbaudītie dati. Nehomogēnu novērojumu datu izmantošana var ietekmēt kļūmīgu secinājumu izdarīšanu par ilglaicīgo klimatisko apstākļu izmaiņu raksturu un būtiskumu vai arī sistemātiskas kļūdas klimatisko vidējo rādītāju (normu) aprēķinos (Tuomenvirta and Heino, 1996; Førland and Hanssen-Bauer, 2000; Tuomenvirta 2001; Groisman and Rankova, 2001).



2.1.1. att. Stilizēti datu rindu nehomogenitātes piemēri: (a) krasas vidējā līmeņa izmaiņas; (b) pakāpeniskas vidējā līmeņa izmaiņas; (c) vairākkārtējas krasas vidējā līmeņa izmaiņas; (d) vidējā līmeņa pakāpeniskas izmaiņas, kas tiek pārtrauktas ar krasām vidējā līmeņa izmaiņām (pēc Aleksandersson and Moberg 1997).

Klimatologi ir secinājuši, ka ne tikai vecākie novērojumi, bet arī pēdējo gadu desmitu dati nereti ir ar sistemātiskām kļūdām, ko ietekmē tie paši augstāk pieminētie neklīmatiskie apstākļi. Īpaši tiek atzīmēta ietekme, ko rada jaunu tehnoloģiju ieviešana novērojumu praksē. Arvien pieaugošās prasības pēc meteoroloģisko novērojumu datu lielākas precizitātes un detalizētākas telpiskās informācijas ir galvenais faktors, kas

veicina novērojumu automatizēšanu, satelītu un radaru tehnoloģiju izmantošana novērojumu veikšanai. Pāreja uz jaunajām tehnoloģijām jau šodien būtiski ietekmē un arī nākotnē ietekmēs ilggadīgo novērojumu datu rindu homogenitāti. Tas nozīmē, ka ne tikai vēsturiskajām datu rindām ir nepieciešama vispusīgs homogenitātes izvērtējums, bet arī nākotnē būs nepieciešams veikt rūpīgu datu rindu analīzi, lai tās varētu izmantot klimata pētījumos (Groisman and Legates, 1995; Tuomenvirta 2001).

Pasaulē dažādu klimatisko datu rindu homogenitātes pētījumiem tiek izmantotas dažādas metodes un pieejas. Klimatisko datu homogenitātes izvērtējuma metodes var iedalīt: a) *tiešās metodes*, kas balstītas uz novērojumu metadatu jeb novērojumu vēstures aprakstu (informācija par novērojumu veikšanas vietu, instrumentiem, novērojumu metodēm u.c.), kā arī uz informāciju par paralēlo novērojumu rezultātiem novērojumu izmaiņu gadījumā un b) *netiešās metodes*, kas nozīmē dažādu statistisko un grafisko metožu izmantošanu (Peterson et al., 1998).

Tiešās klimatisko novērojumu datu homogenizācijas metodes. Pirmais un viens no svarīgākajiem soļiem klimatisko datu homogenitātes izvērtējumā ir novērojumu stacijas vēstures apraksta studijas. Tas ļauj identificēt iespējamus gadus un mēnešus, kad veikta novērojumu instrumentu maiņa, pārvietota novērojumu stacija, mainījušies novērotāji, izmainītas novērojumu metodes vai laiki, notikušas izmaiņas novērojumu vietas apkārtējā teritorijā. Izmantojot šo informāciju pētniekiem ir iespējams identificēt iespējamus datu rindas pārtraukumus vai lūzuma punktus un to cēloņus. Tas ļauj arī vēlāk, izmantojot statistiskās metodes homogenitātes izvērtējumā, noteikt nehomogenitātes, kas nav izskaidrojamas ar novērojumu staciju vēstures aprakstos ietvertu informāciju (Tuomenvirta and Drebs, 1994).

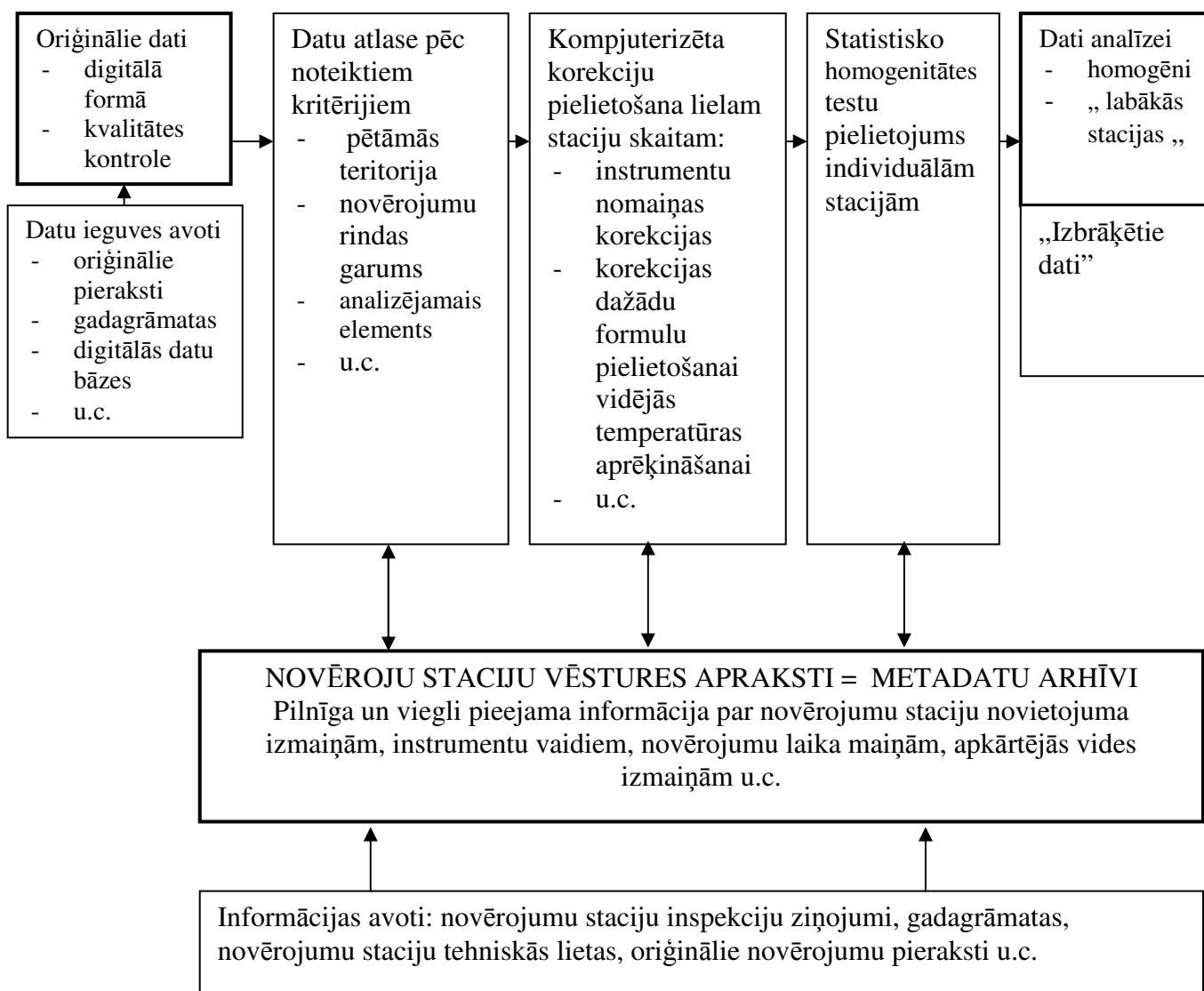
Klimatoloģisko datu rindu homogenizēšanai plaši tiek izmantotas korekcijas, kas iegūtas veicot paralēlos novērojumus gadījumos, ja tiek nomainīti instrumenti vai mainījies novērojumu stacijas novietojums. Paralēlo novērojumu veikšanu rekomendē Pasaules meteoroloģijas organizācija un šādi novērojumi tiek veikti pastāvīgi daudzās valstīs (WMO, 1983, 2007). Ir veikti vairāki pētījumi, lai salīdzinātu nokrišņu daudzumu, kas iegūts ar dažādiem nokrišņu mērinstrumentiem. Pasaulē ir vairākas vietas kā Valdaja Krievijā, Jokioinena Somijā un Sterlinga Virdžīnijā, kur ilgākā laika periodā tiek veikti paralēli novērojumi ar dažādiem instrumentiem, pēc kuriem tiek ieviestas nepieciešamās korekcijas novērojumos (Peterson et al., 1998). Norvēģijā starpības starp nokrišņu mēra ar vēja aizsargu un bez vēja aizsarga mērījumiem pētīta un noteikta vairāk kā 20 dažādās vietās (Førland et al., 1996). ASV veiktais salīdzinājums starp manuālajiem nokrišņu mēriem un automātiskajiem sensoriem parādījis, ka nokrišņu novērojumu automatizācija var ietekmēt izmērīto nokrišņu daudzumu par $\pm 50\%$ (Groisman et al., 1998). Latvijā nokrišņu mērinstrumentu salīdzinājums tika veikts pēc nokrišņu mēra ar Nifera sistēmas vēja aizsargu, nomainot ar Tretjakova lietusmēru un aprēķinot nepieciešamās korekcijas datu rindu homogenizēšanai (Фомина, 1970; Пелецис и Эларт, 1970; Справочник по климату СССР, 1968). Austrālijā vairāk kā 60 gadus notiek paralēli temperatūras novērojumi instrumentiem ar dažādiem radiācijas aizsardzības ekrāniem (Nicholls et al., 1996). Nīderlandē 6 gadu garumā tika veikti paralēli temperatūras novērojumi, lai noskaidrotu dažādu radiācijas aizsargu ietekmi uz novērojumiem (van der Meulen and Brandsma, 2008) un tika secināts, ka dažādi meteoroloģiskie apstākļi var dažādi ietekmēt temperatūras mērījumus, kas izdarīti, izmantojot radiācijas aizsarg ekrānus. Ziemeļvalstīs- Dānijā, Islandē un Norvēģijā paralēlie novērojumi parādīja, ka, salīdzinot vidējās gaisa temperatūras, kas mērītas pie ēku sienām ziemeļu pusē un gaisa temperatūrām, kas mērītas atklātās vietās, vidējo mēnešu temperatūru atšķirības ir līdz

0.3°C (pie ēku sienām mērītā temperatūra ir augstāka) ziemas sezonā un līdz -0.4 °C (pie ēku sienām mērītā temperatūra ir zemāka) vasaras periodā (Nordli et al., 1997).

Vidējās diennakts, mēnešu, sezonas un gada gaisa temperatūras novērojumu rindas būtiski var ietekmēt novērojumu laika izmaiņas, īpaši gadījumos, ja novērojumi tiek veikti tikai dažas reizes diennaktī. Lai gaisa temperatūras datu rindas izveidotu homogēnas, tiek lietotas dažādas vidējās gaisa temperatūras izskaitļošanas metodes dažādos laika periodos. Tā piemēram, gadījumos, ja gaisa temperatūras novērojumi veikti tikai dažas reizes diennaktī, bet ir pieejami diennakts maksimālās un minimālās temperatūras lielumi, vidējā gaisa temperatūra var tikt izskaitļota kā vidējā vērtība no diennakts maksimālās un minimālās gaisa temperatūras (WMO, 1983). Ilggadīgākajiem Zviedrijas novērojumiem Upsalā un Stokholmā laikā pirms tika aizsākti ik stundu (24) novērojumi, pielietotas 8 dažādas mēnešu vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanas metodes, atkarībā no novērojumu skaita un izdarīšanas laika (Moberg and Bergström, 1997).

Statistiskās metodes klimatisko rindu viendabības noteikšanai. Pirmās plaši pielietojamās statistiskās metodes ģeofizikālo datu viendabības izvērtējumam ir zināmas jau no 20. gs. otrās puses. Pasaules klimatoloģijas praksē tiek pielietotas daudzas no šīm metodēm, kas tiek iedalītas subjektīvajās un objektīvajās metodēs (Peterson et al., 1998). Subjektīvo metožu nozīmīgākais instruments, kas ir pamatā lēmuma pieņemšanai par rindas homogenitāti, ir klimataloga pieredze un subjektīvais spriedums. Viena no visplašāk pielietotajām subjektīvajām metodēm ir dubultās masas analīze (Peterson et al., 1998; Aleksandersson and Moberg 1997). Pēdējos gados arvien plašāk tiek izstrādāti un pielietoti dažādi objektīvie statistiskie homogenitātes testi. Lielākā daļa no šīm metodēm balstīta uz novērojumu datu rindas salīdzināšanu ar vairākām citām datu rindām, kuras ir homogēnas un tiek sauktas par atbalsta stacijām. Homogēnu atbalsta staciju izveidošana ir viens no būtiskākajiem soļiem parametrisko statistisko homogenitātes testu pielietošanā (Peterson et al., 1998). Praksē plaši tiek pielietots Standarta normālais homogenitātes tests (standard normal homogeneity test) (Aleksandersson and Moberg, 1997); daudzpakāpju lineārās regresijas metode (multiple linear regression) (Vincent, 1998; Vincent et al., 2002); divfāžu regresijas metode (two-phase regression) (Esterling and Peterson, 1995a,b); rangū summu metode (Wilcoxon rank-sum method) (Karl and Williams, 1987); Baiesiana metode ar un bez atbalsta stacijām (Bayesian approach with and without reference series) (Perreault et al., 1990, 2000), daudzpakāpju datu rindas analīze homogenizācijai (multiple analyses of series for homogenization) (Szentimrey, 1996), augstāko pakāpju momentu metode (Higher Order Moments (HOM)) (Della-Marta and Wanner, 2006), kā arī daudzi citi statistiskie homogenitātes testi un to variācijas. Bez tam lielākā daļa no metodēm dod iespēju analizēt datus tikai mēnešu, sezonu un gada griezumā, kā arī nav pielietojamas ekstremālo lielumu analīzei. Svarīgs ir jautājums, kuru no daudzajām izstrādātajām metodēm izmantot novērojumu datu rindu homogenitātes izvērtējumam. Vairāki pētījumi ir parādījuši, ka dažādas statistiskās metodes dod atšķirīgus rezultātus un neviena no analizētajām metodēm nav universāla dažādu nehomogenitātes veidu noteikšanai. Tomēr visbiežāk pat ar dažādām metodēm homogenizētās datu rindas ir daudz līdzīgākas kā nehomogenizētās (Tayanc et al., 1998; Ducré-Robitaille et al., 2003; Wijngaard et al., 2003). Pašreiz COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) akcijas (Action ES0601: Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach (HOME)) ietvaros, kurā piedalās arī Latvija, tiek veikts darbs pie vienotas metodikas izstrādāšanas Eiropas līmenī vides datu homogenizēšanai (<http://www.cost.esf.org/index.php?id=1077>).

Šodien ikviena klimata pārmaiņu analīze nav iedomājama bez rūpīgas novērojumu datu homogenitātes izvērtējuma. Veicot atsevišķu novērojumu rindu, noteiktu valstu datu arhīvu homogenizāciju vai globālo datu bāzu analīzi, tiek lietotas dažādas pieejas. Tomēr visām tām ir kopīga novērojumu staciju vēstures rūpīgs izvērtējums un statistisko homogenitātes testu pielietojums, kas tiek papildināts ar eksperta-klimatologa pieredzi un zināšanām (Peterson et al., 1998). Viens no piemēriem homogēnu vēsturisko klimatisko datu ieguvei shematiski tiek parādīts 2.1.2. attēlā.



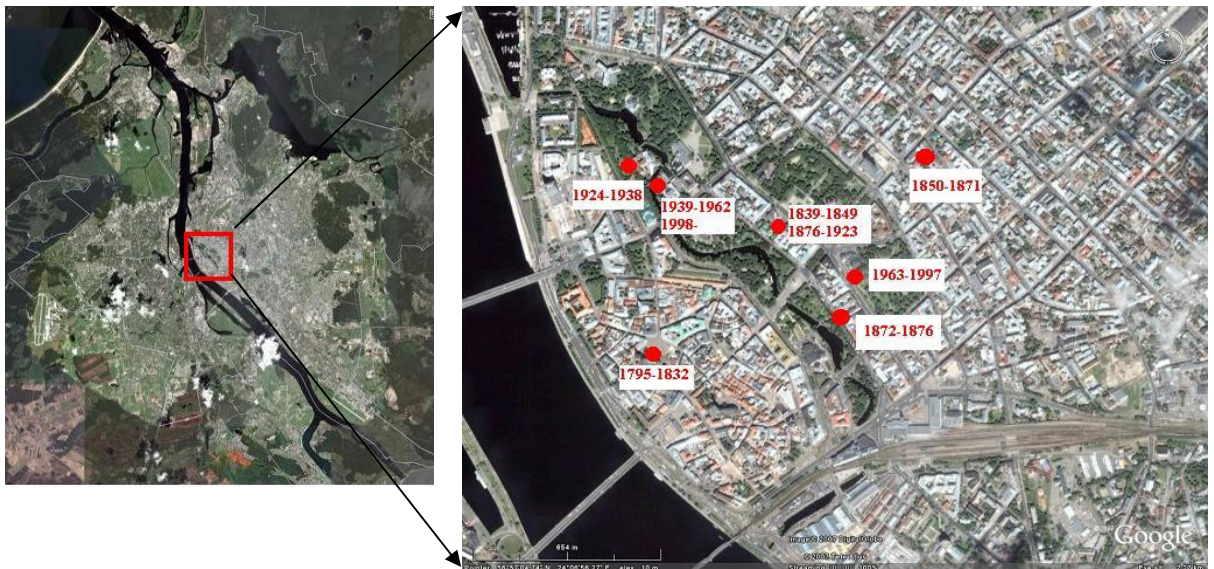
2.1.2. att. Shematiska diagramma homogēnu klimatisko datu ieguvei klimata pētījumiem (pēc Tuomenvirta and Drebs, 1994)

Pēc 2.1.1. attēlā parādītās shēmas tika veidotas homogēnas diennakts gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu rindas stacijai Rīga-Universitāte.

2.2. Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu vēsture

Novērojumu vieta un instrumenti. Pirmie zināmie gaisa temperatūras instrumentālie novērojumi Rīgā aizsākušies 1762. g., kad Rīgas pilsētas ārsta palīgs Johans Luters 1762-1763. g. divas reizes dienā veica gaisa temperatūras novērojumus ar Reomīra un Fārenheita termometriem (Рабинович, 1972).

Sistemātiski gaisa temperatūras novērojumi Rīgā tika uzsākti 1795. g., kad Rīgas Doma skolas skolotājs Johans Zands uzsāka regulārus gaisa temperatūras novērojumus trīs reizes dienā. Tā kā Zands strādāja un dzīvoja Doma skolā, tad iespējams, ka šie novērojumi tika izdarīti pašreizējā Rīgas vēstures un kuģniecības muzeja teritorijā (Темникова и Николаева-Серединская, 1972). Novērojumi šeit turpinājās līdz 1832. g. Ziņas par termometriem un to novietojumu šajā laika periodā nav saglabājušās (2.2.1.att).

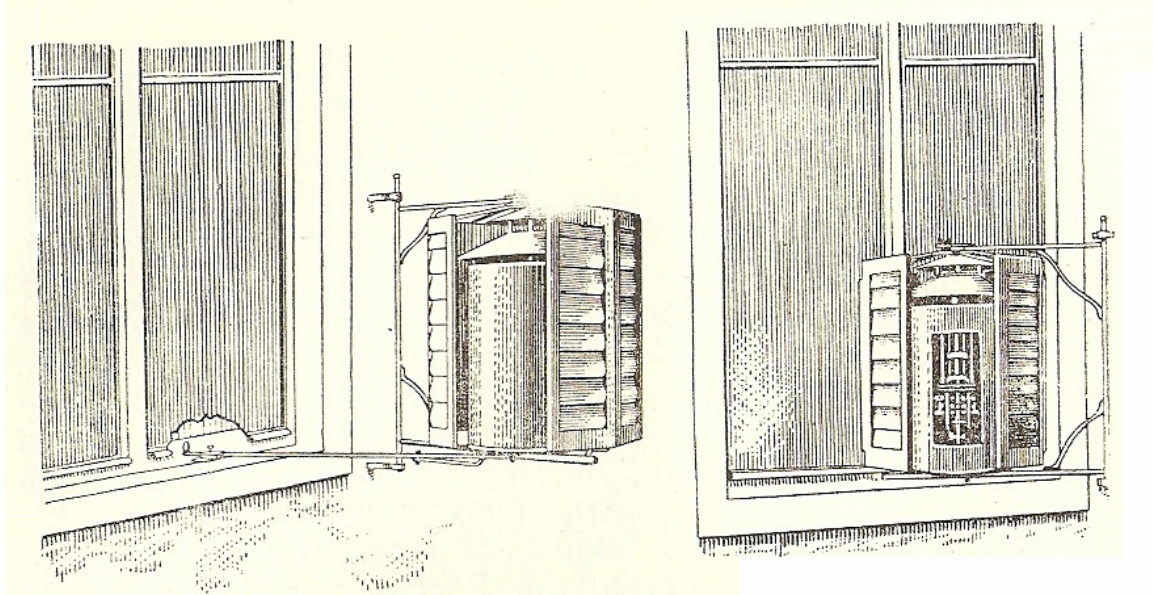


2.2.1. att. Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte atrašanās vietas Rīgas pilsētas centrālajā daļā ilggadīgā laika periodā. Kartes pamatne: Google Earth

1839. g. gaisa temperatūras novērojumus uzsāka Rīgas ģimnāzijas matemātikas skolotājs M. Deiters. Rīgas ģimnāzijas teritorijā tie turpinājās līdz 1849. g. Termometri atradās mūra ēkas austrumu pusē, 6 m augstumā no zemes virsmas, ēnā (Месячные выводы метеорологических данных за отдельные годы, 1952).

Laika periodā 1850.-1923. g. meteoroloģiskos novērojumus Rīgā organizēja Rīgas Dabas pētnieku biedrība. Šajā laikā novērojumu rezultāti tika apkopoti un publicēti biedrības izdevumos. 1850. g. 1. septembrī uzsāka darbu meteoroloģiskā stacija filozofijas doktora A. Buholca mājās, kas spriežot pēc tā laika adrešu grāmatām varēja atrasties uz Brīvības ielas starp Blaumaņa un Dzirnauvu ielām (Темникова, Николаева-Серединская, 1972). Šeit novērojumi turpinājās līdz 1871. g. Gaisa temperatūru mērīja dzīvojamās ēkas ziemeļu pusē pie otrā stāva loga (Meyer, 1928). Mērījumu veikšana pie ēku ziemeļu puses logiem bija raksturīga 19. gs. sākuma gaisa temperatūras mērījumu metode. Lai gan Galvenās Ģeofiziskās observatorijas instrukcijās tika rekomendēts gaisa temperatūras novērojumus veikt atklātās vietās, tomēr tika pieļauta arī iespēja

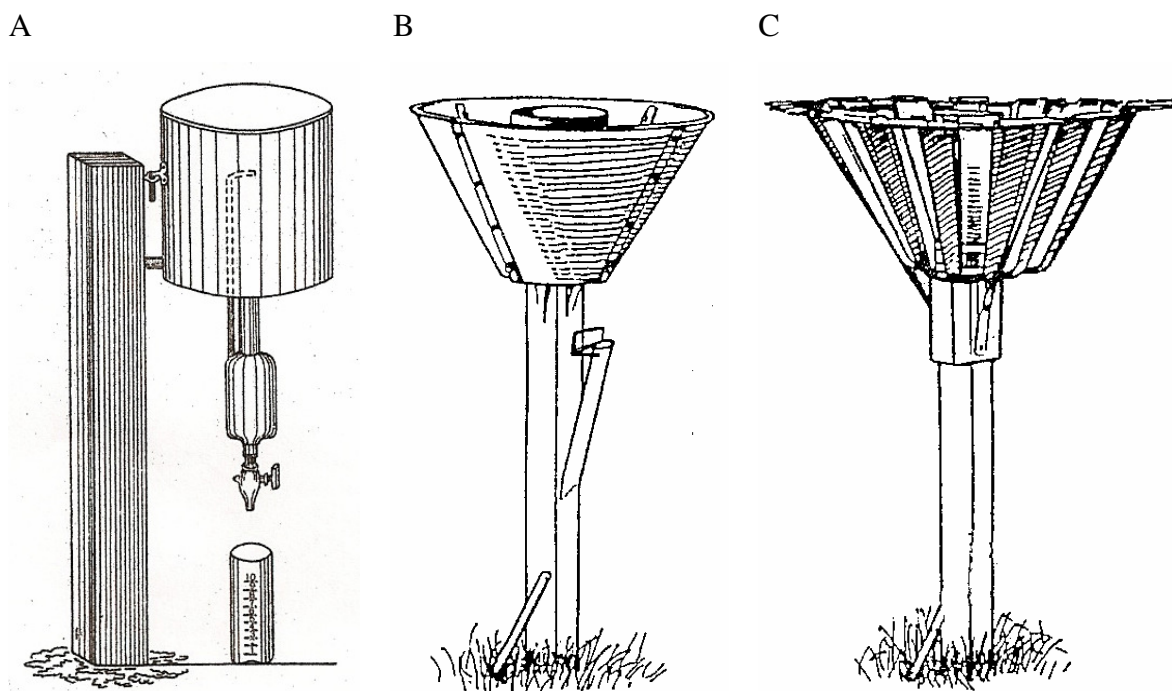
temperatūras novērojumu veikti pie ēku logiem (Рахмановъ, 1913). Mērinstrumenti (psihrometra sausais un sasalpinātais termometrs, maksimālais un minimālais termometrs, mata higrometrs) tika ievietoti cinka cilindrā, kuru apņēma ārējais cilindrs. No vienas puses novērojumu cilindri bija atvērti, kas ļāva izdarīt gaisa temperatūras nolasījumus. Cilindra apakšējā daļā tika ierīkots ventilators, kuru darbināja 2 minūtes pirms nolasījumu veikšanas precīzākas gaisa temperatūras iegūšanai (2.2.2. attēls).



2.2.2. att. Gaisa temperatūras mērījumi pie ēkas loga (Хриган, 1959)

Gaisa temperatūru mērīja ar Reomīra termometriem. 1851. g. šajā novērojumu stacijā tika uzsākti diennakts minimālās gaisa temperatūras novērojumi, bet gadu vēlāk – arī diennakts maksimālās gaisa temperatūras novērojumi. Diennakts maksimālo gaisa temperatūru novēroja ar Reomīra dzīvsudraba termometriem, bet minimālo gaisa temperatūru – ar spirta termometriem. Ekstremālo temperatūru mērījumi šim laika periodam tika uzskatīti par pietiekami precīziem (Нездюров, 1969).

1850. g. tika uzsākti arī atmosfēras nokrišņu novērojumi. Diemžēl precīzi apraksti par nokrišņu mērīšanas metodēm šajā laika periodā nav saglabājušies. Tomēr ņemot vērā to, ka 19. gs vidū nokrišņu novērojumu tīklu veidošanu organizēja Galvenā Ģeofiziskā observatorija Krievijā Sanktpēterburgā, pēc tā laika novērojumu vēstures pētnieku aprakstiem var spriest par iespējamajām nokrišņu mērīšanas metodēm. Nokrišņu mērīšanai tika izmantots instruments, kas sastāvēja no diviem cilindriskiem dažāda diametra alvas traukiem, no kuriem augšējais bija platāks, bet apakšējais – šaurāks (2.2.3. att. A). Traukus savā starpā savienoja šaura caurulīte, pa kuru lietus ūdens satecēja apakšējā traukā. Zemākā trauka apakšējā daļā bija ierīkots krāns, pa kuru ūdeni varēja iztecināt mērījumu caurulītē un caurules iedaļām noteikt nokrišņu daudzumu. (Нездюров, 1969). J. Barloti (1932) rakstīja, ka šie novērojumi ir veikti ar līdzīgiem instrumentiem kā 20.gs sākumā un novērojumu dati ir savstarpēji salīdzināmi. Tomēr tajā pašā laikā J. Barloti atzīst, ka „sakarā ar nokrišņu mērījumu aparāta nostādīšanu dažādos laika sprīžos lielākā augstumā, pat līdz 15,1 m virs zemes, izmērīto nokrišņu daudzums ir ticis samazināts” (Barloti, 1932).



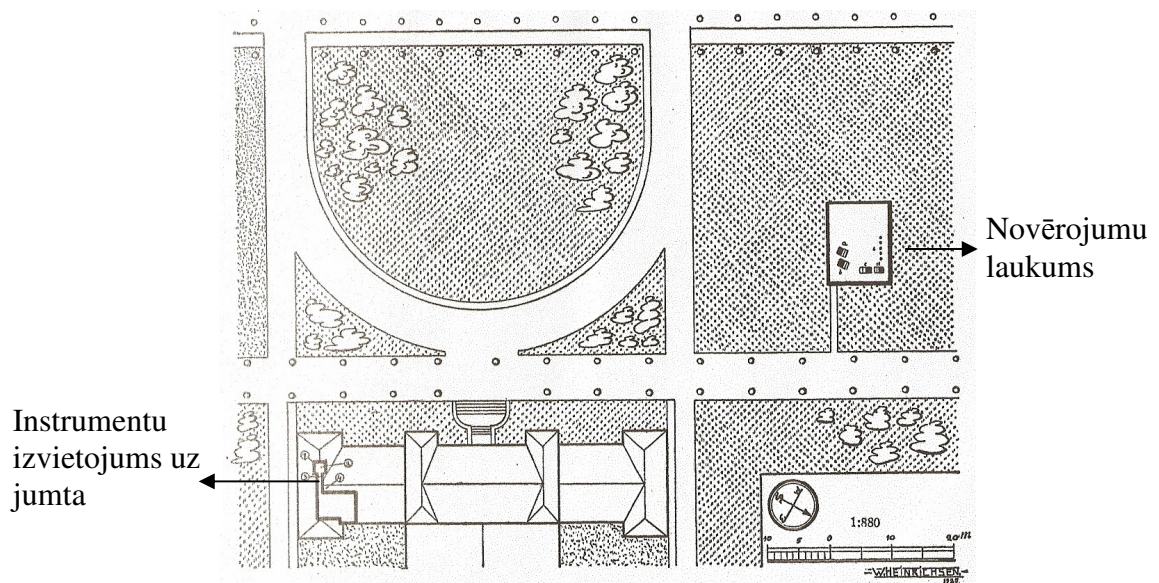
2.2.3. att. Nokrišņu mērinstrumenti, kādi tika izmantoti dažādos laika periodos nokrišņu mērīšanai: A - Divcilindru nokrišņu mērs (1850-1892) (Нездюров , 1969); B - Nokrišņu mērs ar Nifera sistēmas vēja aizsargu (1893-1957); C - Tretjakova sistēmas lietus mērs (1957-2006) (WMO, 1998).

1872. g. novērojumi turpinājās Rīgas politehnikuma teritorijā, un tos veica ķīmiķis F. Glazenaps. Termometri bija novietoti pie ēkas otrā stāva loga ziemeļu pusē un atradās ēnā. 1873. g. novērojumus izdarīja pie ēkas trešā stāva loga 17 m no zemes virsmas (Mayer, 1928).

1876. Rīgas Dabaspētnieku biedrība izveidoja jaunu novērojumu vietu Rīgas ģimnāzijas teritorijā, kur to vadīja ģimnāzijas skolotājs A. Verners. Šeit novērojumi turpinājās līdz 1924. g. Ugunsgrēka dēļ īslaicīgi no 1902. gada oktobra līdz 1903. gada augustam novērojumi tika veikti sākumskolas teritorijā Kalpaka bulvārī, bet pēc tam turpinājās atkal ģimnāzijas teritorijā. Sākumskolas teritorijā gaisa temperatūras mērījumi tika veikti pie ēkas ziemeļaustrumu puses 2 stāva loga. No 1903. g. augusta psihrometriskā būdiņa tika nostiprināta pilsētas ģimnāzijas augšējā stāvā pie ziemeļaustrumu puses loga, kas bija vērsts uz pagalmu (Месячные выводы метеорологических данных за отдельные годы 1952; Mayer , 1928).

Pēc Latvijas Universitātes dibināšanas (1919.g.) meteoroloģisko novērojumu organizēja (kopš 1921. g.) Meteoroloģiskais Institūts (Vēlāk – Ģeofizikas un meteoroloģijas institūts), kurā līdz 1924. g. veica paralēlus novērojumus ar pilsētas ģimnāziju. Novērojumu laukumu iekārtoja Kronvalda parkā netālu no toreizējās Ķīmijas (tagad Bioloģijas) fakultātes ēkas. Apstākļu sakrītības dēļ universitātes novērojumu stacija netika novietota ārpus pilsētas teritorijas, bet turpinājās pilsētas teritorijā. R. Meijers atzīmē, ka Latvijas Universitātes meteoroloģijas katedra mācību nolūkiem un zinātniskiem pētījumiem izveidoja meteoroloģisko observatoriju. Sakarā ar to, ka observatorijas uzturēšanai un novērojumu veikšanai līdzekļi tika atvēlēti maz, tad tika izvēlēta novērojumu vieta blakus fakultātei, jo tas atrisināja gan telpu, gan

novērotāju problēmu. (Latvijas Universitātes Meteoroloģiskās Observatorijas novērojumi, 1926). Informāciju par novērojumu izdarīšanas vietu un novērojumu instrumentu izvietojumu sniedz novērojumu laukuma shēma (2.2.4. att.). Termometra būdiņa un lietus mērītājs tika uzstādīts pilsētas apstādījumos pie laboratorijas ēkas ar drāšu sētu iežogotā 130 m² lielā četrstūra laukumā. Gaisa temperatūra tika mērīta ar F.O.Millera (Müller'a) termometru. Nepārrauktai gaisa temperatūras reģistrēšanai tika izmantots Ričarda (Richard'a) termogrāfs. Maksimālo gaisa temperatūru mērīja ar Apela (Apel'a), pēc tam Fuesa (Fuess'a) maksimālo termometru, bet minimālās temperatūras mērīšanai lietoja tikai Fuesa (Fuess'a) termometru.



2.2.4. att. Meteoroloģiskā laukuma un mērinstrumentu izvietojuma shēma novērojumu stacijā Rīga-Universitāte (1923.-1937.g.) (Latvijas Universitātes Meteoroloģiskās Observatorijas novērojumi, 1926)

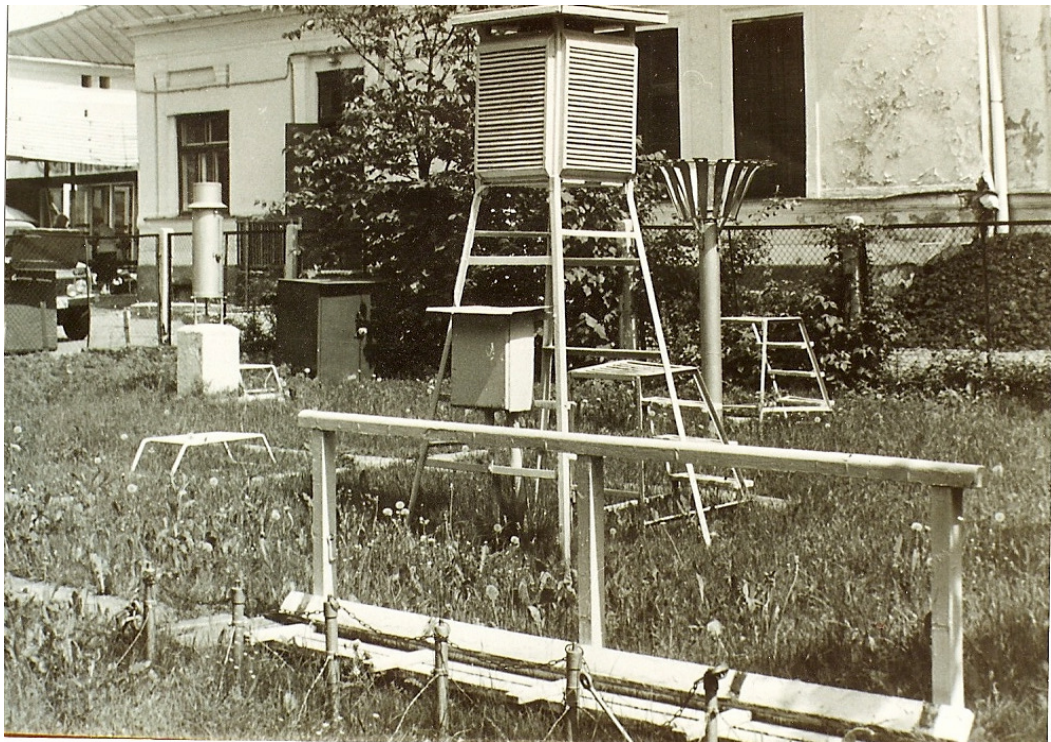
Nokrišņu mērīšanai lietoja lietus mērītāju ar 500 cm² uztverošo virsmu bez misiņa malas ar Nifera sistēmas vēja aizsargu. Aukstajā gada laikā papildus nokrišņu mērīšanai tika lietoti Helmana-Fuesa (Hellman'a-Fuess'a) pašrakstītājs sniega svara mērītājs Gaisa temperatūra un atmosfēras nokrišņu mērījumi tika veikti 2 m virs zemes virsmas (Latvijas Universitātes Meteoroloģiskās Observatorijas novērojumi, 1926). Meteoroloģiskās stacijas vadītājs bija Rūdolfis Meiers, kurš organizēja regulārus stacijas novērojumu datu publicēšanu un apkopošanu Ģeogrāfijas biedrības rakstu izdevumos.

1938. g. novērojumu laukumiņu pārvietoja tuvāk fakultātes ēkai, kur tas atradās līdz 1963. gada maijam (2.2.1.; 2.2.5. att.). Kopš 1951. g. meteoroloģiskā stacija Rīga-Universitāte ir Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes sastāvdaļa. Šajā laikā profesores N. Temņikovas vadībā tika veikts liels darbs, lai meteoroloģiskos novērojumus veiktu pēc tā laika PSRS meteoroloģisko novērojumu veikšanas standartiem un metodikām.

1963. g. staciju pārvietoja uz Vērmanes dārzu un tā atradās Merķeļa ielas malā (2.2.6. att.). Visi meteoroloģiskie novērojumi tika veikti pēc vienotiem standartiem un metodikām (Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 1985).



2.2.5. att. Novērojumu stacija Rīga-Universitāte Kronvalda bulvārī 4 (20 gs. 60-to gadu sākums)



2.2.6. att. Novērojumu stacija Rīga-Universitāte pie Vērmanes dārza (20 gs. 80-tie gadi)

1997. gada vasarā meteoroloģiskos novērojumus Vērmanes parkā pārtrauca un atsāka 1997 g. novembrī Kronvalda parkā pie Bioloģijas fakultātes ēkas vietā, kur meteoroloģiskie novērojumi tika veikti laika periodā 1938.-1963.g. No 1997. līdz 2005. g. atmosfēras nokrišņu, mērījumi tika veikti Raiņa bulvārī 19 uz Universitātes ēkas jumta ar Tretjakova lietus mērītāju (2.2.7. attēls). Kopš 1997. jūlija gaisa temperatūras novērojumi tiek izdarīti Kronvalda bulvārī ar automātisko meteoroloģisko staciju Miloss-500. Atmosfēras nokrišņu mērījumus 2006. gadā uz laiku pārcēla uz novērojumu laukumu Kronvalda bulvārī, bet pēc tam pārvietoja atpakaļ uz Raiņa bulvārī 19, kur novērojumi tiek veikti pašlaik.

A



B



2.2.7. att. Novērojumu laukums Kronvalda bulvārī pie Bioloģijas fakultātes ēkas ar automātisko staciju Miloss-500 gaisa temperatūras mērījumiem (A) un Tretjakova lietusmērs uz Latvijas Universitātes ēkas jumta Raiņa bulvārī 19 (B) (2002. gads)

Novērojumu laiks. Laika periodā no gaisa temperatūras novērojumu sākuma 1795. g. līdz 1997. g. jūnijam gaisa temperatūras novērojumi ar termometru tika veikti trīs reizes dienā (no rīta, pusdienlaikā un vakarā) ar izmaiņām dažādos laika periodos novērojumu izdarīšanas laikos (2.3.1.1. tab.). Pēc gaisa temperatūras novērojumu automatizēšanas 1997. g., tās novērojumi tika veikti reizi stundā. Atsevišķos laika periodos: 1904.-1906. g., 1923-1938. g. un 1986.-1997. g. papildus gaisa temperatūra tika mērīta arī ar temperatūras pašrakstītājiem, kas ļāva precīzāk noteikt diennakts gaisa temperatūras gaitu un aprēķināt diennakts vidējās gaisa temperatūras vērtības. Ziņas par novērojumu izdarīšanas laikiem ar termometriem sniegtas 2.3.1. nodaļā analizējot diennakts vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanas metodes. Maksimālā un minimālā gaisa temperatūra laika periodā 1851.-1869. tika reģistrēta vienu reizi diennaktī pusdienas mērījuma laikā (plkst. 14-tos), bet sākot ar 1870. gadu – vakara novērojumu laikā. Līdz ar to diennakts maksimālā un minimālā gaisa temperatūra līdz 1870. gadam ir noteikta kā maksimālā vai minimālā gaisa temperatūras vērtība no iepriekšējās dienas plkst. 14-tiem līdz kārtējās dienas plkst. 14-tie, bet sākot ar 1870. gada – kā maksimālā vai minimālā

diennakts gaisa temperatūras vērtība no iepriekšējās diennakts vakara novērojumam līdz kārtējās diennakts vakara mērījumam.

Atmosfēras nokrišņi laikā no 1850. g. līdz 1870. g. tika mērīti vienu reizi diennaktī plkst. 14-tos. Līdz ar to diennakts nokrišņu summa tika noteikta kā kopējais nokrišņu daudzums laikā no iepriekšējās dienas pusdienlaikam līdz kārtējās dienas pusdienlaikam. Sākot ar 1870. g. nokrišņus mērīja divas reizes – no rīta un vakarā. Diennakts nokrišņu summa šim laika periodam tika aprēķināta kā kopējais nokrišņu daudzums no iepriekšējās dienas vakara mērījuma līdz kārtējās dienas vakara novērojumam.

2.3. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilggadīgo rindu Rīgā homogenizēšana

Kā atzīmēts 2.1. nodaļā, pirmais solis klimata pārmaiņu un svārstību analīzē ir novērojumu datu rindu, kas tiek izmantotas pētījumos, homogenitātes vai viendabības izvērtējums un nepieciešamo korekciju pielietošana.

Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgo novērojumu datu rindu homogenizēšana tika veikta pamatojoties uz 2.1. nodaļā doto shēmu (2.1.2. att.).

Diennakts vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras un diennakts atmosfēras nokrišņu homogēnu rindu izveidošanai tika veikts sekojošais:

1. Diennakts novērojumu datu rindu digitizācija izmantojot oriģinālos novērojumu materiālus un pieejamās elektroniskās datu bāzes.
2. Vecāko novērojumu datu pārrēķināšana uz standarta mērvienībām.
3. Iztrūkstošo datu aprēķināšana izmantojot lineārās regresijas metodi un tuvāk esošo novērojumu staciju datus.
4. Tiešā rindu homogenizēšana: a) diennakts gaisa temperatūras aprēķināšana izmantojot korekcijas; b) instrumentu maiņas un nokrišņu mēra spaiņa korekciju pielietošana diennakts atmosfēras nokrišņu datu rindām
5. Netiešā rindu homogenizēšana: *Standarta normālā homogenitātes testa* (Aleksandersson and Moberg, 1997) un *Daudzpakāpju datu rindas analīzes homogenizācijai* testa (MASH – Multiple Analysis of Series for Homogenization) pielietošana diennakts, mēnešu, sezonu un gada gaisa temperatūru un atmosfēras nokrišņu datu rindu homogenizēšanai.

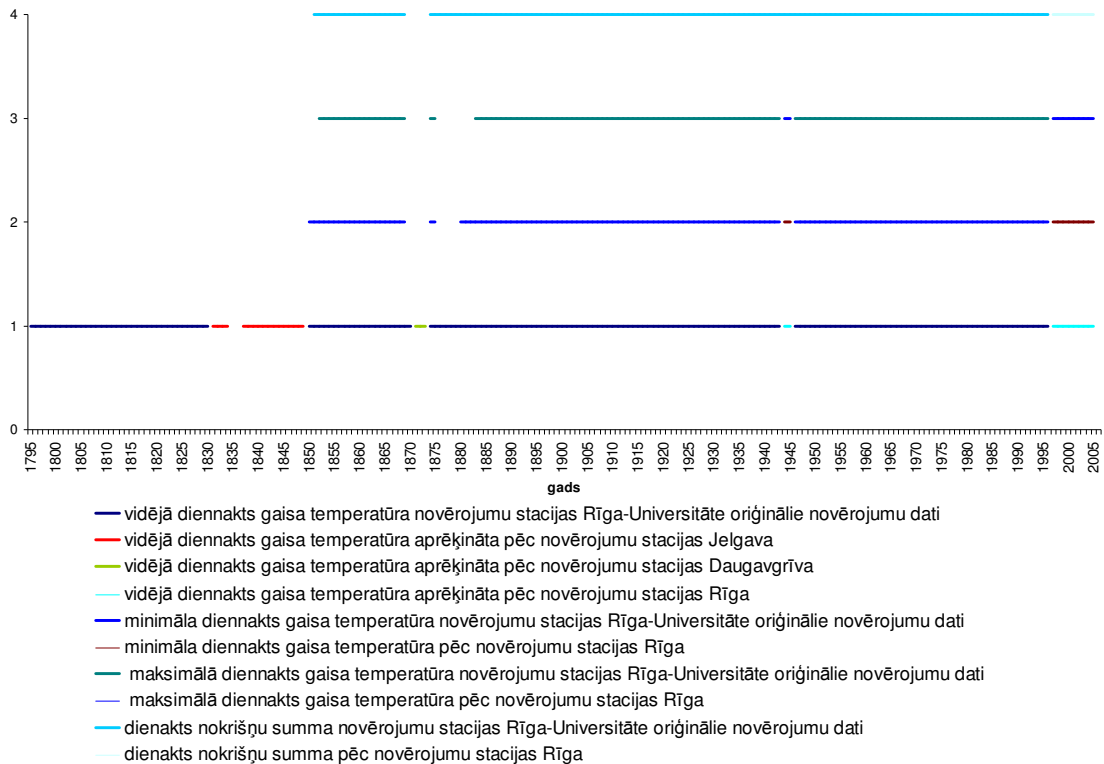
Diennakts gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu rindas tika digitizētas izmantojot:

1. Oriģinālos novērojumu materiālus - meteoroloģisko novērojumu mēnešu tabulas TM-1 novērojumu stacijai Rīga-Universitāte (1923.-2006);
2. Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras arhīvu materiālus – meteoroloģiskās tabulas TM-1 novērojumu stacijai Rīga-Universitāte;
3. Publicētos novērojumu datus (Correspondenzblatt des Naturforschenden Vereins zu Riga (1850-1920) un Latvijas Universitātes Meteoroloģiskās observatorijas novērojumi I-X gads),
4. Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras elektronisko datu bāzi CLIDATA.

Diennakts vidējās, maksimālās, minimālās gaisa temperatūras un diennakts atmosfēras nokrišņu summu digitālā datu bāze tika izveidota programmas MS Excel 2003 vidē.

Laika periodam 1795.-1832. g. gaisa temperatūras tika pārrēķināta no Reomīra grādiem uz Celsija grādiem. Atmosfēras nokrišņu summas laika periodam 1850.-1876.g. tika pārrēķinātas no collām uz milimetriem. Iztrūkstošo vidējās diennakts gaisa

temperatūras novērojumu dati aprēķināti izmantojot lineārās regresijas metodi un novērojumu staciju Rīga, Jelgava un Daugavgrīva datus. Diennakts maksimālās, minimālās gaisa temperatūras un diennakts nokrišņu summas trūkstošie dati tika aizstāti tikai ar novērojumu stacijas Rīga novērojumu datiem. Diennakts gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu rindu datu iegūšanas avoti un parādīti 2.3.1. attēlā.



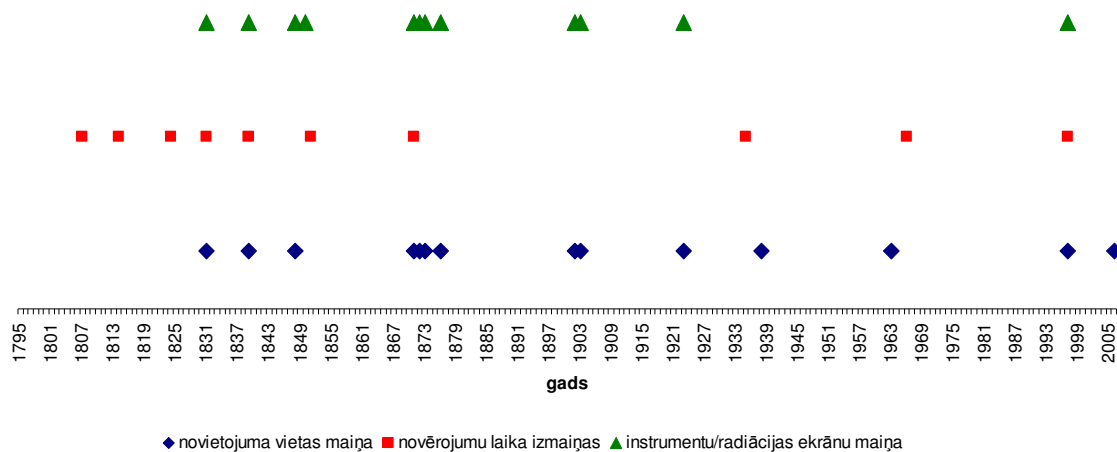
2.3.1.att. Diennakts vidējās gaisa temperatūras (1), diennakts minimālās gaisa temperatūras (2), diennakts maksimālās gaisa temperatūras (3) un atmosfēras nokrišņu diennakts summas (4) rindu datu avoti

Kopumā novērojumu stacijas Rīga-Universitāte gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu datu rindas ir ar nelieliem pārtraukumiem, kas ļauj tās izmantot ilggadīgo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņu tendenču un svārstību analīzei Rīgas pilsētā, tās apkārtnē un Latvijas teritorijā kopumā. Jāatzīmē laika periods 1870.-1876. g., kad ilgāku laika periodu tika pārtraukti gaisa temperatūru ekstremālie novērojumi. Šim laika periodam fragmentāri ir saglabājušies atmosfēras nokrišņu diennakts novērojumu oriģinālie dati, lai gan mēnešu nokrišņu summas ir iegūstamas publicētajos izdevumos. Laika periodā 1944.-1945. g. gaisa temperatūras novērojumi veikti fragmentāri un diennakts novērojumu vērtības tika iegūtas no novērojumu stacijas Rīga. Diemžēl tehnisku iemeslu dēļ daļa novērojumu datu pēc novērojumu automatizācijas 1997. g. nav saglabājušies, vai bija nepietiekamas kvalitātes. Tādēļ laika periodam no 1997. g. jūlija līdz 2005. g. daļa novērojumu dati tika aprēķināti (vidējai diennakts gaisa temperatūrai) vai aizstāti (maksimālajai, minimālajai gaisa temperatūrai un atmosfēras nokrišņu summai) ar Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras novērojumu stacijas Rīga datiem.

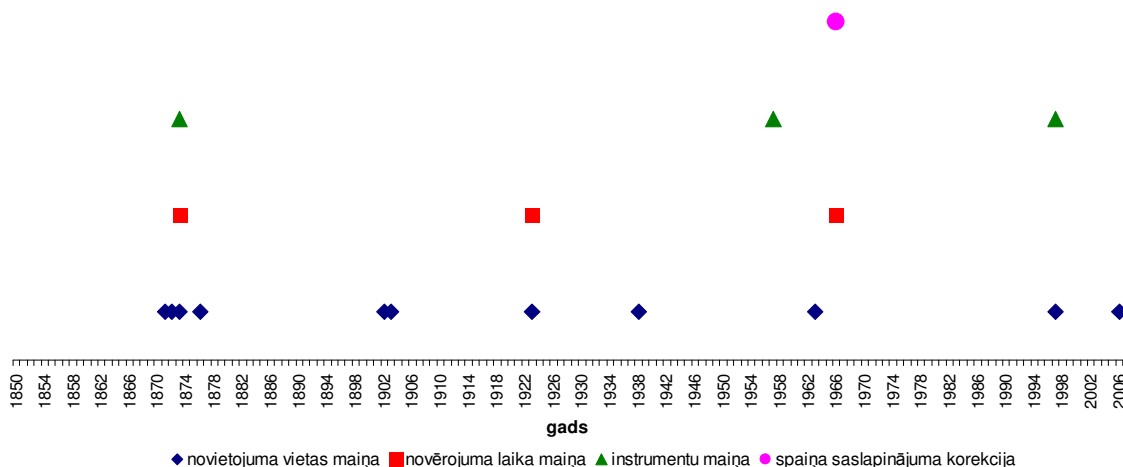
2.3.1. Tiešās homogenizēšanas metodes un rezultāti

Kā atzīmēts 2.1 nodaļā, tiešajai klimatisko novērojumu datu rindu homogenizēšanai tiek izmantoti novērojumu staciju vēstures apraksti, kas satur informāciju par novērojumu vietu maiņu, instrumentiem, novērojumu laikiem. Tas ļauj noteikt iespējamās datu rindu lūzuma punktus, kas nav saistīti ar klimatisko apstākļu pārmaiņām. Izmantojot novērojumu stacijas Rīga-Universitātes darbības vēstures aprakstu (2.2. nodaļa), tika identificēti 21 iespējamie lūzuma punkti vidējai gaisa temperatūras un 13 lūzuma punkti diennakts nokrišņu summām (2.3.1.1. attēls). Tie ir gadi, kad notikušas būtiskas pārmaiņas novērojumu veikšanā, kas varētu būt iespējamiem datu rindas nehomogenitātes cēloņi.

gaisa temperatūra



atmosfēras nokrišņi



2.3.1.1.att. Pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitātes vēstures apraksta identificētās izmaiņas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu mērījumos.

Lielākoties vienā gadā tika identificēta viena būtiska pārmaiņa novērojumu veikšanā, atsevišķos gadījumos arī vairākas uzreiz. Tā piemēram, 1938. g. un 1963.g. mainījusies gan gaisa temperatūras, gan atmosfēras nokrišņu novērojumu vieta, bet citas būtiskas pārmaiņas novērojumu veikšanā nav notikušas. Savukārt 1997. g., līdz ar novērojumu stacijas pārvietošanu un pāreju uz novērojumiem automatiskā režīmā, ir izmainījusies gan novērojumu veikšanas apkārtnē, gan novērošanas metodes.

Gaisa temperatūra. Viena no raksturīgākajām gaisa temperatūras datu rindas nehomogenitātes cēloņiem ir novērojumu laiku izmaiņas un ar to saistītās vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanas metodes. Kā atzīmēts 2.2. nodaļā, novērojumu stacijā Rīga-Universitāte novērojumi laika periodā 1795.-1997. g. ir veikti 3 reizes diennaktī un atsevišķos periodos papildināti ar gaisa temperatūras pašrakstītāju novērojumiem. Šādos gadījumos vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanai var tikt lietotas dažādas aprēķinu formulas (Moberg and Bergström 1997, Weiss and Hays, 2005).

Lai noteiktu vispiemērotāko vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanas metodi, disertācijas izstrādes laikā tika veikta dažādu diennakts vidējo gaisa temperatūru aprēķināšanas metožu salīdzinājums. Šim nolūkam tika izmantoti termogrāfa novērojumu datu materiāli novērojumu stacijā Rīga-Universitāte laika periodam 1924.-1935. g. un 1986.-1996. g., kā arī novērojumu stacijā Rīga, periodam 1986.-1996. g. veiktie gaisa temperatūras novērojumi ar termogrāfu. Tika izmantoti arī novērojumu stacijas Rīga ikstundas novērojumu dati pēc novērojumu automatizēšanas laika periodam 2002.-2006. g. Pēc termogrāfa mērījumiem iegūtās vidējās diennakts gaisa temperatūras, kas aprēķinātas izmantojot ik stundu (24) mērījumus diennaktī, tika salīdzinātas ar dažādām diennakts vidējās gaisa temperatūras izskaitļošanas metodēm izmantojot 3 termiņu novērojumus diennaktī, kā arī maksimālās un minimālās gaisa temperatūras mērījumus. Tā kā novērojumu stacijas, kuru termogrāfa dati tika izmantoti salīdzināšanai, atradās dažādās vietās Rīgas pilsētā, tad veiktais salīdzinājums deva iespēju noskaidrot ne tikai dažādu vidējās diennakts gaisa temperatūru aprēķināšanas metožu atšķirības, bet arī spriest par atšķirībām, kādas var rasties, izmantojot vienu un to pašu diennakts vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanas metodi dažādos pilsētas vides apstākļos. Tabulā 2.3.1.1. parādīti šīs analīzes rezultāti janvāra un jūlija mēnešiem. Diennakts vidējo gaisa temperatūras aprēķina metožu salīdzinājums parādīja, ka lielākajai daļai novērojumu laiku kombināciju diennakts vidējās vērtības vidējā atšķirība (kas ir arī vidējās mēneša gaisa temperatūras atšķirība) pēc 24 diennakts novērojumu datiem aprēķinātās vidējās gaisa temperatūras nepārsniedz $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Tomēr atsevišķos gadījumos šīs atšķirības var būt ievērojami lielākas un pat sasniegt $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Tika secināts arī ka, izmantojot viena un tā paša perioda novērojumu datus un pielietojot vienas un tās pašas vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanas formulas, dažādās pilsētas vides apstākļos rezultāti atšķirās. Visspilgtāk šīs atšķirības parādījās, aprēķinot vidējo diennakts gaisa temperatūru pēc novērojumiem plkst. 8; 14 un 20-tos. Vidējā diennakts gaisa temperatūras, kas aprēķināta pēc 3 novērojumu datiem augstāk minētajās stundās atšķirība no 24 stundu vidējās diennakts gaisa temperatūras pilsētas centrā (Vērmanes dārzā) jūlija mēnesī bija -0.9°C , bet ārpus pilsētas centra -1.2°C . Tas liecina par to, ka pielietojot korekcijas vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanai vai arī izmantojot atšķirīgas metodes, jāņem vērā apkārtējās vides iespējamā ietekme uz aprēķinu rezultātu īpaši tik ļoti atšķirīgajos pilsētas vides apstākļos. Tas ir saistīts ar to, ka pilsētas vides apstākļos ir ne tikai atšķirīgs gaisa temperatūras režīms, kas tika analizēts nodaļā 1.4., bet arī atšķirīga diennakts gaisa temperatūras gaita.

2.3.1.1. tabula

Vidējās diennakts gaisa temperatūras, kas aprēķinātas pēc dažādām formulām un 24 stundu novērojumu datiem, vidējā starpība (melna), maksimālā pozitīvā starpība (sarkana), maksimālā negatīvā starpība (zila)

t_r – rīta novērojums; t_p – pusdienlaika novērojums; t_v – vakara novērojums, t_{\max} – maksimālā diennakts gaisa temperatūra; t_{\min} – minimālā diennakts gaisa temperatūra; k – korekcija (formula 1); novietojums 1 – Rīgas centrā (novērojumu stacija Rīga-Universitāte 1.4.1. att.); novietojums 2 – Rīgas ziemeļrietumu daļā (novērojumu stacija Rīga-Spilve 1.4.1. att.); - aprēķini netika veikti

Mēnesis	Novērojumu laiks (periods)	novietojums	Vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanas formulas					
			$\frac{1}{3}(t_r+t_p+t_v)$	$\frac{1}{3}(t_r+t_p+t_v)\pm k$	$\frac{1}{4}(2\times t_r+t_p+t_v)$	$\frac{1}{4}(t_r+t_p+2\times t_v)$	$\frac{1}{4}(t_r+t_p+t_v+t_{\min})$	$\frac{t_{\max}+t_{\min}}{2}$
Janvāris	7,12;22 (1795-1807; 1850-1851)	1	0.1 (+1.8; -1.7)	0.0 (+1.7; -1.8)	0.2 (+2.5; -1.6)	0.1 (+2.9; -2.5)	-	-0.1 (+4.1; -3.3) 0.0 (+3.9; -4.0)
		2	0.0 (+2.0; -1.0)	-	0.1 (+1.3; -0.9)	0.0 (+3.6; -2.0)	-	
	8; 12; 22 (1808-1814; 1824-1831; 1839-1948)	1	0.1 (+2.2; -2.0)	0.0 (+2.1; -2.1)	0.1 (+2.5; -1.9)	0.0 (+3.2; -2.8)	-	
		2	0.0 (+2.3; -1.3)	-	0.1 (+1.4; -1.0)	0.0 (+3.8; -2.0)	-	
	6; 14; 22 (1851 II-1869)	1	-0.1 (+1.5; -1.9)	0.0 (+1.7; -1.9)	0.0 (+1.4; -1.3)	-0.1 (+2.5; -2.8)	-	
		2	-0.1 (+2.2; -1.4)	0.0 (+2.2; -1.2)	0.0 (+0.9; -1.0)	0.0 (+3.6; -2.3)	-	
	7; 13; 21 (1870-1935)	1	-0.1 (+1.6; -2.0)	0.0 (+1.5; -2.1)	0.1 (+1.7; -1.6)	-0.1 (+2.7; -2.9)	0.5 (+3.0; -0.4)	
		2	0.0 (+1.8; -1.2)	-	0.0 (+1.3; -1.0)	0.0 (+3.2; -1.8)	-	
	7; 13; 19 (1936-1965)	1	-0.2 (+1.4; -2.3)	0.0 (+1.6; -2.1)	0.0 (+1.5; -1.7)	-0.2 (+1.9; -1.7)	0.5 (+2.3; -0.4)	
		2	-0.1 (+1.5; -1.6)	0.0 (+1.6; -1.5)	0.0 (+1.6; -1.0)	-0.1 (+2.2; -1.7)	-	
	8; 14; 20 (1966-1997)	1	-0.2 (+1.7; -2.5)	0.0 (+1.9; -2.3)	0.0 (+1.3; -2.3)	-0.2 (+2.4; -3.3)	0.4 (+2.9; -0.6)	
		2	-0.2 (+2.0; -3.0)	0.0 (+2.2; -2.8)	-0.1 (+1.2; -2.0)	-0.1 (+3.1; -4.5)	-	

2.3.1.1. tabulas turpinājums

Mēnesis	Novērojumu laiks (periods)	novietojums	Vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanas formulas					
			$\frac{1}{3}(t_r+t_p+t_v)$	$\frac{1}{3}(t_r+t_p+t_v)\pm k$	$\frac{1}{4}(2\times t_r+t_p+t_v)$	$\frac{1}{4}(t_r+t_p+2\times t_v)$	$\frac{1}{4}(t_r+t_p+t_v+t_{\min})$	$\frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}$
Jūlijs	7.12;22 (1795-1807; 1850-1851)	1	0.1 (+1.5; -1.2)	0.0 (+1.6; -1.1)	0.6 (+1.9; -0.8)	0.2 (+1.7; -1.4)	-	-0.2 (+2.7; -2.9) -0.2 (+2.6; -3.6)
		2	0.0 (+2.5; -1.5)	-	0.4 (+2.5; -1.0)	0.1 (+2.5; -1.5)	-	
	8; 12; 22 (1808-1814; 1824-1831; 1839-1948)	1	-0.2 (+1.5; -1.6)	0.0 (+1.7; -1.4)	0.2 (+1.9; -1.3)	-0.1 (+1.5; -1.6)	-	
		2	-0.5 (+2.5; -2.2)	0.0 (+3.0; -1.7)	-0.3 (+2.5; -2.2)	-0.2 (+2.5; -2.2)	-	
	6; 14; 22 (1851 II- 1869)	1	0.0 (+1.1; -1.2)	0.0 (+1.6; -1.1)	0.7 (+1.9; -0.5)	0.1 (+1.5; -1.2)	-	
		2	0.1 (+1.7; -2.1)	0.0 (+1.7; -1.4)	0.8 (+1.9; -0.8)	0.2 (+1.9; -1.5)	-	
	7; 13; 21 (1870-1935)	1	-0.3 (+1.4; -1.5)	0.0 (+1.7; -1.2)	0.2 (+1.9; -1.3)	-0.1 (+1.5; -1.6)	0.9 (+2.5; -0.1)	
		2	-0.4 (+1.8; -3.2)	0.0 (+1.4; -3.6)	-0.3 (+2.5; -2.2)	-0.2 (+2.5; -2.2)		
	7; 13; 19 (1936-1965)	1	-0.8 (+0.9; -2.2)	0.0 (+1.7; -1.4)	0.0 (+1.0; -1.4)	-1.0 (+1.2; -2.6)	0.4 (+1.4; -1.0)	
		2	-0.9 (+0.5; -2.8)	0.0 (+1.4; -1.9)	-0.3 (+0.4; -1.7)	-1.1 (+0.7; -3.0)		
	8; 14; 20 (1966-1997)	1	-0.9 (+0.7; -2.6)	0.0 (+1.6; -1.7)	-0.3 (+0.9; -2.0)	-0.9 (+0.8; -2.5)	0.2 (+1.3; -0.8)	
		2	-1.2 (+0.5; -3.4)	0.0 (+1.7; -2.2)	-0.7 (+0.8; -2.5)	-1.2 (+0.9; -3.7)	-	

Veiktā vidējās diennakts gaisa temperatūru aprēķinu metožu salīdzināšana ļāva novērtēt iespējamās neprecizitāšu lielumus aprēķinātajos diennakts gaisa temperatūras datos un spriest par iespējamajām neprecizitātēm gaisa temperatūras pārmaiņu analīzes rezultātos.

Ņemot vērā augstāk minēto analīzi un tās rezultātus, tika secināts, ka viena no piemērotākajām formulām diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanai, kas ir tuvināta diennakts gaisa temperatūrai pēc 24 stundu novērojumu datiem, ir :

$$T_{vid} = \frac{1}{3}(t_r + t_p + t_v) \pm k \quad (1)$$

kur

T_{vid} – vidējā diennakts gaisa temperatūra

t_r – rīta termiņa novērojumā izmērītā gaisa temperatūra

t_p - pusdienlaika termiņa novērojumā izmērītā gaisa temperatūra

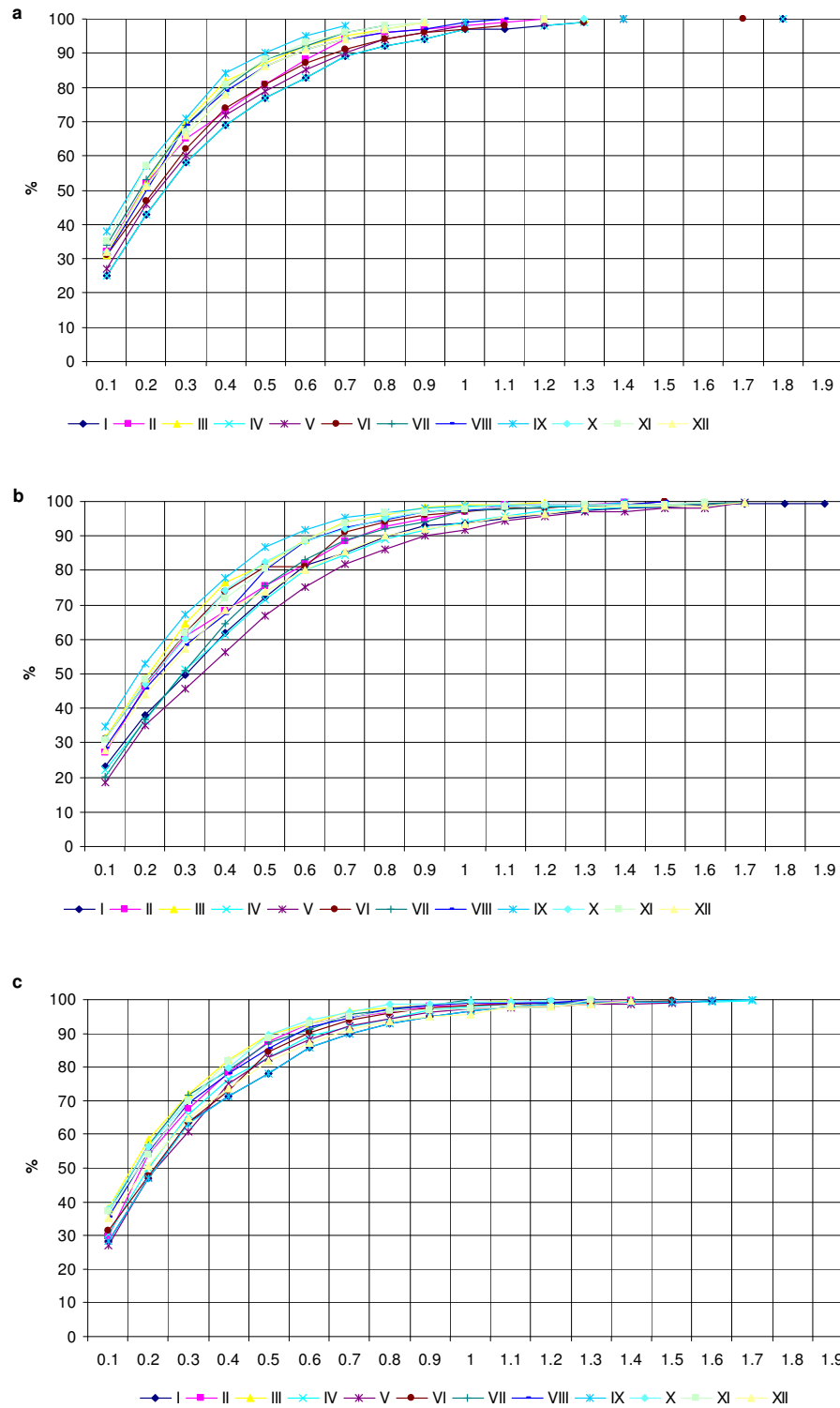
t_v - vakara termiņa novērojumā izmērītā gaisa temperatūra

k – korekcija, kas izskaitļota salīdzinot diennakts vidējo gaisa temperatūru pēc 3 termiņu novērojumu datiem ar vidējo diennakts gaisa temperatūru, kas aprēķināta pēc ikstundu (24) temperatūras nolasījumiem pēc termogrāfa.

Formula (1) tika izvēlēta vairāku apsvērumu dēļ. Viens no galvenajiem faktoriem bija tas, ka diennakts vidējās gaisa temperatūras, kas aprēķinātas pēc šīs formulas un to novirzes no precīzākās (24 stundu) diennakts gaisa temperatūras, bija vismazākās vai vienas no mazākajām, salīdzinot ar citām aprēķinu formulām. Bez tam, vairākiem ilgākiem laika periodiem novērojumu stacijai Rīga-Universitāte saglabājušies tikai pēc 3 novērojumu datiem aprēķinātās vidējās diennakts gaisa temperatūras dati, kas neļāva izmantot citu formulu temperatūras pārrēķināšanai. Minimālās un maksimālās gaisa temperatūras novērojumi tika uzsākti ievērojami vēlāk kā termiņu novērojumi, tādēļ šo rādītāju izmantošana vecāko gadu vidējo gaisa temperatūru aprēķināšanai nebija iespējama.

Kopumā pēc visām termiņu novērojumu variācijām pēc formulas 1 aprēķinātās gaisa temperatūras atšķirības no 24 stundu vidējās diennakts gaisa temperatūras 20-40% gadījumu atšķirās tikai par $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. 70-90% gadījumu atšķirības nav lielākas par $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, bet 90-99% gadījumu atšķirības ir mazākas par $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ (2.3.1.2. att.).

Formulā (1) korekcijas faktors k tika aprēķināts katram laika periodam un katram termiņu novērojumu salikuma atsevišķi, salīdzinot vidējo diennakts gaisa temperatūru, kas aprēķināta pēc 3 termiņu novērojumiem ar 24 stundu vidējo gaisa temperatūru pēc termogrāfa. Bez tam, pielietojot aprēķinātās korekcijas, tika ņemta vērā arī novērojumu stacijas atrašanās noteiktā vietā konkrētā laika periodā. Korekcijas k , kas tika pielietotas vidējās diennakts gaisa temperatūras aprēķināšanai dotas 2.3.1.2. tabulā.



2.3.1.2. att. Vidējās diennakts (24 stundu) gaisa temperatūras un pēc formulām (a) $1/3(t(7)+t(12)+t(22))+k$; (b) $1/3(t(8)+t(14)+t(20))+k$; (c) $1/3(t(6)+t(14)+t(22))+k$ aprēķinātās gaisa temperatūras atšķirību sadalījums dažādos mēnešos. $t(6;7;8;12;14;20;22)$ – termiņos veiktie temperatūras novērojumi

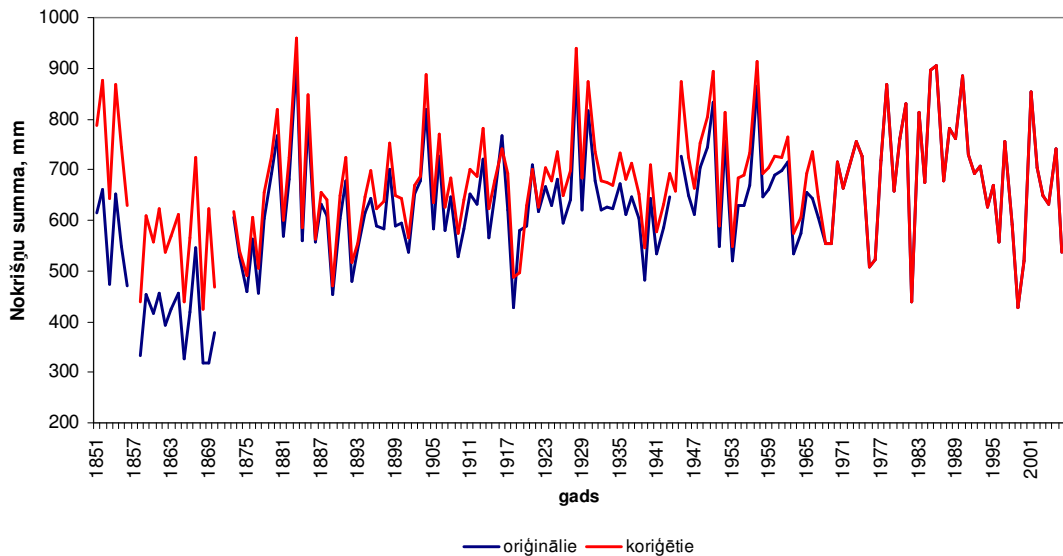
**Korekcijas (k) diennakts vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanai
pēc formulas (1)**

Novērojumu periodi un laiki	1795- 1809 1850 II -1851 I	1808- 1831	1839- 1848 1870- 1924	1851 II -1869	1924- 1935	1936- 1938	1939- 1962 V	1962VI- 1966	1966- 1997VI
Mēnesis	7;12;22	8;12;22	7;13;21	6;14;22	7;13;21	7;13;19	7;13;19	7;13;19	8;14;20
I	+0.1	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2
II	+0.2	+0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3
III	+0.2	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4
IV	+0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.7	-0.6	-0.8
V	+0.1	-0.3	-0.3	0.0	-0.3	-0.9	-0.9	-1.0	-1.1
VI	0.0	-0.3	-0.4	0.0	-0.4	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0
VII	+0.1	-0.2	-0.3	0.0	-0.2	-0.8	-0.9	-0.7	-0.9
VIII	+0.2	0.0	-0.2	0.0	-0.2	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8
IX	+0.2	+0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
X	+0.1	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
XI	+0.1	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
XII	+0.1	+0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1

Jāatzīmē, ka aprēķinātās un 2.3.1.2. tabulā apkopotās korekcijas k atšķiras no iepriekš aprēķinātajām un publicētajām korekcijām k mēnešu vidējās gaisa temperatūras aprēķināšanai novērojumu stacijā Rīga-Universitāte (Месячные выводы метеорологических данных за отдельные годы, 1952).

Atmosfēras nokrišņi. Atmosfēras nokrišņu novērojumu rindu būtiskākais nehomogenitātes cēlonis ir instrumentu maiņa un novērojumu metodikas izmaiņas. Novērojumu stacijā Rīga-Universitāte nokrišņu mērinstrumenti tika mainīti 1893. g. un 1957. g. Oriģinālās atmosfēras nokrišņu novērojumu rindas grafiskie attēli parāda, ka būtisks lūzums novērotajās nokrišņu daudzuma sezonas un gada rindās vērojams 1876. g., kas varētu būt saistīts ar novērojumu vietas maiņu, iespējams ar instrumentu uzstādīšanas un novērojumu veikšanas metodiku un ar novērojumu instrumentu nomaiņu (2.3.1.3. att.). Laika periodā 1851.-1876. g. reģistrētais kopējais gada nokrišņu daudzums ir ievērojami mazāks kā vēlākos laika periodos novērotais. Paralēlie novērojumu ar instrumentiem tajā laikā netika veikti. Ņemot vērā citu valstu pieredzi (Moberg et al., 2003), lai mazinātu instrumentu maiņas ietekmi uz novērojumu rindas kvalitāti. tika veikts mēnešu vidējo atmosfēras nokrišņu summu salīdzinājums laika

periodam 1851-1870. g. un vēlākiem 20 gadu laika periodiem (1876.-1900; 1901.-1920.; 1921.-1940.; 1941.-1960.).



2.3.1.3. att. Atmosfēras nokrišņu gada summas (mm) pēc oriģinālajiem novērojumu datiem un pēc koriģētajiem datiem novērojumu stacijai Rīga-Universitāte

Pēc 20 gadu vidējo mēnešu nokrišņu summu attiecībām tika aprēķināti reizināšanas koeficienti katram mēnesim atsevišķi, un šie koeficienti izmantoti diennakts atmosfēras nokrišņu summas aprēķināšanai laika periodam 1851.-1876.g. (2.3.1.3. tabula reizināšanas koeficients k).

Būtiskas pārmaiņas novērojumu instrumentos tika veiktas arī 1957. g., kad nokrišņu mēru ar Nifera aizsargu nomainīja pret Tretjakova sistēmas nokrišņu mēru (2.2.3. att.). Gan bijušajā Padomju Savienībā, gan arī Latvijā tika veikti plaši pētījumi, lai salīdzinātu šo abu instrumentu mērījumu datus (Справочник по климату СССР, 1968; Фомина, 1970; Пелецис и Эларт, 1970). Šo pētījumu rezultātā iegūtie instrumentu maiņas pārrēķināšanas koeficienti tika pielietoti diennakts nokrišņu mērījumiem lika periodā 1876.-1957. g. (2.3.1.3. tabula reizināšanas koeficients K_1)

2.3.1.3. tabula

Reizināšanas koeficienti. diennakts atmosfēras nokrišņu summu pārrēķināšanai

k- reizināšanas koeficients laika periodā 1851.-1875. g.

K_1 – reizināšanas koeficients laika periodā 1876.-1957.g.

mēnesi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
k	1.4	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
K_1	1.07	1.07	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	1.05

Trešais būtiskākais faktors, kas ietekmē oriģinālo izmērīto diennakts atmosfēras nokrišņu rindu kvalitāti, ir nokrišņu mēra spaiņa saslapinājuma kompensācijas faktora ieviešana sākot ar 1966. gadu. Visām izmērītajām nokrišņu summām laikā no 1876. g. līdz 1966. g. tika pieskaitīti 0.1 mm, ja nokrišņi bijuši cietā veidā un 0.2 mm, ja bijuši slapjie vai jaukta tipa nokrišņi. Rezultātā iegūtā koriģētā atmosfēras nokrišņu novērojumu datu rinda laika periodā 1876.-1966. g. atšķirās no oriģinālās novērojumu

rindas ar lielākiem nokrišņu daudzumiem, lai gan kopējo gada nokrišņu summu izmaiņu raksturs nemainījās. Būtiski koriģētās atmosfēras nokrišņu rindas izmaiņu raksturu ietekmēja korekcijas, kas tika pielietotas datiem laika periodam 1851.-1876.g. Tā kā šim laikam lietotās atmosfēras nokrišņu rindas korekcijas tika aprēķinātas, pielietojot salīdzinoši vienkāršu metodi, tad nepieciešams turpmāk veikt papildus pētījumus, izmantojot citu meteoroloģisko novērojumu (gaisa temperatūras. mākoņainības. atmosfēras mitruma. vēja virziena u.c.) un citu vecāko Eiropas novērojumu staciju datus, kā arī netiešo novērojumu (sausuma periodi, intensīvu lietusgāžu apraksti, dati par lauksaimniecības produkciju u.c.) datus, atmosfēras nokrišņu senāko instrumentālo novērojumu datu rindas homogenitātes pētījumiem.

2.3.2. Netiešās homogenizēšanas metodes un rezultāti

Izveidoto gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu rindu homogenitāte tika pārbaudīta izmantojot divus statistiskos homogenitātes testus SNHT un MASH.

Standarta Normālais homogenitātes tests (SNHT - Standart Normal Homogeneity tests) (Aleksandersson and Moberg, 1997).

Novērojumu stacijas datu rinda, kurai tiek pārbaudīta homogenitāte (kandidāt stacija) tiek salīdzināta ar vairākām (5-9) viendabīgām datu rindām (atbalsta stacijas), kurām ir augsti korelācijas koeficienti ar kandidāta staciju. Lai noteiktu relatīvo nevienādību, tiek izskaitļotas starpības starp kandidāta staciju un atbalsta stacijām (gaisa temperatūrai) (3) vai attiecības starp šīm stacijām (2) (atmosfēras nokrišņiem) :

$$Q_i = Y_i / \{ [\sum_{j=1}^k \rho_j^2 X_{ji} \bar{Y} / \bar{X}_j] / \sum_{j=1}^k \rho_j^2 \} \quad (2)$$

$$Q_i = Y_i - \{ [\sum_{j=1}^k \rho_j^2 [X_{ji} - \bar{X}_j + \bar{Y}] / \sum_{j=1}^k \rho_j^2 \} \quad (3)$$

kur

Y_i - mēneša, sezonas vai gada vidējā gaisa temperatūra vai atmosfēras nokrišņu summa pētāmajā kandidāta stacijā gadā i .

\bar{Y} - vidējā gaisa temperatūras vai atmosfēras nokrišņu vērtības visā novērojumu periodā
 X_j - mēneša, sezonas vai gada vidējā gaisa temperatūra vai atmosfēras nokrišņu summa vienā no atbalsta stacijām (kopējais atbalsta staciju skaits k).

X_{ji} - mēneša, sezonas vai gada vidējā gaisa temperatūra vai atmosfēras nokrišņu summa vienā no atbalsta stacijām (kopējais atbalsta staciju skaits k) gadā i

ρ_j^2 - korelācijas koeficienta kvadrāts starp kandidāta stacijas vidējo gaisa temperatūru vai atmosfēras nokrišņu summu un atbalsta stacijas j atbilstošo lielumu

Standarta normālais homogenitātes tests tiek piemērots standartizētajām Z rindām

$$Z = (Q_i - \bar{Q}) / \sigma_Q \quad (4)$$

kur

σ_Q - Q rindas standartnovirze

Tiek definētas divas hipotēzes:

H_0 - nulles hipotēze. Visa rinda ir viendabīga.

H_1 - alternatīvā hipotēze. Rinda nav viendabīga. Ir kāds gads m , kurā pirmajos m gados Z rindas vidējā vērtība ir μ_1 , bet nākamajos $(n-m)$ gados rindas vidējā vērtība ir μ_2 .

Testa parametrs T tiek izskaitļots katram iespējamajam $n-1$ punktam, kurā iespējamās izmaiņas

$$T(m) = mz_1^2 + (n-m)z_2^2 \quad (5)$$

$m=1.2.3.4.....n-1$.

kur

z_1 - z vidējā vērtība pirmajos m gados

z_2 - z vidējā vērtība $(n-m)$ gados

Lielas T vērtības nozīmē, ka μ_1 un μ_2 būtiski atšķiras no nulles un tiek noraidīta nulles hipotēze.

T maksimālā vērtība tiek apzīmēta ar T_x

$$T_x = \max \{T(m)\}. m=1.2.3..... n-1 \quad (6)$$

Varbūtība, ka T_x pārsniedz noteikto lielumu, ir atkarīga no novērojumu rindas garuma. Kritiskie lielumi T ar dažādu būtiskumu dažādiem rindas garumiem doti publikācijā (Aleksandersson and Moberg. 1997).

Standarta normālais homogenitātes tests tika izmantots salīdzinot meteoroloģiskās stacijas Rīga-Universitāte vidējā mēnešu, sezonu un gada gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu summas ar citu meteoroloģisko staciju datu rindām izmantojot homogenitātes testa programmu (A. Ziverts. nepublicētie materiāli).

Daudzpakāpju datu rindas analīze homogenizācijai (MASH – Multiple Analysis of Series for Homogenization) (Szentimrey, 1996).

Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu diennakts, mēnešu, sezonu un gada datu rindu homogenizēšanai tika izmantota Ungārijas meteoroloģijas dienestā izveidotā programma MASHv3.02 (Szentimrey, nepublicētie materiāli). Programma paredzēta diennakts gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu rindu homogenitātes pārbaudīšanai un automātiskai datu rindu koriģēšanai. MASH metode ir relatīvā homogenitātes testa procedūra, kas neparedz, ka atbalsta stacijas ir homogēnas. Iespējamās datu rindas nehomogenitātes tiek atrastas, veicot daudzpakāpju datu rindu savstarpēju salīdzināšanu. Kandidāta stacijas tiek izvēlētas no visām programmā ievietotajām novērojumu stacijām un tiek salīdzinātas ar pārējām stacijām, kuras tiek pieņemtas par atbalsta stacijām. Atbalsta staciju atlase notiek atkarībā no attāluma starp stacijām automātiski vai arī var tikt veikta manuāli. Atkarībā no klimata elementa rakstura, datu rindu homogenizēšanai var tikt izmantoti divi modeļi: saskaitīšanas modelis (additive model) (gaisa temperatūrai) vai reizināšanas modelis (multiplicative module) (atmosfēras nokrišņiem). Datu rindas homogenizēšanas procedūras gaitā tiek izskaitļotas vairākas kandidāta stacijas un svērto atbalsta staciju starpību datu rindas. Visi ar testa statistiku konstatētie pārrāvumi starpību datu rindās tiek attiecināti uz kandidāta staciju. Testa matemātiskais risinājums dots programmas aprakstā (Szentimrey, nepublicētie materiāli).

SNHT tika izmantots tikai mēnešu, sezonu un gada novērojumu datu rindu homogenitātes izvērtējumam, bet MASH – arī diennakts novērojumu datu rindu homogenitātes pārbaudei. Pielietojot gan SNHT, gan MASH, nehomogenitāte tika noteikta ar būtiskuma līmeni 95%.

Atbalsta stacijas. Abas no augstāk aprakstītajām lietotajām metodēm, ir balstītas uz kandidāta stacijas (Rīga-Universitāte) salīdzināšanu ar atbalsta stacijām. Atbalsta stacijām jābūt pietiekami reprezentatīvām. t.i. korelācijas koeficientiem starp novērojumu stacijām jābūt augstiem. SNHT gadījumā tiek pieņemts, ka kandidāta stacija tiek pārbaudīta ar homogēnam atbalsta staciju datu rindām, bet MASH tests automātiski veic vairākkārtējas novērojumu staciju savstarpēju salīdzināšanu, līdz ar to šī testa gadījumā nav nepieciešams kā atbalsta stacijas izmantot homogēnas datu rindas. Tā kā viena no galvenajām problēmām novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datu rindu homogenizēšanā bija viendabīgas atbalsta stacijas, kas izmantojamas novērojumu salīdzināšanai, tad novērojumu datu rindas tika homogenizētas galvenokārt, balstoties uz homogenitātes testa MASH rezultātiem. Datu rindu homogenizēšana ar statistisko homogenitātes testu palīdzību tika veikta vairākos posmos:

1) Vecāko, sezonu un gada vidējo gaisa temperatūras novērojumu datu rindu homogenitātes pārbaude pielietojot SNHT laika periodam 1975.-1995.g. Kā atbalsta stacijas šim nolūkam tika izmantotas homogēno novērojumu staciju Stokholma un Upsala pārbaudītie un publicētie novērojumu dati (Moberg and Bergström 1997). Korelācijas koeficienti starp novērojumu stacijas Rīga-Universitāte un Upsalas un Stokholmas datu rindām gadā kopumā bija 0.86, ziemā 0.85 un vasarā 0.80. Kā atbalsta stacijas tika izmantoti arī novērojumu staciju Liepāja, Ventspils, Daugavpils, Mērsrags un Jelgava dati (1896.-1940. g). Tā kā senākajām Latvijas novērojumu datu rindām līdz šim nav veikta homogenitātes pārbaude un izvērtējums, augstāk minētās Latvijas novērojumu stacijas tika izmantotas tikai kā papildus materiāls homogenitātes analīzes rezultātu izvērtējumam.

2) Mēnešu vidējo gaisa temperatūru un atmosfēras nokrišņu summu viendabības pārbaude kā atbalsta stacijas izmantojot Latvijas novērojumu staciju Skulte, Bauska, Mērsrags, Priekuļi, Stende datus pielietojot homogenitātes testus SNHT un MASH laika periodam 1925.-2006.g. Korelācijas koeficienti starp novērojumu staciju Rīga-Universitāte vidējām, vidējām maksimālajām un vidējām minimālajām gaisa temperatūrām un atbalsta novērojumu stacijām 0.99-0.88. Korelācijas koeficienti starp mēnešu nokrišņu summām novērojumu stacijā Rīga-Universitāte un atbalsta stacijās bija 0.95-0.70. Zemākie korelācijas koeficienti raksturīgi vasaras periodā.

3) Rīga-Universitāte novērojumu datu homogenitātes pārbaude laika periodam 1950.-2006. g. Šis laika periods tika izvēlēts tādēļ, ka tam ir pieejams pietiekami blīvs gaisa temperatūru un atmosfēras nokrišņu novērojumu tīkls, kas izmantojams kā atbalsta stacijas. Bez tam šajā laika veiktajiem gan gaisa temperatūras, gan atmosfēras nokrišņu novērojumiem ir augstāka kvalitāte kā agrākajos gados veiktajiem novērojumiem. Šim laika periodam tika veikts gan mēnešu vidējo gaisa temperatūru, gan atmosfēras nokrišņu summu homogenitātes analīze ar statistisko testu SNHT un MASH, gan arī diennakts vidējās gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu homogenitātes izvērtējums, izmantojot programmu MASH. Kā atbalsta stacijas tika izmantotas novērojumu staciju Rīga, Jelgava, Skulte, Bauska, Dobeles, Skrīveri, Mērsrags, Priekuļi, Stende dati (1.4.1. att. un 2.3.2.1. att.). Korelācijas koeficienti starp novērojumu staciju Rīga-Universitāte vidējām, vidējām maksimālajām un vidējām minimālajām gaisa temperatūrām un atbalsta novērojumu stacijām bija 0.99-0.94. Korelācijas koeficienti starp mēnešu nokrišņu summām novērojumu stacijā Rīga-Universitāte un atbalsta stacijās bija 0.95-0.72.



2.3.2.1. att. Homogenitātes izvērtējumam izmantoto Latvijas novērojumu staciju novietojums

Homogenitātes testu rezultāti. Visos trijos datu rindu homogenitātes izvērtējuma posmos kā rezultāts tika iegūtas korekcijas, kuras piemērojamas datu rindām, lai tās izveidotu par homogēnām. Ar statistisko testu palīdzību iegūtās korekcijas tika izvērtētas, salīdzinātas savā starpā (gadījumā, ja tika piemērotas abas statistisko homogenitātes testu SNHT un MASH metodes), kā arī salīdzinātas ar iespējamajiem datu rindas pārrāvumu punktiem, izmantojot vēsturiskās ziņas par novērojumu staciju.

Tika konstatēts, ka 70% gadījumu ar statistisko testu palīdzību konstatētās nehomogenitātes ir saistītas ar izmaiņām novērojumu stacijas darbībā, visbiežāk ar stacijas pārvietošanu. Bez tam MASH testa pielietošana ļāva identificēt arī tehniskas kļūdas, kas pieļautas atsevišķos gados veicot novērojumu datu digitizāciju vai aprēķinus. Kopumā SNHT un MASH testa rezultāti bija līdzīgi, ar nelielām atšķirībām novērtētu korekciju būtiskumā un lielumos.

Korekcijas, kas tika piemērotas novērojumu datu rindām pēc to homogenitātes izvērtējums ar statistisko homogenitātes testu palīdzību, dotas 2.3.1.4.tabulā.

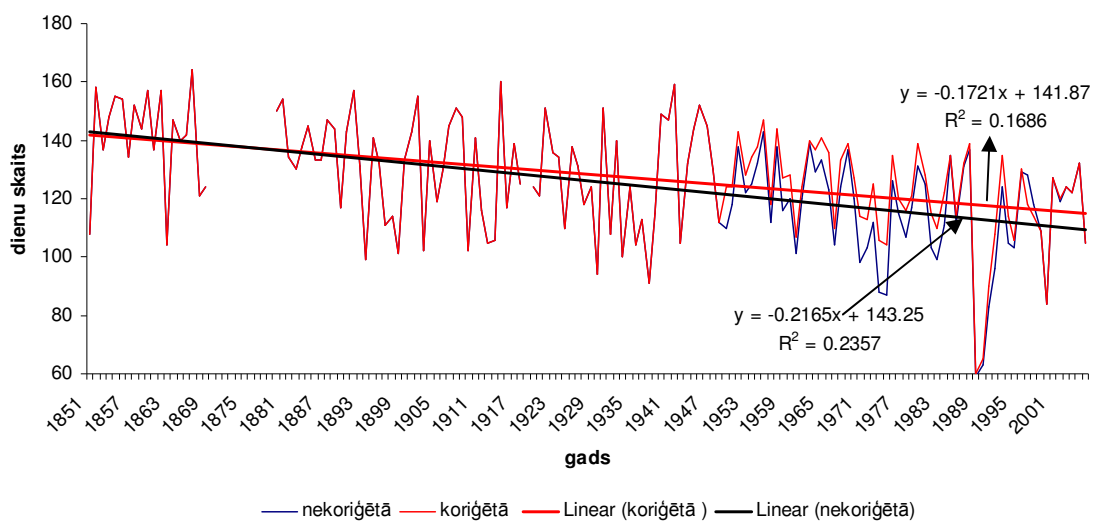
Mēnešu vidējo gaisa temperatūru un atmosfēras nokrišņu summu korekcijas faktori

Tabulā parādīts konstatētais lūzuma punkta gads un nehomogenitātes lielums : vidējai, vidējai minimālajai un vidējai maksimālajai gaisa temperatūrai kā starpība starp vidējo vērtību pēc lūzuma punkta un pirms tā, atmosfēras nokrišņiem – kā attiecība starp vidējo vērtību pēc lūzuma punkta un pirms tā.

Mēnesi	Vidējā mēneša gaisa temperatūra	Vidējā minimālā mēneša gaisa temperatūra	Vidējā maksimālā mēneša gaisa temperatūra	Mēneša nokrišņu summa
I	1938. +0.23 1986. -0.25	1938. +0.50 1963. +0.48 1997. -0.30	1963. +0.10 1997. -0.21	1957. 1.02 1966. 1.02
II	1986. -0.31	1963. +0.30 1997. -0.30	1997. -0.37	1957. 1.02 1966. 1.02
III	1986. -0.19	1963. +0.40 1997. -0.42	1938. +0.15 1963. +0.21 1997. -0.28	-
IV	1986. -0.30	1963. +0.20 1997. -0.32	1963. +0.42 1997. -0.38	-
V	1963. +0.35 1997. -0.52	1938. +0.38 1963. +0.45 1997. -0.45	1938. +0.27 1963. +0.63 1997. -0.30	-
VI	1938. +0.18 1963. +0.40 1997. -0.45	1963. +0.75 1997. -0.38	1938. +0.54 1963. +0.56 1997. -0.42	-
VII	1963.+0.18 1997. -0.50	1963. +0.85 1997. -0.58	1938. +0.24 1963. +0.45 1997. -0.39	-
VIII	1963. +0.84 1997. -0.50	1963. +0.52 1997. -0.61	1938. +0.37 1963. +0.53 1997. -0.32	-
IX	1963. +0.11 1997. -0.15	1963.+0.15	1963. +0.23 1997. -0.12	-
X	1997. -0.23	1963. +0.36 1997. -0.32	1963. +0.18 1997. -0.15	-
XI	1963. +0.21 1997. -0.35	1938. +0.21 1997. -0.28	1997. -0.13	-
XII	1986. -0.33	1963. +0.58 1997. -0.38	1963. +0.21 1997. -0.35	1957. 1.02 1966. 1.02
GADS	1938. +0.10 1963. +0.25 1997. -0.30	1938. +0.10 1963. +0.35 1997. -0.25	1963. +0.19 1997. -0.19	1957. 1.01 1966. 1.01
ZIEMA	1938. +0.21 1986. -0.11	1938. +0.16 1963. +0.18 1997. -0.60	1997. -0.24	1957. 1.02 1966. 1.02
PAVASARIS	1963. +0.35 1986. -0.17 1997. -0.17	1938. +0.10 1963. +0.18 1997. -0.70	1938. +0.20 1963. +0.10 1997. -0.18	-
VASARA	1831. +0.30 1850. +0.40 1923. -0.50 1963. +0.68 1997. -0.33	1938. +0.20 1963. +0.75 1997. -0.56	1938. +0.26 1963. +0.63 1997. -0.22	-
RUDENS	1963. +0.10 1997. -0.20	1938. +0.10 1963. +0.15 1997. -0.10	1963. +0.15 1997. -1.12	-

Novērojumu stacijas Rīga-Universitāte gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu rindu homogenizēšana tika veikta, lai pēc iespējas mazinātu dažādu neklīmatisko apstākļu ietekmi uz rezultātiem, kas iegūti klimata pārmaiņu analīzes rezultātā, izmantojot šīs novērojumu datu rindas. Lai gūtu priekšstatu par to, cik lielā mērā homogenizācijas process ir ietekmējis datu rindu analīzes rezultātus, tika veikts salīdzinājums starp klimata indeksiem, kas aprēķināti pēc datu rindām, kurām piemērota tikai tiešā homogenizēšana un pēc datu rindām, kam piemērotas arī statistiskās homogenizēšanas metodes.

Tika konstatēts, ka statistiskā homogenizācija ietekmē klimata pārmaiņu analīzes rezultātus. Atsevišķos gadījumos elements pirms un pēc homogenizācijas parādīja atšķirīgas pārmaiņu tendences (pozitīvas un negatīvas), lai gan šajos gadījumos ne pirms homogenizācijas, ne pēc tās, netika konstatētas statistiski nozīmīgas pārmaiņas. Tomēr lielākoties datu rindu homogenizācija neietekmēja pārmaiņu tendenci, bet tikai tās būtiskuma pakāpi un lielumu. Tā piemēram, dienu skaits gadā ar minimālo gaisa temperatūru zem 0°C (sala dienas) gan pēc nehomogenizētajiem, gan pēc homogenizētajiem datiem parāda vienādu izmaiņu raksturu (samazinās) ar nelielām atšķirībām tendences lielumā un būtiskumā (2.3.2.2.att). Salīdzinājuma rezultāti ļāva secināt, ka gadījumos, kad klimata parametra pārmaiņas nav būtiskas, pēc statistiskās homogenizēšanas izdarīšanas novērojumu datu rindas var parādīt pretēju izmaiņu raksturu, tomēr šī tendence nav statistiski nozīmīga. Savukārt būtisku pārmaiņu gadījumos gan statistiski nehomogenizētā, gan homogenizētās datu rindas parāda vienādu klimatiskā elementa pārmaiņu raksturu un būtiskumu.



2.3.2.2. att. Sala dienu skaita izmaiņas pēc nekorijētās un koriģētās gaisa temperatūras datu rindas novērojumu stacijā Rīga-Universitāte

3. GAISA TEMPERATŪRAS UN ATMOSFĒRAS NOKRIŠŅU PĀRMAIŅU TENCENČU ANALĪZE

3.1. Literatūras apskats. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu vidējo un ekstremālo vērtību izmaiņas

Klimata pārmaiņas ir klimata stāvokļa izmaiņas, kas var tikt identificētas (pielietojot statistiskos testus) kā izmaiņas klimatu raksturojošo pazīmju vidējās vērtībās un/vai svārstību īpašībās ilgākā laika periodā, parasti gadu desmitiem vai ilgāk. Klimata pārmaiņas ir jebkuras izmaiņas klimata īpašībās laika gaitā, vai tās ir saistītas ar dabas procesiem, vai cilvēka darbību (IPCC, 2007).

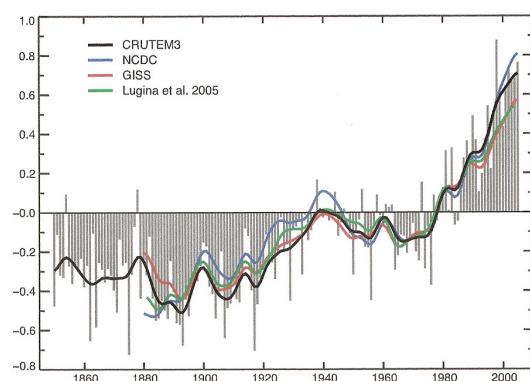
Klimata pārmaiņas un ar tām saistītie procesi šodien tiek uzskatīti par vienu no galvenajiem dabas riskiem, kas būtiski ietekmē un nākotnē varētu ietekmēt cilvēku dzīvi un dažādas darbības jomas. Lai negatīvo klimata pārmaiņu ietekmi pēc iespējas mazinātu un izmantotu pozitīvās iespējas, ko varētu sniegt klimata pārmaiņas, pasaulē tiek veikti daudzi pētījumi. Šo pētījumu galvenie atzinumi regulāri tiek atkopoti un publicēti Starpvaldību Klimata pārmaiņu darba grupu ziņojumos (IPCC, 2007).

Vēsturisko novērojumu datu rinda analīze ir viens no galvenajiem posmiem klimata pārmaiņu un to ietekmju pētījumos. Tā dod informāciju par klimata elementu izmaiņām, par to ietekmējošajiem faktoriem, savstarpējām likumsakarībām, kas savukārt ir pamata informācija klimata modeļu veidošanā.

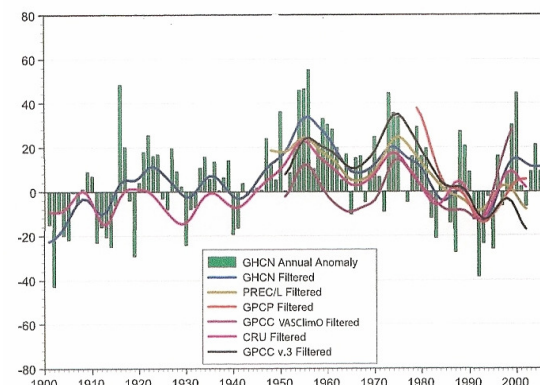
Gaisa temperatūra un atmosfēras nokrišņi un to pārmaiņas ir viens no raksturīgākajiem un visbiežāk analizētajiem klimata pārmaiņu indikatoriem.

Gaisa temperatūra. Pirmie regulārie gaisa temperatūras novērojumi uzsākti Eiropā drīz pēc termometra izgudrošanas 1653. gadā (Brunetti et al., 2000). Līdz 19. gs. meteoroloģiskie, tajā skaitā arī gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumi, tika veikti jau gandrīz visās cilvēku apdzīvotajos pasaules reģionos (Le Treut et al., 2007). 20. gs. 70-tajos un 80-tajos gados tika uzsākta klimatisko datu vākšana un glabāšana no visiem zemeslodes reģioniem globālajās novērojumu datu bāzēs, kas šodien ir galvenais pamats globālo atmosfēras procesu analīzei, tajā skaitā arī globālās

A



B



3.1.1. att. (A) Globālās gaisa temperatūra novirzes no vidējā rādītāja laika periodam 1961.-1990. ($^{\circ}\text{C}$). (B) Globālo atmosfēras nokrišņu novirzes no vidējā rādītāja laika periodā 1981.-2000. (mm) pēc dažādiem datu avotiem (Le Treut et al., 2007).

gaisa temperatūras izmaiņu analīzei (Brohan et al., 2006). Globālo gaisa temperatūru pētījumi ir parādījuši, ka kopš 1900. gada ir novērojami divi spilgti izteikti gaisa temperatūras paaugstināšanas periodi – 1900.-1940. un 1970-2006. g. (3.11. att.).

Gaisa temperatūras pārmaiņas gan globālā, gan reģionālā mērogā, kā arī atsevišķu novērojumu staciju rindu analīze ilgu laiku tika veikta, balsoties uz vidējo gada, sezonu un mēnešu novērojumu datiem. Šie pētījumi ļāva identificēt gan pakāpeniskas pārmaiņas, gan straujas izmaiņas un gaisa temperatūras lielākas vai mazākas svārstības noteiktos laika periodos.

Senākās gaisa temperatūras novērojumu datu rindas dažkārt tiek analizētas kopā ar citiem novērojumu datiem (novērojumiem par ledus iešanu un parādīšanos upēs un ezeros, koku gadskārtu datiem u.c.). Izmantojot šos datu avotus ziemeļu puslodes gaisa temperatūras rekonstruēšanai pēdējos 1000 gados tika konstatēts, ka pirms industrializācijas laikmetam līdz 19. gs otrajai pusei raksturīga gaisa temperatūras pazemināšanās apmēram par -0.02°C gadsimtā, un šis negatīvais gaisa temperatūras trends saistīts ar astronomisko faktoru iedarbību (Mann et al., 1999; 1998). Rekonstruētās gaisa temperatūras datu rindas parādīja, ka tūkstošs gadu laikā gaisa temperatūrai raksturīgas svārstības, vairāki paaugstināšanās un pazemināšanās periodi, kas ir saistīti ar Saules starojuma un enerģijas izmaiņām (Mann et al., 1998). Pētījumi liecina, ka pēdējo 500 gadu laikā zemākās gaisa temperatūras ir bijušas 17. gs beigās un 19. gs, īpaši tā pirmajā pusē, kas tiek saukts par pēdējo 1000 gadu „klimata pesimismu”. Tāpat tiek norādīts, ka raksturīgā straujā gaisa temperatūras paaugstināšanās, ko parāda arī instrumentālās gaisa temperatūras novērojumu datu rindas kopš 19. gs otrās puses, ir saistītas ar mazā ledus laikmeta izbeigšanos deviņpadsmitā gadsimta vidū (apmēram 1850. g.) (Lockwood, 2001). Gaisa temperatūras paaugstināšanās Ziemeļu puslodē, īpaši Eiropā, galvenokārt vērojama ziemas periodā un gada griezumā. Eiropā vidējās ziemas gaisa temperatūras laikā no 1500. g. līdz 1900. g. bijušas par apmēram par 0.5°C zemākas kā 20. gs., bet gada gaisa temperatūras apmēram par 0.25°C zemākas (Luterbacher et al., 2004). Mazā ledus laikmeta ietekme uz gaisa temperatūrām ziemas periodā analizēta arī Baltijas valstīs. Izmantojot ledus iešanas sākumu datumus un to ciešo korelāciju ar gaisa temperatūras novērojumiem Tallinas ostā, tika konstatēts, ka visizteiktākā gaisa temperatūras paaugstināšanās ziemas periodā raksturīga kopš 19. gs vidus (Tarand and Nordli, 2001). Rietumeiropā vasaras gaisa temperatūras mazā ledus laikmeta laikā (1530-1930.g.) bijušas par $0.2-0.5^{\circ}\text{C}$ zemākas kā 1961.-1990.g. periodā (Guiot, 2005). Zviedrijā vasaras gaisa temperatūras mazā ledus laikmeta beigu posmā laikā no 19. gs sākuma līdz apmēram 1880. gadam, kas tiek pieņemts par šī perioda beigu posmu, bijušas par apmēram 1°C zemākas kā 20. gs otrajā pusē (Nordli, 2001).

Senākie instrumentālie gaisa temperatūras novērojumu dati Zviedrijā, Upsalā un Stokholmā parādījuši, ka kopš 1860-tajiem gadiem vērojama būtiska vidējās gada gaisa temperatūras paaugstināšanās, bet periods kopš 1989. g. raksturīgs ar īpaši strauju gaisa temperatūras palielināšanos. Atsevišķi laika periodi kā 1790-tie, 1820-tie, 1930-40-tie gadi bijuši siltākie laika posmi. Savukārt uz kopējā gaisa temperatūras paaugstināšanās fona 1870-tie gadi iezīmējās ar gaisa temperatūras pazemināšanos. Atšķirīgas gaisa temperatūras izmaiņu tendences raksturīgas atsevišķām sezonām. (Moberg et al., 2006a).

Kopumā tiek vērtēts, ka globālās gaisa temperatūras paaugstināšanās trends laika periodam 1850.-2005.g. ir $0.054^{\circ}\text{C}\pm 0.016^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$, bet Ziemeļu puslodes gaisa temperatūras pieaugums ir $0.063^{\circ}\text{C}\pm 0.015^{\circ}\text{C}/\text{dekādē}$ (Brohan et al., 2006).

Visvairāk pētījumi ir balstīti uz gaisa temperatūras novērojumu rindu un gaisa temperatūras izmaiņu rakstura analīzi 20. gs laikā. Tas skaidrojams galvenokārt ar to, ka

šim laika periodam ir pieejamas salīdzinoši kvalitatīvas un teritoriāli reprezentatīvas datu rindas, kas dod informāciju par klimata pārmaiņām lielākos reģionos. Globālā gaisa temperatūra 20. gs ir palielinājusies, bet ne vienādi visās pasaules daļās. Globālās temperatūras paaugstināšanās tendencei raksturīgi divi periodi. Pirmais periods sākas apmēram 1910. gadā un otrs- 1970-tajos gados. Īpaši straujš globālās gaisa temperatūras pieaugums vērojams kopš 20 gs. 70-tajiem gadiem. Tiek vērtēts, ka gaisa temperatūras paaugstināšanās kopš 1976. g. ir lielāka kā vidējais gaisa temperatūras pieaugums kopš 19 gs. beigām un 20.gs. kopumā (Karl et al., 2000).

Dažādi informācijas avoti sniedz nedaudz atšķirīgus novērtējumus par globālās un Ziemeļu puslodes vidējās gaisa temperatūras pārmaiņām. Tomēr visiem šiem pētījumiem ir kopīgs secinājums – vidējā gaisa temperatūra kopš 19. gs. vidus ir palielinājusies, bez tam gaisa temperatūras pieaugums sākot no 20 gs. 70-tajiem gadiem bijis visstraujākais visā pētāmajā laika periodā. Globālā vidējā gaisa temperatūra laika periodā 1901.-2005. g. ir palielinājusies par 0.068°C - 0.084°C /dekādē, bet laika periodā 1979.-2005.g. gaisa temperatūras paaugstināšanās bijusi ievērojami straujāka un sasniegusi 0.188°C - 0.315°C /dekādē. Vēl straujāk ir pieaugusi ziemeļu puslodes vidējā gaisa temperatūra un sasniegusi 0.072°C - 0.089°C /dekādē laika periodā 1901.-2005.g. un 0.294°C - 0.344°C /dekādē laika periodā 1979.-2005.g. (Trenberth et al., 2007).

Līdzīgi kā globālā mērogā un ziemeļu puslodē, arī Eiropā vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās ir spilgti izteikta un sastāda $+0.90^{\circ}\text{C}$ laika periodā 1901.-2005. g. Pēdējās desmitgadēs arī Eiropā gaisa temperatūra ir paaugstinājusies straujāk un laika periodā 1979.-2005. g. gada vidējās gada gaisa temperatūras pieaugums bijis $+0.40^{\circ}\text{C}$ /dekādē. (Jones and Moberg, 2003; Alcamo et al., 2007). Pēdējos gados gaisa temperatūras straujāks pieaugums vērojams Eiropas centrālajos un ziemeļaustrumu rajonos, kā arī kalnu reģionos. Savukārt dienvidos, Vidusjūras reģionā, gaisa temperatūras pieaugums bijis mazāks (Böhm et al., 2001). Gaisa temperatūras paaugstināšanās Eiropā vairāk raksturīga ziemas periodam kā vasarai (Jones and Moberg, 2003). Sezonālas gaisa temperatūru izmaiņu atšķirības konstatētas arī pašās garākajās novērojumu rindās. Zviedrijā pavasara gaisa temperatūras pirms 1840. g. bijušas līdzīgas kā periodā 1901.-1929.g., bet stabils gaisa temperatūras paaugstināšanās trends novērots no 1880. g. Savukārt vasaras un rudens periodi laikā 1901.-1929.g. bijuši aukstākie visā novērojumu periodā no 18.gs sākuma. 1850-tajos, 1930-40-tajos gados un pēc 1990. g. vasaras bijušas siltākas kā pārējā laika periodā (Moberg et al., 2006a).

Baltijas jūras reģionā laika periodā 1871.-2004.g. vidējās gada gaisa temperatūras pieaugušas par 0.10°C - 0.07°C /dekādē un šis pieaugums ir lielāks kā globālā mērogā kopumā. Baltijas jūra baseinam raksturīga arī apmēram piecas reizes lielākas gaisa temperatūras svārstības kā globālai vidējai gaisa temperatūrai (Heino et al., 2008).

Pētījumi Latvijā, Lietuvā un Igaunijā parādījuši, ka 20. gs. gaisa temperatūras pieaugušas visās sezonās, izņemot rudeni. Nozīmīgi gada vidējās, ziemas un pavasara gaisa temperatūras pozitīvie trendi konstatēti periodos 1922.-2003.g., 1941.-2003. g. un 1961.-2003. g. Vasaras gaisa temperatūras pieaugums visspilgtāk izteikts pēdējos 40 gados (Reihan et al., 2007). Igaunijā gada vidējā gaisa temperatūra 20. gs paaugstinājusies par 1.0 - 1.7°C un vislielākais gaisa temperatūras pieaugums 2.0 - 3.0°C konstatēts pavasarī, īpaši marta mēnesis (Jaagus, 2006). N. Temņikova (1969) konstatēja, ka gaisa temperatūras Rīgā ilggadīgā laika periodā pakāpeniski paaugstinās. Laika periodā 1950.-2003.g. gaisa temperatūra Latvijā ir būtiski palielinājusies. Nozīmīgākās un lielākās izmaiņas konstatētas pavasarī un ziemā. Vasaras periodā gaisa temperatūras izmaiņu trendi nav nozīmīgi (Lizuma et al., 2007).

Atmosfēras nokrišņi. Atmosfēras nokrišņu pirmie instrumentālie novērojumi zināmi jau ievērojami agrāk kā gaisa temperatūras novērojumi. Vissenākās ziņas par nokrišņu novērojumiem ir no Indijas, kur instrumentālie nokrišņu mērījumi tika veikti jau 300 g.p.m.ē. (Хриган, 1959). Mūsdienu instrumentālie atmosfēras nokrišņi, līdzīgi kā gaisa temperatūras novērojumi, aizsākušies 17. gs vidū (Хриган, 1959, Brunetti et al., 2000a). Krievijā atmosfēras nokrišņu mērīšanai līdzīgus instrumentus kā šodien sāka izmantot jau no 18.gs. beigām (Нездюров, 1969), bet regulāri instrumentālie novērojumi Krievijas impērijā tika veikti kopš 1830-tajiem gadiem (Groisman, 1991). Neskatoties uz atmosfēras nokrišņu instrumentālo novērojumu seno vēsturi, novērojumu dati atmosfēras nokrišņu analīzei tiek izmantoti galvenokārt sākot no 19 gs. sākuma un vidus (Munzar, 1990; Jaagus, 1996; Brunetti, 2000a; Twardosz, 2000; Begert et al., 2005), kas ir saistīts ar homogenitātes problēmām pašos senākajos instrumentālajos datos.

Globālā mērogā vidējais nokrišņu daudzums laika periodā 1901.-2005. g. ir palielinājies par 1.1 mm dekādē, lai gan pozitīvais nokrišņu izmaiņu trends nav nozīmīgs. Globālajam vidējam gada nokrišņu daudzumam šajā laikā ir raksturīgas svārstības, kas izpaužas kā nokrišņu daudzuma pieaugums līdz 1950-tajiem gadiem un samazināšanās līdz 1990. gadam, ko nomaina atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums (3.1.1.att.) (Trenberth et al., 2007; Hegerl et al., 2007). Atmosfēras nokrišņu izmaiņu raksturs nav vienāds visās zemeslodes vietās. Gada nokrišņu summu izmaiņām 20. gs. globālā mērogā ir šādas pazīmes: a) atmosfēras nokrišņu paaugstināšanās ziemeļu puslodes lielajos platuma grādos; b) atmosfēras nokrišņu samazināšanās Ķīnā, Austrālijā un Klusā okeāna salās; c) atmosfēras nokrišņu svārstību palielināšanās ekvatoriālajos reģionos (Dore, 2005).

Atmosfēras nokrišņu pārmaiņu analīzes Eiropas ziemeļu un austrumu daļā sākot no 19. gs. vidus rāda, ka nokrišņiem, atšķirībā no gaisa temperatūras, nav raksturīgs izteikts pozitīvs izmaiņu trends, bet gan lielākas cikliskas svārstības. Ilggadīgo atmosfēras nokrišņu novērojumu rindu analīze Krakovā, Prāgā un citās Eiropas vietās liecina par ļoti zemu atmosfēras nokrišņu daudzumu 1850-tajos un 1860-tajos gados (Twardosz, 2000). Arī Zviedrijas dienvidu daļā periods 1840.-1900. g. raksturīgs ar zemāku ziemas nokrišņu daudzumu kā pārējā novērojumu laikā (Moberg et al., 2006b). Igaunijā raksturīgākie periodi ar augstiem nokrišņu daudzumiem bijuši 1866.-1873; 1923.-1935.; 1978.-1990.g. (Jaagus, 1996).

Arī Eiropā, līdzīgi kā pasaulē kopumā, 20. gs atmosfēras nokrišņu tendences nav vienādas visā teritorijā un sezonālā griezumā. Ziemas nokrišņu daudzums ir palielinājies lielākajā daļā teritoriju Atlantijas okeāna tuvumā un Eiropas ziemeļu daļā. (Schönwiese and Rapp, 1997; Alcamo, 2007). Vidusjūras reģionā gada nokrišņu daudzuma trends ir negatīvs austrumu daļā, bet nenozīmīgs rietumos (Piervitali et al., 1998; Romero et al., 1998; Norrant and Douguédroit, 2006).

Baltijas jūras baseina valstīs 20.gs otrajā pusē konstatēts atmosfēras nokrišņu pieaugums periodā 1976.-2000.g. salīdzinot ar periodu 1951.-1975.g. Tomēr šīs izmaiņas nav vienādas visā reģionā. Lielākais atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums konstatēts Zviedrijā un Baltijas jūras austrumu daļā, īpaši ziemas, rudens un pavasara periodos (Heino et al., 2008).

Latvijā, Lietuvā un Igaunijā laika periodā 1922.-2003. g. atmosfēras nokrišņi palielinājušies galvenokārt ziemas periodā un tikai laika periodā no 1940-tajiem gadiem arī gada griezumā (Reihan et al., 2007). Igaunijā laikā no 1950. g. līdz 2000. g. ziemas nokrišņi palielinājušies lielākajā teritorijas daļā, bet jūras piekrastes novērojumu stacijām vairāk raksturīgs atmosfēras nokrišņu pieaugums pavasarī. Igaunijā 20. gs. laikā gada kopējās nokrišņu daudzums pieaudzis par 80-180 mm vai par 10-25%

(Jaagus, 2006). Latvijā laika periodā 1923.-2003.g. nozīmīgāks nokrišņu daudzuma pieaugums konstatēts ziemas periodā un sastāda 20-80 mm. Pārējās sezonās 80 gadu laikā nozīmīgas atmosfēras nokrišņu izmaiņas nav konstatētas. Vasarā un rudenī vērojama pat neliela atmosfēras nokrišņu daudzuma samazināšanās (Briede and Lizuma, 2007).

Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ekstremālo lielumu izmaiņas. Pēdējos gadu desmitos arvien lielāka uzmanība tiek veltīta ekstremālajām klimata pārmaiņu iezīmēm. Tas ir saistīts galvenokārt ar tiem lielajiem zaudējumiem, ko katru gadu izraisa šīs dabas parādības (Gerald et al., 2000). Viens no svarīgākajiem jautājumiem, kas ir klimata pētnieku redzeslokā, vai ekstremālās klimatiskās parādības patiešām paliek biežākas, vai arī priekšstati par to biežāku iestāšanos ir saistīti ar faktu, ka tām tiek veltīta arvien lielāka asu mēdiju un sabiedrības uzmanība (Karl and Esterling, 1999). Klimatisko rādītāju ekstremālie lielumi, tajās skaitā gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ekstrēmi, var tikt analizēti dažādos veidos. Tie var tikt definēti pēc konkrētiem novērojumu datiem, piemēram, diennakts maksimālā vai minimālā gaisa temperatūra, maksimālais diennakts nokrišņu daudzums vai citi kvantitatīvi klimatisko rādītāju lielumi. Ekstremālās klimatiskās parādības var tikt definētas arī, ņemot vērā ietekmi uz sabiedrību, pēc ekonomiskajiem zaudējumu apmēriem vai zaudētajām cilvēku dzīvībām (Esterling et al., 2000). Ja klimatisko ekstrēmu novērtēšanai tiek izmantoti klimatisko novērojumu dati, tad var tikt analizētas ekstremālo lielumu vidējā stāvokļa pārmaiņas vai svārstību izmaiņas (Katz and Brown, 1992; Brown and Katz, 1995), vai arī statistisko sadalījumu izmaiņas (Beniston, 2004; Brunetti et al., 2004).

Lai varētu konstatēt un analizēt ekstremālu klimatisko parādību izmaiņas, nepieciešamas pilnīgas, kvalitatīvas ilggadīgas novērojumu rindas vismaz diennakts griezumā (Jone et al., 1999; Folland et al., 2000). Tas ir viens no iemesliem, kāpēc līdz šim vidējo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu izmaiņu analīzes ir veiktas biežāk un lielākā apjomā kā ekstremālo šo elementu pētījumi. Tomēr pēdējos gados pasaules klimata pētnieki pieliek lielas pūles, lai veidotu globālās un reģionālās klimata elementu datu bāzes diennakts griezumā, kas varētu kalpot kā pamata materiāls klimata ekstrēmu pētījumiem. Pašlaik Eiropas klimata un tā pārmaiņu novērtējumam jau izveidota 20. gs. diennakts Eiropas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu bāze, un veikts tās homogenitātes izvērtējums (Wijngaard et al., 2003).

Līdz šim veiktās gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ekstremālo parādību pārmaiņu analīzes parādījušas, ka pat gadījumos, kad vidējos lielumos netiek konstatētas būtiskas izmaiņas, ekstremālās parādības var parādīt būtisku izmaiņu tendences. Pētījumi daudzās pasaules valstīs liecina, ka līdzīgi kā vidējām gaisa temperatūrām, arī maksimālajām un minimālajām diennakts gaisa temperatūrām ir raksturīgas ievērojamas pārmaiņas. Globālā mērogā kopš 20. gs vidus 74% sauszemes teritorijas ievērojami samazinājušās aukstās nakts un palielinājušās siltās nakts. Minimālās gaisa temperatūras straujāka paaugstināšanās salīdzinot ar maksimālo gaisa temperatūru ir cēlonis diennakts gaisa temperatūras amplitūdas samazināšanās tendencei kopš 20. gs vidus (Trenberth et al., 2007).

Globālā mērogā ekstremālo gaisa temperatūru pārmaiņu tendences nav vienādas. Dienvidamerikā palielinājies silto nakšu skaits un samazinājies auksto nakšu skaits, bet nav konstatētas būtiskas izmaiņas diennakts maksimālajās gaisa temperatūrās, Centrālamerikā un Ziemeļamerikā novērotas būtiskas izmaiņas gan maksimālajās, gan minimālajās gaisa temperatūrās, 20. gs. laikā ASV samazinājies dienu skaits ar ekstremāli zemām temperatūrām (Esterling et al., 2000). Austrālijā un Jaunzēlandē palielinājušās diennakts minimālās gaisa temperatūras un dienu skaits ar diennakts

maksimālo gaisa temperatūru augstāku par 30⁰C (Plummer et al., 1999). Pētījums, kas balstīts uz ekstrēmo gaisa temperatūru indeksu analīzi, parādīja, ka 20. gs. laikā Eiropā raksturīgs gaisa temperatūru silto ekstremālo rādītāju pieaugums un auksto ekstremālo rādītāju samazināšanās (Klein Tank and Können, 2003). Vasaras periodā Eiropā ir pieaugušas gan diennakts maksimālās, gan minimālās gaisa temperatūras, bet ziemas periodā – galvenokārt diennakts minimālās temperatūras, vērojamas reģionālas atšķirības ekstremālo gaisa temperatūru izmaiņās (Heini et al., 1999; Moberg et al., 2006b). Zviedrijā laika periodā no 1850. g. līdz 1990-tajiem gadiem konstatēts nozīmīgs dienu skaita ar minimālo gaisa temperatūru zem 0⁰C samazināšanās par apmēram 175 dienām (Moberg et al., 2006). Pēc garāko novērojumu rindu datiem Eiropā līdz 19. gs beigām bija vērojama ekstremāli auksto gaisa temperatūru samazināšanās, bet sākot ar 20. gs. sākumu – ekstremāli zemo gaisa temperatūru samazināšanās un ekstremāli auksto gaisa temperatūru palielināšanās, īpaši vasaras periodā sākot ar 1961. g. (Yan et al., 2002). Eiropas dienvidu daļā strauji pieaugušas gan silto, gan auksto gaisa temperatūru ekstremālās vērtības, (Brunetti et al., 2000b; Brunet et al., 2006), kas ir ietekmējušas biežākus karstuma viļņus šajās teritorijās.

Baltijas jūras reģionā konstatēta dienu skaita ar minimālo gaisa temperatūru zemāku par 0⁰C strauja samazināšanās 20. gs. otrajā pusē un atsevišķākas vietās Norvēģijā un Dānijā pat par 8 dienām dekādē (Heino et al., 2008). Visbūtiskāk sala dienas ir samazinājušās ziemā un pavasarī, bet rudenī vērojams pat neliela šo dienu skaita palielināšanās (Klein Tank and Können, 2003). Baltijas jūras baseina valstīs 20.gs otrajā pusē ir palielinājies silto nakšu skaits un samazinājies auksto nakšu un dienu skaits, nedaudz pieaudzis vasaras dienu skaits ar maksimālo diennakts gaisa temperatūru augstāku par +25⁰C (Moberg and Jones, 2005).

Globālā mērogā ekstremālo nokrišņu daudzums ir pieaudzis. Dienvidāfrikā, Sibīrijā, Meksikā, ASV ziemeļaustrumu daļā un Japānā ekstremālo nokrišņu daudzums ir palielinājies, lai gan kopējais nokrišņu daudzums vai dienu skaits ar nokrišņiem ir palicis nemainīgs vai pat samazinājies (Trenberth, et al., 2007). Ekstremālo nokrišņu pieaugums ASV ir saistīts galvenokārt ar silto vasaras sezonu, bet centrālajā un Ziemeļeiropā ar ziemas sezonu (Trenberth et al., 2007). ASV dienu skaits ar ekstremāli lieliem nokrišņiem bijis liels 19.gs beigās un 20. gs. sākumā, samazinājies līdz minimumam 1920-tajos un 1930-tajos gados un kopš tā laika palielinās (Kunkel et al., 2003). Kopumā dienu skaits ar spēcīgiem un ļoti spēcīgiem nokrišņiem ASV palielinājies par 14% un 20%, šī tendence īpaši raksturīga 20.gs. pēdējām trīs dekādēm un galvenokārt valsts austrumu daļai (Groisman et al., 2001).

Lielākā daļa novērojumu staciju Eiropā parāda nozīmīgu pieaugošu trendu dienu skaitam ar vidēju un lielu nokrišņu daudzumu 20. gs. otrajā pusē (Klein Tank and Können, 2003). Liela daļa pētījumu liecina, ka spēcīgo nokrišņu palielināšanās ir būtiskāka un lielāka kā vidējo atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums. Tomēr atsevišķos gadījumos pat tad, kad sezonu kopējais nokrišņu daudzums nav mainījies, būtiski palielinājies ekstremālo nokrišņu daudzums (Esterling et al., 2000). Tā piemēram, ekstremālo nokrišņu pieaugums tika konstatēts Vidusjūras reģionā, lai gan nozīmīgas izmaiņas kopējā nokrišņu daudzumā netika atrastas (Alpert et al., 2002). Itālijā uz kopējā dienu skaita ar nokrišņiem samazināšanās fona tika konstatēts, ka kopš 19. gs. beigām nozīmīgi palielinājies dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem, pieauguši arī epizožu skaits ar ļoti intensīviem nokrišņiem, galvenokārt valsts ziemeļu daļā (Brunetti et al., 2004).

3.2. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu analīzes metodes

3.2.1. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksi

Viens no svarīgākajiem jautājumiem klimata pārmaiņu kontekstā ir iespējamās globālās klimata pārmaiņu ietekmes izvērtējums un pielāgošanās pasākumu plānošana dažādos līmeņos. Vidējo klimata parametru izmaiņas ir labi izpētītas un dokumentētas (IPCC, 2007). Vidējo rādītāju izmaiņas var nenozīmēt izmaiņas ekstremālajos parametros, ja nemainās parametra sadalījums. Tomēr visbiežāk tiek secināts, ka vidējo klimatisko parametru izmaiņas ir saistītas ar parametra statistiskā sadalījuma izmaiņām, kam ir liela ietekme uz sociālajiem un dabas procesiem (Frich et al., 2002). 20. gs. 90-to gadu sākumā klimata pētnieki sāka domāt par nepieciešamību definēt klimata indeksus, kas ļautu labāk raksturot klimata pārmaiņu procesus un izvērtēt iespējamās klimata pārmaiņu ietekmi uz dažādiem sociālajiem ekonomiskajiem rādītājiem (Esterling and Kates, 1995). Tika uzsvērts, ka klimata indeksiem ir jābūt tādiem, lai tos varētu viegli aprēķināt izmantojot pieejamos novērojumu datus, un lai šos indeksus būtu iespējams prognozēt nākotnē izmantojot klimata modeļus. Bez tam indeksiem jābūt saistītiem ar cilvēka ekonomiskajām darbībām, ar dažādiem cilvēku sociālās dzīves vai ekoloģisko sistēmu aspektiem (Forland et al., 1999). Šādu klimata indeksu izstrādāšanai izveidota Klimata pārmaiņu un indeksu ekspertu grupa (ETCCDI - The Expert Team on Climate Change Detection and Indices), ko kopīgi sponsorē Pasaules meteoroloģijas organizācijas (WMO) Klimatoloģijas komisija (CCI), Pasaules klimata datu un monitoringa programma (WCDMP), Pasaules Klimata izpētes programmas (WCRP) Klimata mainīguma un paredzēšanas programma (CLIVAR), Okeanogrāfijas un jūras meteoroloģijas komisija (JCOMM) (WMO, 2007). Disertācijas izstrādes gaitā tika aprēķināti un analizēti gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu indeksi, kas tiek izmantoti Eiropas klimata novērtējuma veikšanai. Indeksiem doti starptautiski pieņemtie apzīmējumi (ECA):

Vidējās gaisa temperatūras indeksi.

TG - vidējā gaisa temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)

$$TG_j = \sum_{i=1}^I TG_{ij} / I \quad (7)$$

kur

TG_j – vidējā gaisa temperatūra periodā j

TG_{ij} - vidējā diennakts gaisa temperatūra dienā i periodā j

I – diennakts novērojumu skaits

TN – vidējā diennakts minimālā gaisa temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)

$$TN_j = \sum_{i=1}^I TN_{ij} / I \quad (8)$$

kur

TN_j – vidējā minimālā gaisa temperatūra periodā j

TN_{ij} – minimālā diennakts gaisa temperatūra dienā i periodā j

I – diennakts novērojumu skaits

TX – vidējā diennakts maksimālā gaisa temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)

$$TX_j = \sum_{i=1}^I TX_{ij} / I \quad (9)$$

kur

TX_j – vidējā maksimālā gaisa temperatūra periodā j

TX_{ij} – maksimālā diennakts gaisa temperatūra dienā i periodā j

I – diennakts novērojumu skaits

DTR – vidējā diennakts gaisa temperatūras amplitūda ($^{\circ}\text{C}$)

$$DTR_j = \sum_{i=1}^I (TX_{ij} - TN_{ij}) / I \quad (10)$$

kur

DTR_j – vidējā diennakts gaisa temperatūras amplitūda periodā j

TX_{ij} un TN_{ij} – diennakts maksimālā un minimālā gaisa temperatūra dienā i periodā j

I – diennakts novērojumu skaits

GD4 – augšanas grādu dienas (diennakts gaisa temperatūru summas dienās, kad $TG > 4^{\circ}\text{C}$) ($^{\circ}\text{C}$)

$$GD4_j = \sum_{i=1}^I (TG_{ij} | TG_{ij} > 4^{\circ}\text{C}) \quad (11)$$

kur

$GD4_j$ – augšanas grādu dienas periodā j

TG_{ij} – diennakts vidējā gaisa temperatūra dienā i periodā j

GSL – augšanas sezonas garums (dienu skaits)

GSL ir dienu skaits gadā, sākot no laika perioda, kad pirmo reizi tiek reģistrētas 6 dienu nepārtraukts periods ar vidējo diennakts gaisa temperatūru lielāku par 5°C ($TG_{ij} > 5^{\circ}\text{C}$) (augšanas sezonas sākums) līdz laika periodam, kad pēdējo reizi pēc 1. jūlija vismaz 6 dienu nepārtraukta perioda laikā vidējā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 5°C ($TG_{ij} < 5^{\circ}\text{C}$) (augšanas perioda beigas).

Auksto gaisa temperatūru ekstrēmumu indeksi

FD - sala dienas ($TN < 0^{\circ}\text{C}$) (dienu skaits)

Sala dienas ir dienu skaits periodā j , kad minimālā diennakts gaisa temperatūra TN_{ij} ir zemāka par 0°C

HD17 – apkures grādu dienas ($^{\circ}\text{C}$)

$$HD17_j = \sum_{i=1}^I (17^{\circ}\text{C} - TG_{ij}) \quad (12)$$

kur

HD17_j – apkures grādu dienas periodā j

TG_{ij} - vidējā diennakts gaisa temperatūra dienā i periodā j

TG10p – aukstās diennaktis (dienu skaits)

Aukstās dienas ir dienu skaits periodā j, kurā vidējā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 10-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas vidējās gaisa temperatūras 10-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

TN10p – aukstās naktis (dienu skaits)

Aukstās naktis ir dienu skaits periodā j, kurā minimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 10-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas minimālās diennakts gaisa temperatūras 10-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

TX10p – aukstās dienas (dienu skaits)

Aukstās dienas ir dienu skaits periodā j, kurā maksimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 10-to procentiņi, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas maksimālā diennakts gaisa temperatūras 10-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

Silto gaisa temperatūru ekstrēmumu indeksi

SU - Vasaras dienas (dienu skaits)

Vasaras dienas ir dienu skaits periodā j, kurā diennakts maksimālā gaisa temperatūra TX_{ij} ir augstāka par 25⁰C

TR – tropiskās naktis (dienu skaits)

Tropiskās naktis ir dienu skaits periodā j, kurā diennakts minimālā gaisa temperatūra TN_{ij} ir augstāka par 20⁰C

TG90p – Siltās diennaktis (dienu skaits)

Siltās diennaktis ir dienu skaits periodā j, kurā vidējā diennakts gaisa temperatūra ir augstāka par 90-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas vidējās gaisa temperatūras 90-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

TN90p – siltās naktis (dienu skaits)

Siltās naktis ir dienu skaits periodā j, kurā minimālā diennakts gaisa temperatūra ir augstāka par 90-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas minimālās diennakts gaisa temperatūras 90-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

TX90p – aukstās dienas (dienu skaits)

Siltās dienas ir dienu skaits periodā j, kurā maksimālā diennakts gaisa temperatūra ir augstāka par 90-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990. g. Katras kalendārās dienas maksimālā diennakts gaisa temperatūras 90-tā procentile aprēķināta 5 dienu laika periodam, kas centrēts uz konkrēto kalendāro dienu

Nokrišņu summas

RR – Nokrišņu summa (mm)

$$RR_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij} \quad (13)$$

kur

RR_j – nokrišņu summa periodā j

RR_{ij} - nokrišņu summa dienā i periodā j

RR1 – mitrās dienas (dienu skaits)

Mitrās dienas ir dienu skaits periodā j , kurā diennakts nokrišņu summa ir lielāka vai vienāda par 1 mm ($RR_{ij} \geq 1$ mm)

Nokrišņu ekstrēmumu indeksi

R10mm – dienas ar intensīviem nokrišņiem (mm)

Dienas ar intensīviem nokrišņiem ir dienu skaits periodā j , kurā diennakts nokrišņu summa ir lielāka vai vienāda par 10 mm ($RR_{ij} \geq 10$ mm)

R20mm – dienas ar ļoti intensīviem nokrišņiem (dienu skaits)

Dienas ar ļoti intensīviem nokrišņiem ir dienu skaits periodā j , kurā diennakts nokrišņu summa ir lielāka vai vienāda par 20 mm ($RR_{ij} \geq 20$ mm)

RX1 – lielākais 1 dienas nokrišņu daudzums (mm)

Lielākais vienas dienas nokrišņu daudzums ir maksimālā diennakts nokrišņu summa periodā j ($\max(RR_{ij})$).

RX5 – lielākais 5 dienu nokrišņu daudzums (mm).

Lielākais piecu dienas nokrišņu daudzums ir maksimālā nepārtrauktu 5 dienu diennakts nokrišņu summa periodā j ($\max(RR_{ij})$).

R75p – mēreni mitrās dienas (dienu skaits)

Mēreni mitrās dienas ir dienu skaits, kurā diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks par 75-to procentili no diennakts nokrišņu summas dienās, kad diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks vai vienāds par 1 mm ($RR_{ij} \geq 1$ mm) periodā j . 75-tā procentile diennakts nokrišņu summai aprēķināta laika periodam 1961.-1990.g.

R95p – ļoti mitrās dienas (dienu skaits)

Ļoti mitrās dienas ir dienu skaits, kurā diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks par 75-to procentili no diennakts nokrišņu summas dienās, kad diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks vai vienāds par 1 mm ($RR_{ij} \geq 1$ mm) periodā j . 95-tā procentile diennakts nokrišņu summai aprēķināta laika periodam 1961.-1990.g.

R99p – ekstremāli mitrās dienas (dienu skaits)

Ekstremāli mitrās dienas ir dienu skaits, kurā diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks par 99-to procentili no diennakts nokrišņu summas dienās, kad diennakts nokrišņu daudzums ir lielāks vai vienāds par 1 mm ($RR_{ij} \geq 1\text{mm}$) periodā j. 99-tā procentile diennakts nokrišņu summai aprēķināta laika periodam 1961.-1990.g.

3.2.2. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa mainības analīzes metodes

Regresijas analīzes metode. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa mainības analīzei tika izmantota vienfaktoru lineārās regresijas metode. Regresijas analīze nosaka, pēc kādas likumsakarības mainās rezultatīvā pazīme X, ja mainās faktoriālās pazīmes vērtība Y (Arhipova un Bāliņa, 2003).

Izslases lineārās regresijas funkcija ir:

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_i \quad (i=1 \dots n) \quad (14)$$

jeb

$$y_i = b_0 + b_1 x_i + e_i \quad (15)$$

kur

a_i – ar regresijas modeli iegūtais pazīmes Y novērtējums

b_0 – izslases regresijas taisnes brīvais loceklis

b_1 – izslases regresijas taisnes virziena koeficients

$e_i = y_i - \hat{y}_i$ – novirze jeb kļūda

n - izslases lielums

Teorētisko regresijas taisni nosaka izmantojot mazāko kvadrātu metodi. Tiek meklēts tādas koeficientu b_0 un b_1 vērtības, lai noviržu e_i kvadrātu summa būtu vismazākā.

Ja ar \bar{x} un \bar{y} apzīmē pazīmju X un Y vidējās vērtības, tad ar mazāko kvadrātu metodi iegūtās regresijas funkcija apmierina šādus nosacījumus:

- Regresijas taisne iet caur punktu (\bar{x}, \bar{y}) : $\bar{y} = b_0 + b_1 \bar{x}$ (16)

- Noviržu vidējā vērtības ir nulle: $\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i = 0$ (17)

- Lielumi e_i un x_i nav saistīti: $\sum_{i=1}^n e_i x_i = 0$ (18)

Regresijas taisnes virziena koeficients b_1 rāda, par cik mainās rezultatīvā pazīme, ja faktoriālā pazīme mainās par 1 vienību. Regresijas taisnes virziena koeficienta vērtība tika izmantota, lai noskaidrotu gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu raksturlielumu izmaiņu lielumu.

Izstrādājot promocijas darbu, regresijas analīze tika veikta izmantojot datorprogrammu MS Excel 2003.

Manna-Kendala tests (MK). Manna-Kendala tests ir neparametriskais tests, ar kuru tiek pārbaudīts, vai parametra izmaiņas jeb trends ir nozīmīgs vai nav neatkarīgi no tā, vai šis trends ir lineārs vai nav. MK testa metode tiek plaši izmantota hidroloģisko un klimatisko datu izmaiņu analīzē (Mitosek, 1995; Hisdal et al., 2001; Brunetti et al., 2000a,b; Klavins and Radionov, 2008; Reihan et al., 2007).

MK testa pamatā ir pāru jeb rangu princips, pēc kura tiek salīdzinātas divas novērojumu vērtības. MK testa gadījumā katrs rindas y_t loceklis $t=1, \dots, N$ tiek salīdzināts ar tam sekojošo rindas loekli y_t loekli $t=t+1, t+2, \dots, N$, un tiek izveidota jauna rinda Z_k , kur

$$\begin{aligned} Z_k &= 1, \text{ ja } y_t > y_{t+1} \\ Z_k &= 0, \text{ ja } y_t = y_{t+1} \\ Z_k &= -1, \text{ ja } y_t < y_{t+1} \end{aligned}$$

MK testa statistikas vērtība S ir Z_k rindas locekļu summa:

$$S = \sum_{t=1}^{N-1} \sum_{k=t+1}^N Z_k \quad (19)$$

Testa statistika S parāda pozitīvo un negatīvu noviržu skaita starpību visiem noviržu pāriem.

Izmaiņas datu rindā tika pieņemtas par statistiski būtiskām ar būtiskumu $p=0.05$, kam atbilst MK testa statistikas vērtības lielākas par 1.65 (būtisku pozitīvu izmaiņu gadījumā) un mazākas par -1.65 (būtisku negatīvu izmaiņu gadījumā). (Richard, 1987)

Novērojumu dati, analizētie periodi un izmantotie rīki. Gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa izmaiņu analīzei tika izmantotas novērojumu stacijas Rīga-Universitāte izveidotās homogēnās datu rindas (iekavās dots novērojumu periods gados):

- Diennakts vidējā gaisa temperatūra (1795.-2006.)
- Diennakts minimālā gaisa temperatūra (1851.-2006.)
- Diennakts maksimālā gaisa temperatūra (1852.-2006.)
- Diennakts nokrišņu summa (1851.-2006)

Izmantojot augstāk minētās novērojumu datu rindas tika aprēķināti klimata indeksi (3.2.1. nodaļa). Analīze veikta mēnešu, sezonu un gada griezumā. Sezonas definētas kā ziema (decembris-februāris), pavasaris (marts-maijs), vasara (jūnijs-augusts), rudens (septembris-novembris), aukstā sezona (oktobris-marts), siltā sezona (aprīlis-septembris).

Novērojumu datu digitizācijai, aprēķinu veikšanai un grafiku sagatavošanai izmantota lietojumprogramma MS Excel 2003.

Novērojumu datu ilgtermiņa pārmaiņu analīzei izmantota programma MULTIMK (Visual Basic programme for multivariate Mann-Kendall tests of monotone trends in time series of data grouped by sites, plots and season), kuras darbības pamatā or MS Excel.

3.3. Gaisa temperatūras vidējo un ekstremālo parametru pārmaiņu tendences

Vidējo (indekss TG), vidējo maksimālo (indekss TX) un vidējo minimālo (indekss TN) gaisa temperatūru izmaiņu tendences, to lielums un būtiskuma rādītāji apkopti tabulā 3.3.1.

3.3.1. tabula

Vidējās (1795.-2006.), vidējās maksimālās (1852.-2006.) un vidējās minimālās (1851.-2006.) gaisa temperatūras izmaiņu būtiskums un lielums

(izceltajām vērtībām $p \leq 0.05$)

T – Manna-Kendala testa vērtība

I - temperatūru izmaiņu lielums norādītajā periodā ($^{\circ}\text{C}$)

Mēnesis Sezona Gads	TG		TX		TN	
	T	I	T	I	T	I
I	2.20	2.2	0.93	0.7	1.65	1.7
II	0.97	1.0	-0.10	-0.2	1.39	1.5
III	2.93	1.8	2.09	1.5	2.50	2.0
IV	3.72	1.6	2.56	1.8	4.02	1.9
V	2.77	1.3	1.30	1.1	3.92	2.0
VI	1.14	0.4	0.92	0.1	1.05	0.3
VII	0.48	0.3	1.18	0.3	2.76	1.2
VIII	0.27	0.1	2.95	1.4	6.12	2.3
IX	1.33	0.3	1.05	-0.1	3.62	1.3
X	0.19	0.1	1.50	0.8	3.40	1.9
XI	1.40	0.6	2.94	1.6	4.09	2.5
XII	1.44	1.5	1.81	1.4	1.30	1.4
ZIEMA	2.21	1.7	1.35	0.6	2.13	1.5
PAVASARIS	5.02	1.6	3.12	1.4	4.46	2.1
VASARA	1.75	0.3	3.33	0.6	4.64	1.3
RUDENS	2.01	0.4	1.75	0.8	5.85	2.0
GADS	4.87	1.1	3.16	0.9	5.25	1.9

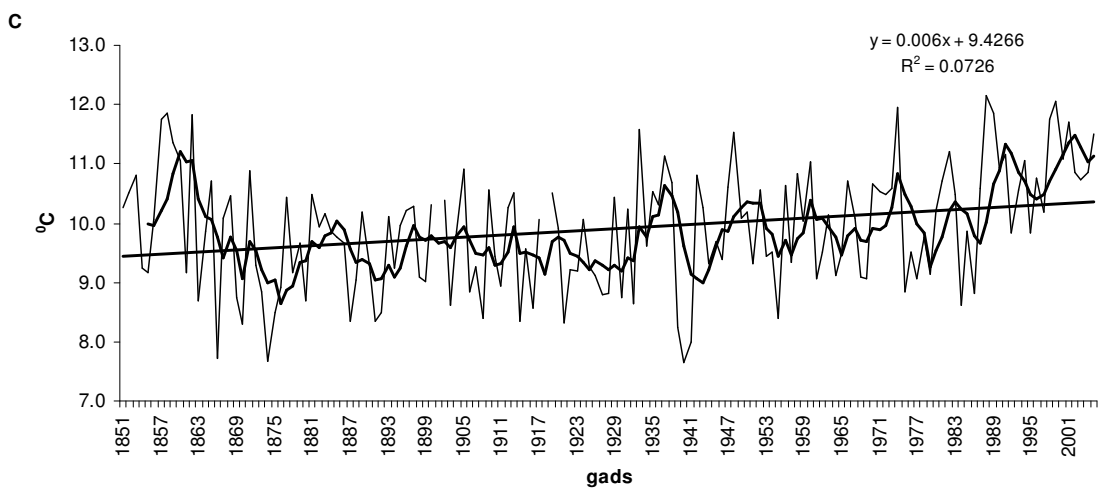
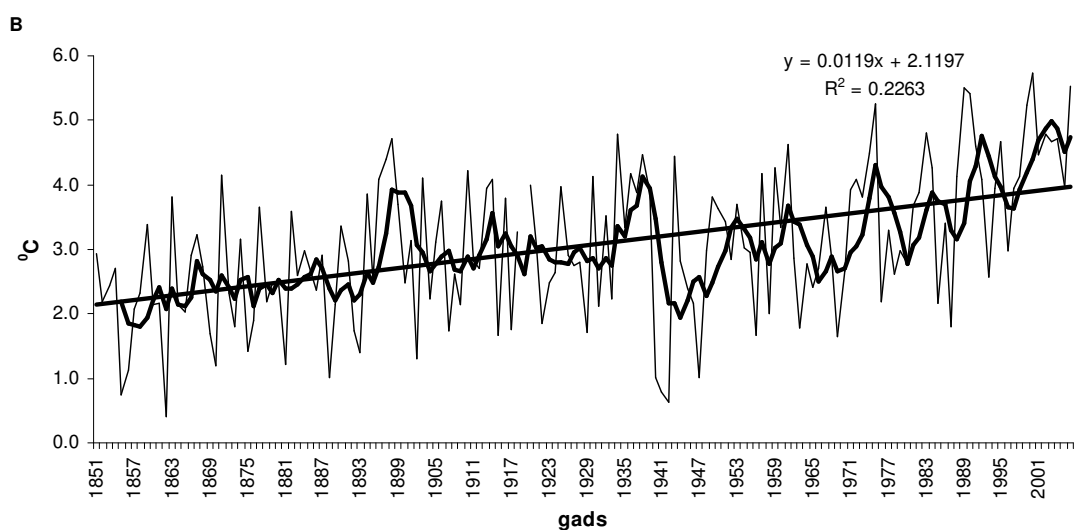
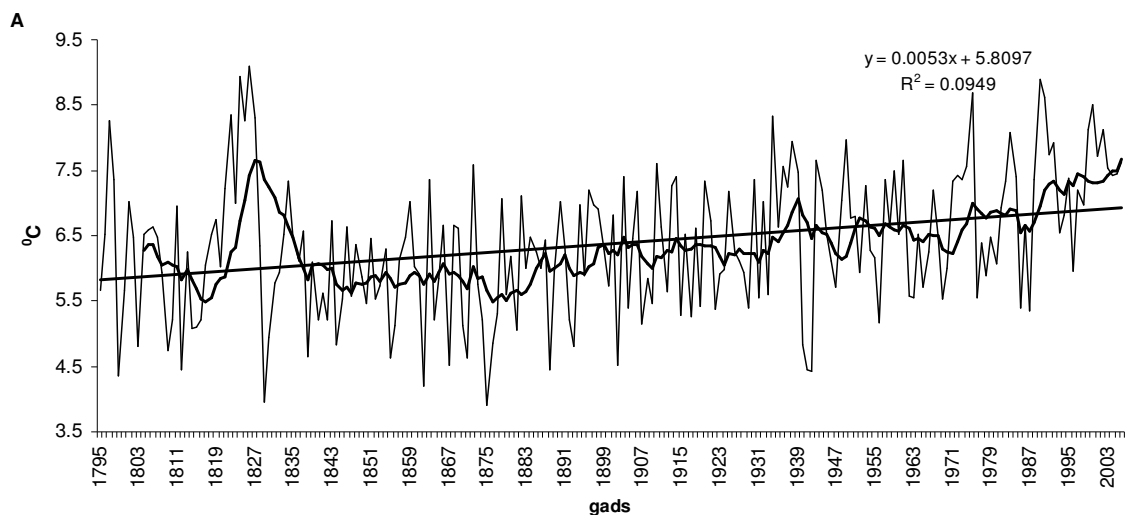
Kopumā gada griezumā pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgajiem novērojumu datiem būtiski ir paaugstinājušās gada vidējās, vidējās minimālās un vidējās maksimālās gaisa temperatūras. Vidējās mēneša gaisa temperatūras visstraujāk paaugstinājušās ziemā un pavasarī. Vasarā un rudenī gaisa temperatūru vērtības pieaugušas mazāk, lai gan trendi ir statistiski būtiski. Kopumā vidējo mēnešu gaisa temperatūru izmaiņu raksturs ir līdzīgs kā Viļņas ilggadīgajai gaisa temperatūras novērojumu rindai (1777.-2000.) (Heino et al., 2008). Vidējās minimālās gaisa temperatūras paaugstinās straujāk kā vidējās maksimālās gaisa temperatūras, kas ir galvenais diennakts temperatūras amplitūdu samazināšanās cēlonis, kas tiks aplūkots turpmāk. Jāpiemin, ka konstatētie gaisa temperatūru pieaugumu lielumi nedaudz atšķirās no agrākos pētījumos iegūtajiem lielumiem, lai gan pārmaiņu tendence un būtiskums ir tas pats (Klavins et al., 2007a; Lizuma et al., 2007). Tas skaidrojams ar jaunu korekciju pielietošanu novērojumu datu rindu homogenizēšanai, kā arī dažādu periodu izmantošanu novērojumu datu analizē. Tā piemēram, iepriekš tika konstatēts, ka gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra laika periodā 1913.-2006.g. ir paaugstinājusies par 1.7°C (Lizuma et al., 2007), bet analizējot garāku laika periodu

(1851.-2006.g) tika konstatēts, ka vidējā maksimālā gaisa temperatūra ir palielinājusies par 0.8°C . Šīs atšķirības skaidrojamas ar to, ka novērojumu perioda sākumam raksturīgas augstas minimālās gaisa temperatūras, kas samazināja kopējo novēroto izmaiņu lielumu (3.3.1. att.). Šis fakts arī parāda, cik svarīgi klimata pārmaiņu pētījumos ir izmantot pēc iespējas garākas novērojumu datu rindas, jo tikai tās dod vispusīgāku priekšstatu par klimata sistēmu pārmaiņām un svārstībām ilggadīgā laika periodā.

Analizējot vidējo mēneša un gada gaisa temperatūru savstarpējo saistību, tika konstatēts, ka pastāv cieša korelācijas sakarība starp gada gaisa temperatūru un ziemas (korelācijas koeficients 0.67) un pavasara (korelācijas koeficients 0.72) gaisa temperatūrām. Šī korelācijas sakarība nav būtiski mainījusies vairāk kā 200 gadu laikā. Tas liecina par to, šo sezonu gaisa temperatūru svārstības un lielumi visvairāk ietekmē gada vidējo gaisa temperatūru. Šim faktam ir svarīga nozīme tālākās klimata studijās. Tas dod iespēju, izmantojot citus, neinstrumentālos novērojumu datus (piemēram, ledus iešanas sākuma datumus Daugavas upē Rīgas teritorijā no 1530. gada), rekonstruēt gaisa temperatūras un spriests par termiskā režīma pārmaiņām un svārstībām ļoti ilgā laika periodā.

Līdz ar gaisa temperatūras pakāpenisku pieaugumu visās sezonās un gadā kopumā, ilggadīgā laika periodā iezīmējās arī izteiktas gaisa temperatūras svārstības.

Gads. Laika periods līdz 19. gs. sākumam (apmēram līdz 1815.g.) ir bijis vēsāks kā tam sekojošie gadi periodā 1816.-1830.g., kas izceļas ar ievērojamu gaisa temperatūras paaugstināšanos. Šī perioda kraso temperatūras paaugstināšanos varētu izskaidrot ar iespējamo novērojumu datu rindas nehomogenitāti. Tomēr iepriekšējā datu rindas analīze parādīja, ka nekādas būtiskas pārmaiņas novērojumu izdarīšanas praksē šajā laikā netika veiktas. Arī statistiskā homogenitātes testa rezultāti neuzrādīja būtiskas nehomogenitātes novērojumu datu rindai šajā periodā. Bez tam krasā gaisa temperatūras paaugstināšanās aplūkojamajā laika periodā bija līdzīga kā Zviedrijas novērojumu stacijās Stokholmā un Upsalā reģistrētā (Moberg and Bergström, 1997). Augstas vidējās gada gaisa temperatūras 18.gs beigās iezīmējās arī St. Pēterburgas gada vidējās gaisa temperatūras novērojumu rindā (Jones and Lister, 2002; Moberg et al., 2000). No 1830.g. līdz 1870-to gadu sākumam vidējās gada gaisa temperatūras bijušas viszemākās visā novērojumu periodā. Šajā laikā konstatēti atsevišķi gadi ar īpaši zemām gada vidējām gaisa temperatūrām – 1862.; 1867., 1871.g., kad vidējā gada gaisa temperatūra bijusi no 4.2°C līdz 4.6°C . 1867.g. tiek saukts par aukstāko gadu arī Zviedrijā. Šāds secinājums izdarīts, analizējot Stokholmas novērojumu stacijas datus laika periodā no 1750.g. (Moberg and Bergström, 1997). 1867.g. aukstā pavasara dēļ Somijā tika zaudēta daļa no lauksaimniecības ražas un bojā aizgāja 8% iedzīvotāju (Heino et al., 2008). Savukārt Rīgā aukstākais gads visā instrumentālo novērojumu vēsturē bijis 1875.g, kad reģistrēta vidējā gada gaisa temperatūra tikai 3.9°C , kas ir par 2.6°C zemāka par vidējo gaisa temperatūru laika periodam 1961.-1990.g. (6.5°C). Šādu ekstremāli zemu gaisa temperatūru ietekmēja aukstās 1875. gada ziemas un pavasara sezonas. Vissiltākais gads visā novērojumu vēsturē Rīgā bijis 1826.g., kad vidējā gada gaisa temperatūra (9.1°C) ievērojami pārsniegusi klimatiskās normas rādītāju. Nākamie siltākie gadi Rīgā bijuši arī 1824. g. un 1989.g. ar vidējo gada gaisa temperatūru 8.9°C . Sākot no 19.gs. beigām vidējās gada gaisa temperatūras pakāpeniskā paaugstinājās, īpaši strauji no 20.gs. 70-tajiem gadiem, sasniedzot apmēram tādas pašas vidējās gada gaisa temperatūras kā 19.gs. 20-tajos gados.



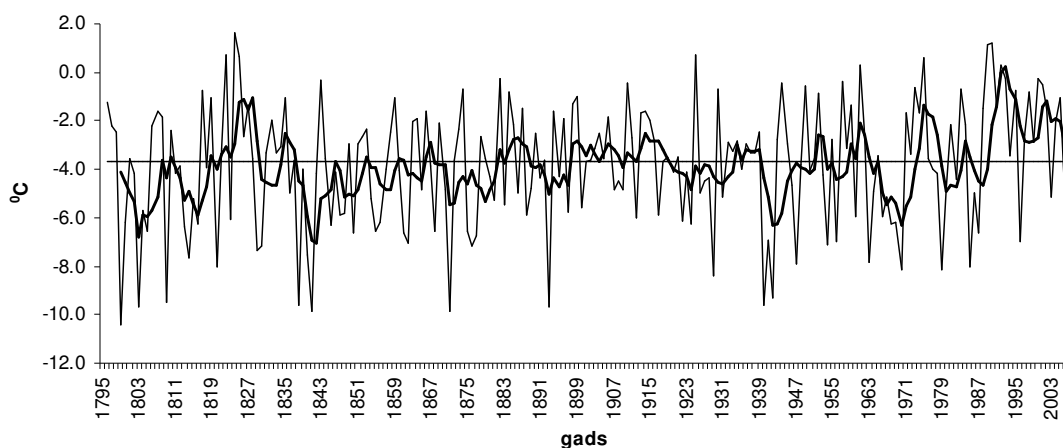
3.3.1. att. Vidējās gada gaisa temperatūra (A); vidējās gada minimālās gaisa temperatūras (B) un vidējās gada maksimālās gaisa temperatūras (C) ilgtermiņa izmaiņas un regresijas taisne Rīgā. Šeit un turpmākajos attēlos biežākās līnija – 5 gadu slidošās vērtības.

Gada vidējā minimālā gaisa temperatūrai pakāpeniski paaugstinājusies visā novērojumu periodā (1851.-2006.). Līdzīgi kā vidējai gaisa temperatūrai, spilgti iezīmējas vidējās minimālās gaisa temperatūras straujā paaugstināšanās kopš 20. gs. 60-70-tajiem gadiem (3.3.1. attēls)

Gada vidējā maksimālā gaisa temperatūrai ir novērojams būtisks pieaugums periodā 1852.-2006.g., lai gan tas nav tik liels kā vidējai minimālajai gaisa temperatūrai (3.3.1. tabula). Gada vidējās maksimālās gaisa temperatūras izmaiņu raksturs šajā periodā atšķirās no gada minimālās gaisa temperatūras izmaiņām. 1850-tajos gados un 1860-to gadu sākumā vidējās maksimālās gaisa temperatūras bijušas apmēram tikpat augstas kā 20. gs. beigās un 21.gs sākumā. No novērojumu sākuma līdz 19. gs. beigām vidējām gada maksimālajām gaisa temperatūrām vērojama tendence strauji pazemināties. Vēlākā laika periodā līdz pat 20.gs. 20-to gadu beigām vidējā gada minimālā temperatūra būtiski nav mainījies, vēlāk – pakāpeniski pieaugusi. Sākot no 20.gs. 70-to gadu beigām vidējās gada maksimālās gaisa temperatūras paaugstinājušās straujāk un novērojumu perioda beigās pārsniegušas 19. gs. 50-to gadu līmeni (3.3.1. attēls). Ja 18.gs vidū (1852.-1861.) gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra ir bijusi $+10.6^{\circ}\text{C}$, tad pēdējos 10 gados (1997.-2006.) gada vidējā maksimālā gaisa temperatūra ir $+10.9^{\circ}\text{C}$. Gan novērojumu perioda sākumā, gan beigās vidējā gada minimālā gaisa temperatūra ir bijusi ievērojami augstāka kā klimatiskās normas periodā ($+10.1^{\circ}\text{C}$). Gada vidējo maksimālo gaisa temperatūru paaugstināšanos galvenokārt ietekmējis to pieaugums pavasara periodā.

Kopumā gan gada vidējām, gan vidējām minimālajām, gan vidējām maksimālajām gaisa temperatūrām ir tendence palielināties ilggadīgā laika periodā un šī tendence īpaši izteikta 20. gs otrajā pusē, sākot ar 60-70-tajiem gadiem.

Ziema. Ziemas sezonas gaisa temperatūras izmaiņu raksturs (3.3.2.attēls) ir līdzīgs kā vidējai gada gaisa temperatūrai. Ziemas novērojumu sākuma periodā- 18.gs beigās, bijušas visaukstākās visā novērojumu periodā. Viszemākā ziemas vidējā gaisa temperatūra reģistrēta 1789./1799.g ziemas sezonā- 10.4°C . Šādu īpaši zemu ziemas

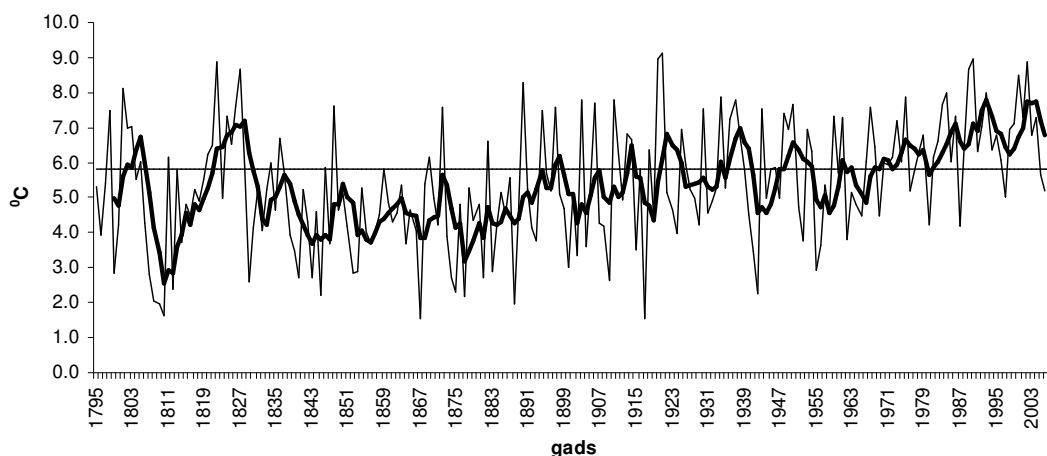


3.3.2. att. Vidējā ziemas sezonas (decembris-februāris) gaisa temperatūra Rīgā. Taisnā līnija - vidējā gaisa temperatūras klimatiskās normas periodā (1961.-1990.)

temperatūru ietekmējis aukstais februāra mēnesis, kad vidējā mēneša gaisa temperatūra bija -16.3°C . Ekstremāli zemas sezonas gaisa temperatūras tika reģistrētas arī 1802./1803. g. ziemā -9.7°C , bet janvāra mēneša vidējā gaisa temperatūra šajā sezonā sasniedza -17.0°C , kas ir aukstākais mēnesis stacijas Rīga-Universitāte novērojumu vēsturē. Savukārt vissiltākā ir bijusi 1823/24.g. ziema, ar vidējo gaisa temperatūru 1.6°C . Nākošās siltākās ziemas novērotas 20. gs. beigās – 1988./89. un 1989/90.g. ziemas ar vidējām gaisa temperatūrām 1.2°C un 1.1°C . Straujš ziemas vidējās gaisa temperatūras pieaugums raksturīgs sākot ar 20.gs 70-tajiem gadiem. (3.3.2. att.).

Vidējām minimālajām un vidējām maksimālajām ziemas gaisa temperatūrām raksturīgas svārstības ap vidējo vērtību no novērojumu sākuma 1851.g. līdz 20. gs. 70-tajiem gadiem, kad gan vidējā maksimālā ziemas sezonas gaisa temperatūra, gan vidējā minimālā gaisa temperatūra pakāpeniski pieaugusi, bez tam vidējās minimālās gaisa temperatūras pieaugums bijis straujāks kā vidējās maksimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās (3.3.1. tabula).

Pavasaris. Pavasara vidējai gaisa temperatūrai raksturīgas ievērojamas svārstības no ļoti siltām sezonām līdz ļoti aukstām laika periodā no 18. gs. beigām līdz 19. gs. 30-tajiem gadiem. Aukstākajās pavasara sezonās 1810.g., 1867., 1917.g. vidējā pavasara gaisa temperatūra ir bijusi tikai 1.5°C , kas ir par 4.3°C zemāka kā vidējā pavasara gaisa temperatūra periodā 1961.-1990.g. Savukārt pašas siltākās pavasara sezonas vidējās gaisa temperatūras sasniegušas 9°C un tās bijušas 1920., 1921. gados. Ļoti siltas pavasara sezonas bijušas arī instrumentālo novērojumu sākumā 1822., 1827. g., kā arī īpaši pieminamas vairākas ļoti siltas pavasara sezonas pēdējos gados – 1989., 1990., 2000., 2002. g., kad vidējā sezonas gaisa temperatūra sasniegusi $8.5-8.9^{\circ}\text{C}$.



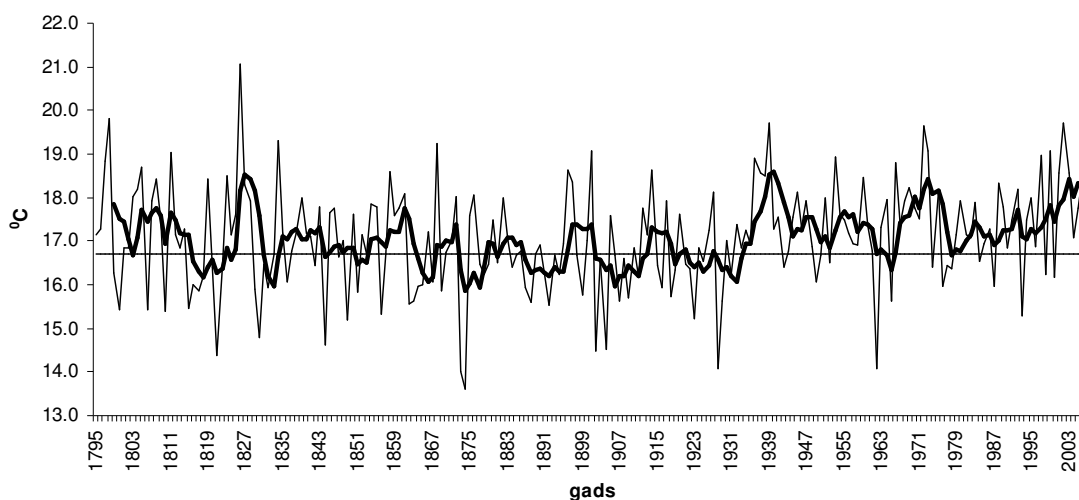
3.3.3. att. Vidējā pavasara sezonas (marts-maijs) gaisa temperatūra Rīgā. Taisnā līnija - vidējā gaisa temperatūras klimatiskās normas periodā (1961.-1990.)

Pavasara gaisa temperatūra pakāpeniska paaugstināšanās sākusies jau no 19. gs. 80-tajiem gadiem, bet īpaši straujš vidējās pavasara gaisa temperatūras pieaugums vērojams kopš 20. gs. 70-tajiem gadiem. Pavasara gaisa temperatūras grafiks 3.3.3. attēlā uzskatāmi parāda, ka ilggadīgā laika periodā ir samazinājusies pavasara gaisa temperatūru svārstību amplitūda. Šis secinājums sakrīt ar pētījumu rezultātiem, kas liecina, ka pēdējo 200-250 gadu laikā gaisa temperatūru svārstību amplitūda Eiropas ziemeļaustrumu daļā ir samazinājusies par 5-10% (Moberg et.al, 2000). Par pavasara gaisa temperatūru svārstību amplitūdu samazināšanos 20. gs. beigās liecina arī iepriekš analizētās vidējo sezonu gaisa temperatūru standartnovirzes lielumi (1.2.1. tabula).

Vidējā minimālā gaisa temperatūra pavasara sezonā paaugstinājusies visvairāk (3.3.1.tabula). Pavasara vidējās minimālās gaisa temperatūras pieaugums noticis galvenokārt divos periodos – no novērojumu sākuma 1851.g. līdz 20. gs. sākumam un sākot no 1960-tajiem gadiem. Pusgadsimta laikā starp šiem periodiem vidējai minimālajai gaisa temperatūrai pavasara sezonā raksturīgas svārstības ap vidējo lielumu.

Vidējā maksimālā gaisa temperatūra pavasarī arī ir palielinājusies būtiski, lai gan ne tik strauji kā vidējā minimālā gaisa temperatūra (3.3.1. tabula). Līdzīgi kā gadā kopumā, laikā no 19.gs. 50-tajiem līdz 90-tajiem gadiem, vidējā maksimālā gaisa temperatūra ir samazinājusies, līdz 20.gs. 60-tajiem gadiem savārstījusies ap vidējo līmeni, bet pēc tam pakāpeniski pieaugusi un 20.gs. beigās sasniegusi visaugstākās vērtības.

Vasara. Vasaras sezonā vidējā gaisa temperatūra palielinājusies mazāk kā ziemas un pavasara sezonās (3.3.1. tabula). Vasaras gaisa temperatūrām vairāk raksturīgas svārstības gadu no gada kā lineāras pakāpeniskas izmaiņas (3.3.4. att.). Vissiltākā vasaras sezona visā novērojumu vēsturē bijusi 1826. g., kad sezonas vidējā gaisa temperatūra sasniedza 21.1⁰C. Šī gada karstajā vasarā trīs vasaras mēnešus vidējā gaisa temperatūra bija 19-23⁰C. Visaukstākā vasara ar vidējo sezonas gaisa temperatūru tikai 13.6⁰C novērota 1810. gadā, ko galvenokārt ietekmēja jūnija mēnesis, kurā vidējā mēneša gaisa temperatūra bija tikai 11.8⁰C. Ļoti siltas vasaras bijušās arī 1798., 1939., 1972., 2002. g., kad vidējā vasaras gaisa temperatūra sasniegusi 19.7⁰C. Vidējās minimālās vasaras sezonas gaisa temperatūras pieaugums ir vismazākais no visām sezonā (3.3.1. tabula). Vidējās minimālās gaisa temperatūras palielināšanās visā novērojumu periodā no 1851. g. ir bijusi pakāpeniska.



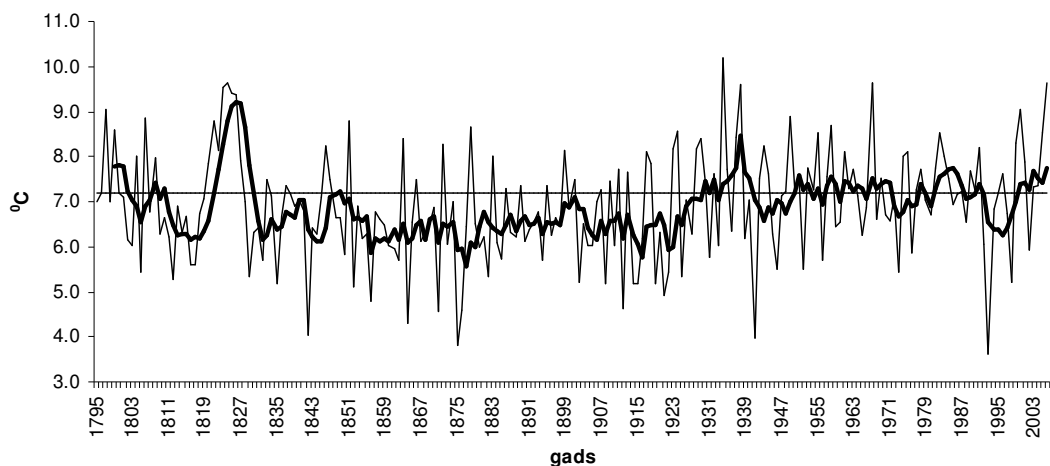
3.3.4. att. Vidējā vasaras sezonas (jūnijs-augusts) gaisa temperatūra Rīgā. Taisnā līnija - vidējā gaisa temperatūras klimatiskās normas periodā (1961.-1990.)

Arī vidējā maksimālā gaisa temperatūra vasarā nav paaugstinājusies tik ļoti kā pārējās sezonās (3.3.1. tabula). Atšķirībā no vidējās minimālās gaisa temperatūras, vidējā maksimālā gaisa temperatūra pakāpeniski samazinājusies no novērojumu sākuma 1851. g. līdz 20.gs. sākumam apmēram par 3⁰C, tad pakāpeniski pieaugusi līdz 20.gs. 40-to gadu sākumam un laika periodā no 1970-tajiem gadiem līdz 2006.g. Tomēr vidējā maksimālā gaisa temperatūra novērojumu perioda beigās nesasniedz tādus lielumus kā

novērojumu perioda sākumā. Vasarā vidējā maksimālā gaisa temperatūras novērojumu periodā sākumā (1852.-1861.) bijusi ievērojami augstāka ($+24.0^{\circ}\text{C}$) kā pēdējos 10 gados ($+22.8^{\circ}\text{C}$).

Rudens. Rudens sezonā vidējā gaisa temperatūra vairāk kā 200 gadu laika periodā palielinājusies vismazāk, tikai par 0.4°C (3.3.1. tabula). Rudens sezonai, atšķirībā no pārējām sezonām, nav raksturīga gaisa temperatūras paaugstināšanās 20. gs. otrajā pusē (3.3.5.att.). Šāda tendence ir tipiska rudens sezonas gaisa temperatūras izmaiņu īpašība visā Latvijas teritorijā (Lizuma et al., 2007). Gaisa temperatūru novērojumu sākuma periodā laikā no 18.gs. beigām līdz 19.gs. 30-tajiem gadiem vērojamas lielas rudens gaisa temperatūras svārstības, ko galvenokārt ietekmē straujā to paaugstināšanās 19.gs. 20-tajos gados. Laika periodā no 19.gs. 30-tajiem gadiem līdz 20.gs. 20-tajiem gadiem rudens gaisa temperatūras ir svārstījušās ap vidējo līmeni, bet 20.gs. 20-tajos un 30-tajos gados notikusi vidējo rudens gaisa temperatūru paaugstināšanās. Kopumā vissiltākā rudens sezona bijusi 1934.g., kad vidējā gaisa temperatūra sasniedza 10.1°C . Īpaši siltas bijušas arī rudens sezonas 1823., 1824., 1825., 1826., 1938., 1967, 2000. un 2006. gadā, ka vidējā rudens sezonas gaisa temperatūra bijusi augstāka ar 9°C . Visaukstākā rudens sezona visā novērojumu vēsturē bijusi 1993. gadā ar vidējo gaisa temperatūra 3.6°C .

Vidējās minimālās un vidējās maksimālās gaisa temperatūras izmaiņu atšķirības rudens sezonā ir vislielākās (3.3.1.tabula). Vidējā minimālā gaisa temperatūra ir paaugstinājusies ievērojami vairāk kā vidējā maksimālā, bez tam straujš vidējās minimālās gaisa temperatūras pieaugums rudenī vērojams no novērojumu sākuma 19.gs. vidus līdz 20.gs. 40-tajiem gadiem, bet vēlākos gados būtiskas minimālās gaisa temperatūras izmaiņas nav notikušas.



3.3.5. att. Vidējā rudens sezonas (septembris-novembris) gaisa temperatūra Rīgā. Taisnā līnija - vidējā gaisa temperatūras klimatiskās normas periodā (1961.-1990.)

Diennakts gaisa temperatūras amplitūda (indekss DTR). Nevienādās vidējo maksimālo un minimālo gaisa temperatūru izmaiņas visās sezonās un gadā kopumā ir ietekmējušas temperatūras amplitūdas samazināšanos. Vidējās gaisa temperatūru

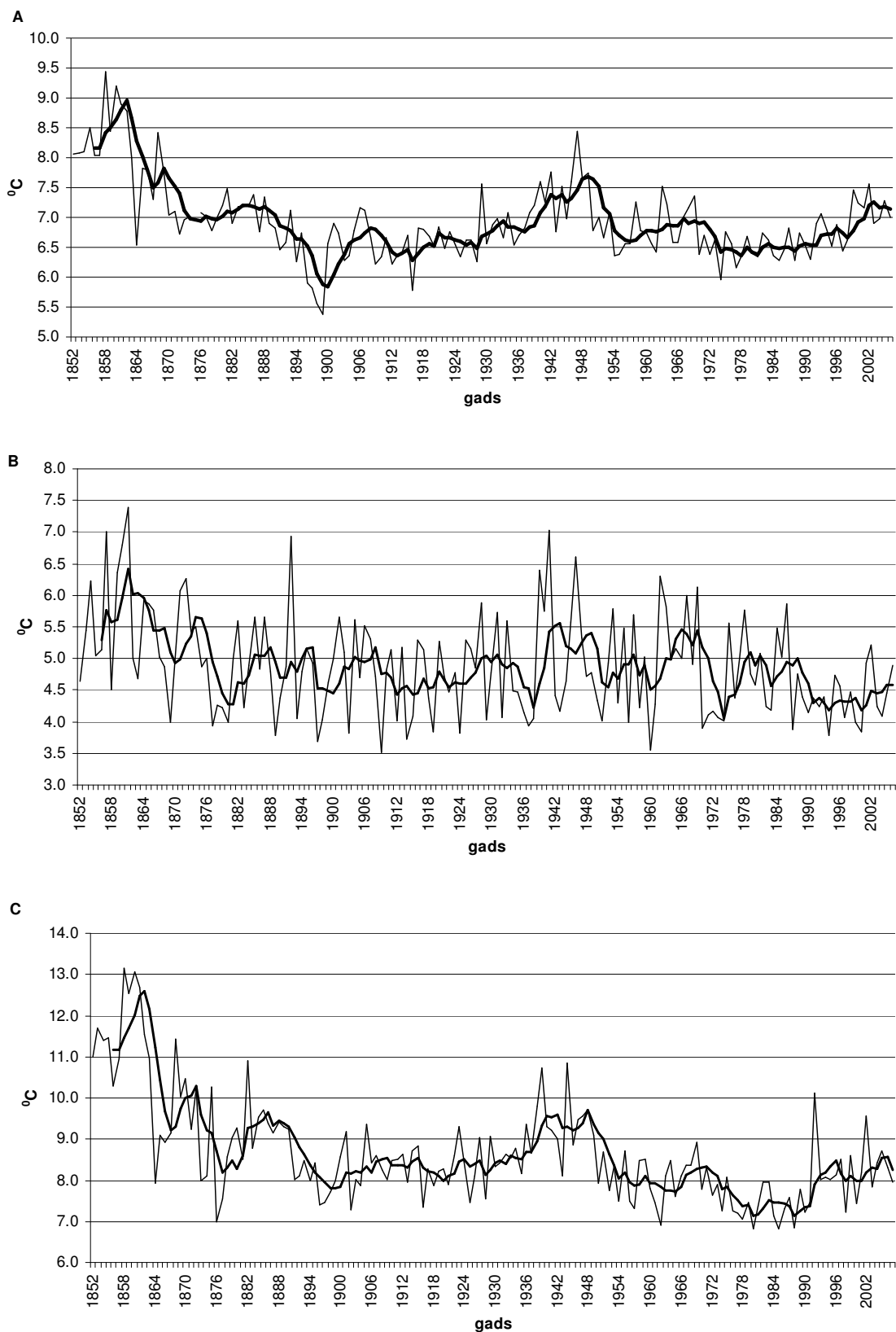
diennakts amplitūdas klimatiskās normas periodam (1961.-1990.g.) ir 8-9⁰C vasarā un pavasarī un 5-6⁰C rudenī un ziemā. Ilggadīgā laika periodā atsevišķās dienā ir reģistrētas ievērojami lielākas gaisa temperatūru svārstības. Maksimālā diennakts gaisa temperatūras amplitūda reģistrēta ziemā, janvāra mēnesī. 1940. gada 15. janvārī gaisa temperatūra no 0.5⁰C nokritās līdz -27.5⁰C, un diennakts gaisa temperatūras amplitūda sasniedza 28⁰C. Vasaras maksimālā diennakts gaisa temperatūras amplitūda ir bijusi 25.4⁰C, kad 1860. gada 13. jūnijā maksimālā diennakts gaisa temperatūra sasniedza 34⁰C, bet minimālā diennakts gaisa temperatūra bija tikai 8.6⁰C. Šādas lielas gaisa temperatūras svārstības var tikt izskaidrotas ar strauju dažāda rakstura auksto un silto gaisa masu maiņu (ziemā) un/vai noteikta tipa gaisa masu (iespējams kontinentālā vidus platumu gaisa masu) pastāvēšanu, kas ietekmē lielas gaisa temperatūru svārstības diennakts laikā (Draveniece, 2007).

Gada griezumā vidējās minimālās gaisa temperatūras paaugstināšanās un vidējās maksimālās gaisa temperatūras pazemināšanās laika laikā no 19.gs. vidus līdz 19. gs. 80-to gadu sākumam (3.3.1. attēls) ietekmējusi ļoti strauju diennakts gaisa temperatūras amplitūdas samazināšanos šajā periodā, īpaši pavasara, vasaras un rudens sezonās (3.3.6. att.). Arī 20.gs laikā, lai arī ne tik strauji, gaisa temperatūru amplitūdas samazinājušās. Uz kopējā gaisa temperatūras amplitūdas samazināšanās fona 20.gs. laikā izceļas 1940-tie gadi ar pozitīvām gaisa temperatūru amplitūdu anomālijām, kas nedaudz izmainīja kopējo raksturu, īpaši vasaras, pavasara un rudens sezonās, kā arī gadā kopumā (3.3.6. att.). Līdzīga tendence novērota arī diennakts gaisa temperatūras izmaiņās Ziemeļvalstīs (Tuomenvirta et al., 2000). Kopumā vērojams statistiski būtiska diennakts gaisa temperatūras amplitūdas samazināšanās gadā un visās sezonās. Manna-Kendala testa vērtība gadā bija -3.88; ziemā -3.06, vasarā -6.90 (1852.-2006.g.)

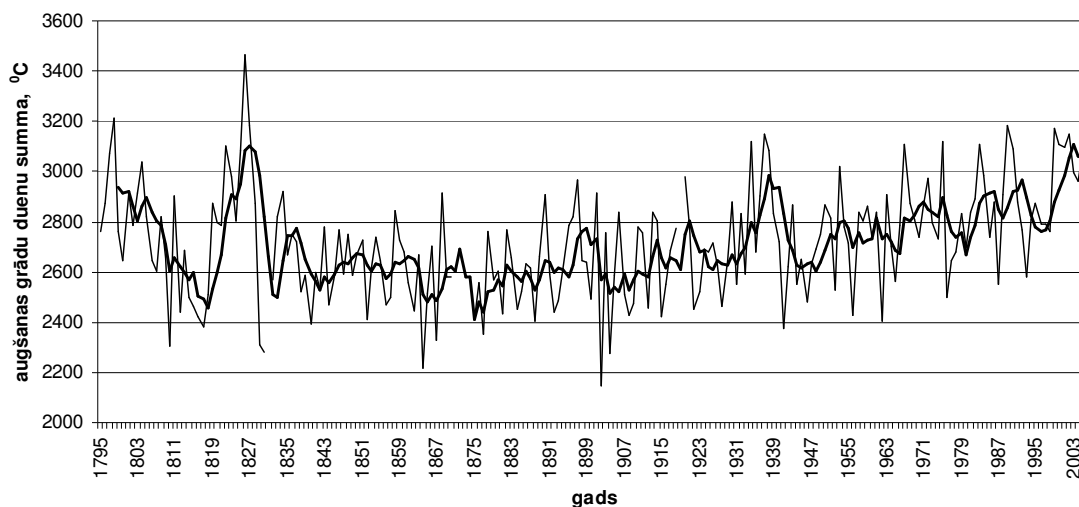
Izmaiņas sezonālās rādītājos. Pamatojoties uz gaisa temperatūras indeksiem (3.2.1. nodaļa) var spriest par to, kādas izmaiņas ilggadīgā laika periodā notikušas dažādās sezonās. Analīzei tika izmantoti tie gaisa temperatūru indeksi, kas vislabāk raksturo dažādu termiskā režīma ietekmi uz augu valsti un cilvēku darbības jomām (lauksaimniecību, enerģētiku).

Augšanas grādu dienu vērtības (indekss GD4) līdz 19. gs. 30-tajiem gadiem ir bijušas ļoti svārstīgas. Novērojumu perioda sākumā no 18.gs. beigām līdz 19. gs. 20-tajiem gadiem augšanas grādu dienas strauji samazinājušās, 19. gs. 20-tajos gados tās strauji pieaugušas un sasniegušas lielākās vērtības visā vairāk kā 200 gadu ilgā novērojumu periodā (3.3.7. att.). No 19.gs. 30-tajiem gadiem līdz 20. gs. sākumam augšanas grādu dienu vidējais rādītājs bijis viszemākais visā analizējamajā periodā. Pakāpenisks augšanas grādu dienu pieaugums sākās 19.gs. sākumā un turpinājās līdz pat 21. gs. sākumam vidēji sasniedzot tādu līmeni kā 18.gs. 20-to gadu īsajā laika periodā.

Kopumā visā 211 gadu novērojumu periodā augšanas grādu dienas ir pieaugušas par 183⁰C (Manna-Kendala testa vērtība 3.90), bet laika periodā 1901.-2006.g. par 367⁰C (Manna-Kendala testa vērtība 5.26). Tika konstatēts, ka pastāv cieša korelācijas sakarība starp augšanas grādu dienām un vidējo gaisa temperatūru aprīlī-oktobrī (korelācijas koeficients 0.90). Tas liecina par to, ka nākotnē, paaugstinoties vidējai gaisa temperatūrai, ir paredzams arī augšanas grādu dienu pieaugums. Līdzīga cieša korelācijas sakarība ($r>0.90$) starp gaisa temperatūrām un grādu dienām tika konstatēta Eiropas ziemeļu un centrālajā daļā (Jones et. al, 2002).



3.3.6. att. Vidējā gada gaisa temperatūras amplitūda (A); vidējā ziemas gaisa temperatūras amplitūda (B) un vidējā vasaras gaisa temperatūras amplitūda (C) ilgtermiņa izmaiņas Rīgā.



3.3.7. att. Augšanas grādu dienu ilgtermiņa pārmaiņas Rīgā

3.3.2. tabula

Augšanas sezonu sākuma un beigu datumu un augšanas sezonu garuma izmaiņu būtiskums un lielums (izceltajām vērtībām $p \leq 0.05$)

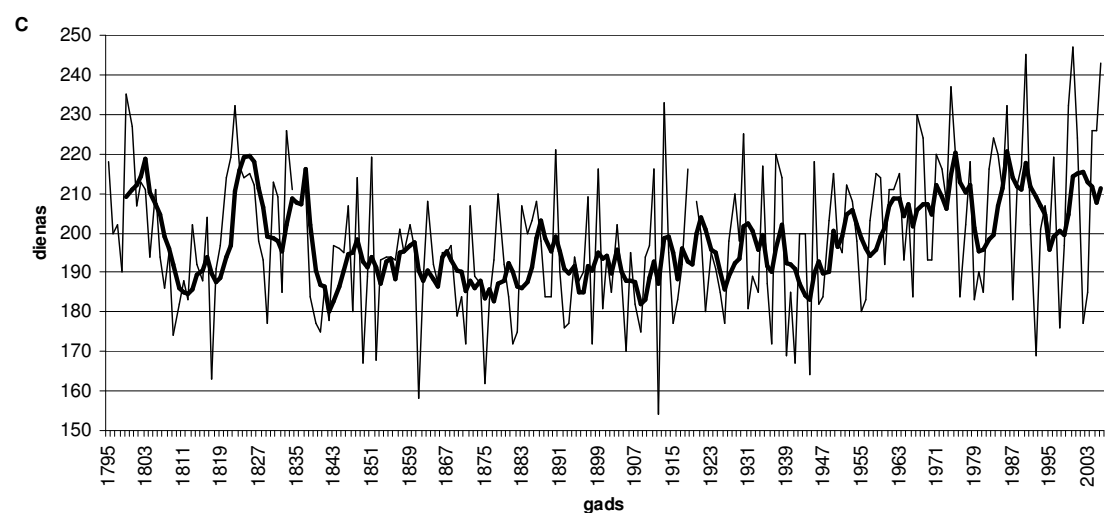
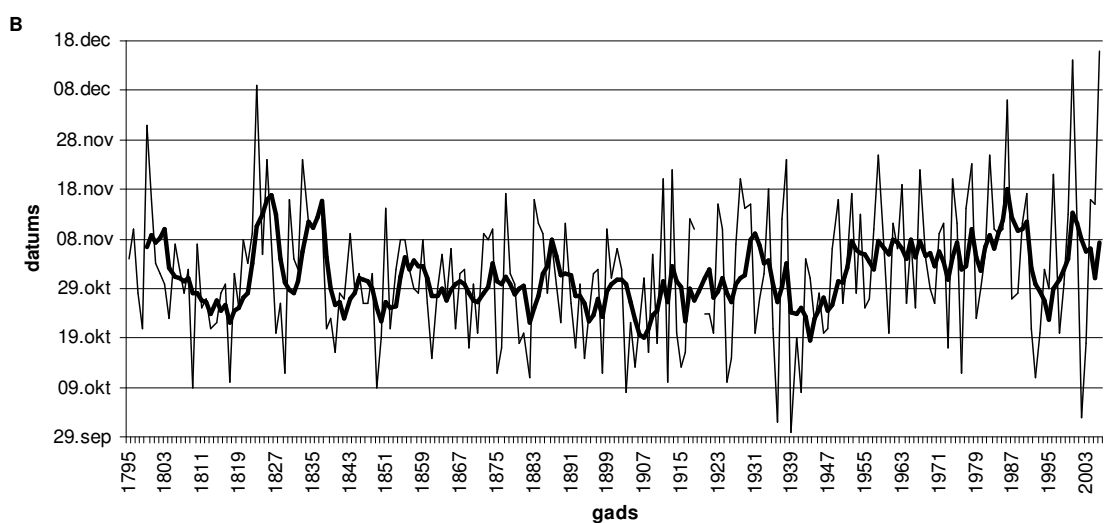
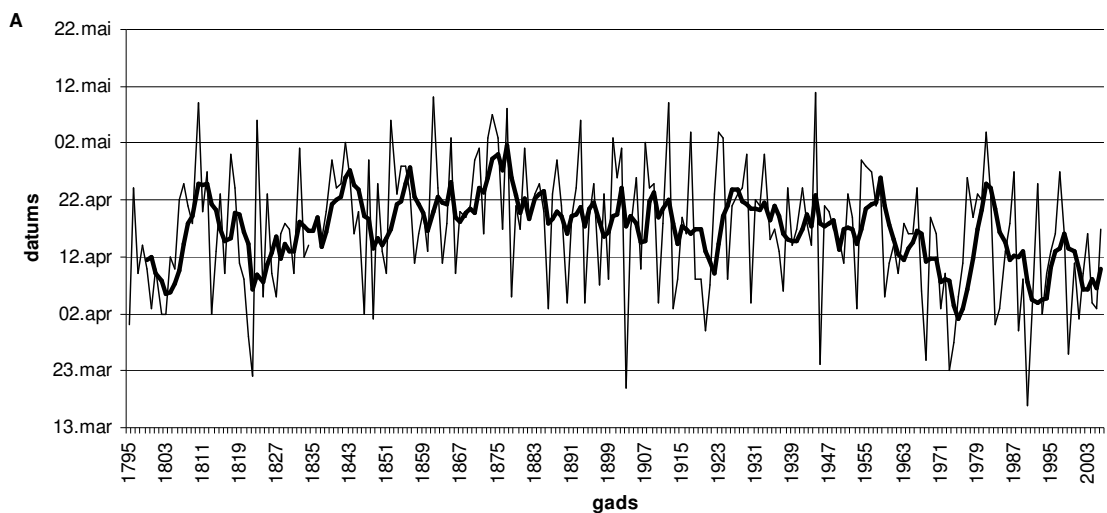
T – Manna-Kendala testa vērtība

I - izmaiņu lielums norādītajā periodā

Laika periods	1795.-2006.		1795.-1850.		1900.-2006.	
	T	I	T	I	T	I
Augšanas sezonas sākums	-1.88	-5.3	1.80	7.7	-3.22	-11.4
Augšanas sezonas beigas	1.65	5.5	-1.10	-6.0	2.70	14.1
Augšanas sezonas garums	2.20	10.8	-1.68	-13.7	4.06	25.9

Augšanas sezonas sākums, beigas un perioda garums (indekss GSL). Ilggadīgā laika periodā tika konstatētas būtiskas pārmaiņas arī augšanas sezonu sākuma un beigu datumos, kā arī augšanas sezonas garumā. 3.3.8. attēlā parādītas augšanas sezonas sākuma datumu (A) un izbeigšanās datumu (B) izmaiņu un svārstību tendences. Grafiskais attēlojums labi parāda, ka uz kopējā fona, augšanas sezonām ir tendences iesākties agrāk un beigties vēlāk, kaut arī ilggadīgā laika periodā ir vērojamas arī periodiskas šo rādītāju izmaiņas. Instrumentālo novērojumu sākuma posmā (1795.-1850.g) kopējai pārmaiņu tendencei vērojamas gluži pretējas izmaiņas – augšanas sezonas iesākas vēlāk un beidzas agrāk, līdz ar to augšanas perioda garums samazinās (3.3.2. tabula). Kopumā šajā laika periodā augšanas sezonas garums samazinās par 13.7 dienām.

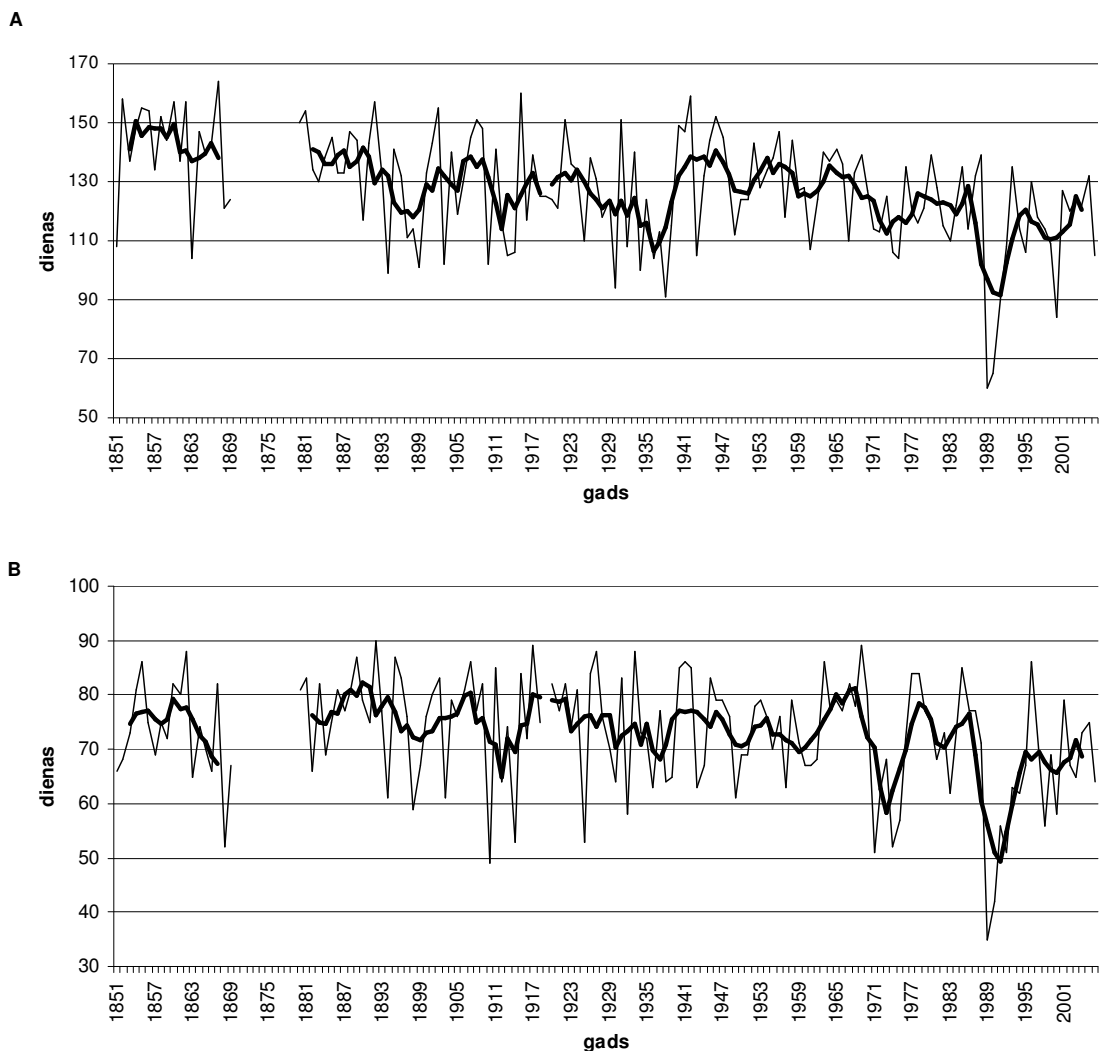
Visstraujākās augšanas sezonu izmaiņas notikušas 20. gs. laikā, kad augšanas sezona pakāpeniski iestājas agrāk un beidzas vēlāk. Augšanas sezonas garums 20.gs. laikā ir palielinājies par 25.9 dienām (3.3.2. tabula). Bez tam augšanas sezonu sākuma



3.3.8. att. Augšanas sezonas sākuma (A), augšanas sezonas beigu (B) un augšanas sezonas garuma (C) ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

un beigu datumiem gan novērojumu sākumā, gan beigu periodā raksturīgas lielākas svārstības gadu no gadā kā novērojumu vidus periodā (3.3.8. att.). Kopumā analizētās augšanas sezonu izmaiņu tendences atbilst citu pētījumu secinājumiem par augšanas sezonu izmaiņu raksturu Eiropā (Heino, 2008). Augšanas sezonu izmaiņu tendences saskan ar izmaiņu tendencēm, kādas vērojamas meteoroloģiskajās sezonās un fenoloģiskajām fāzēm gan Eiropā, gan Baltijas valstīs (Menzel, 2000; Ahas et al., 2000; Grišule and Briede, 2007).

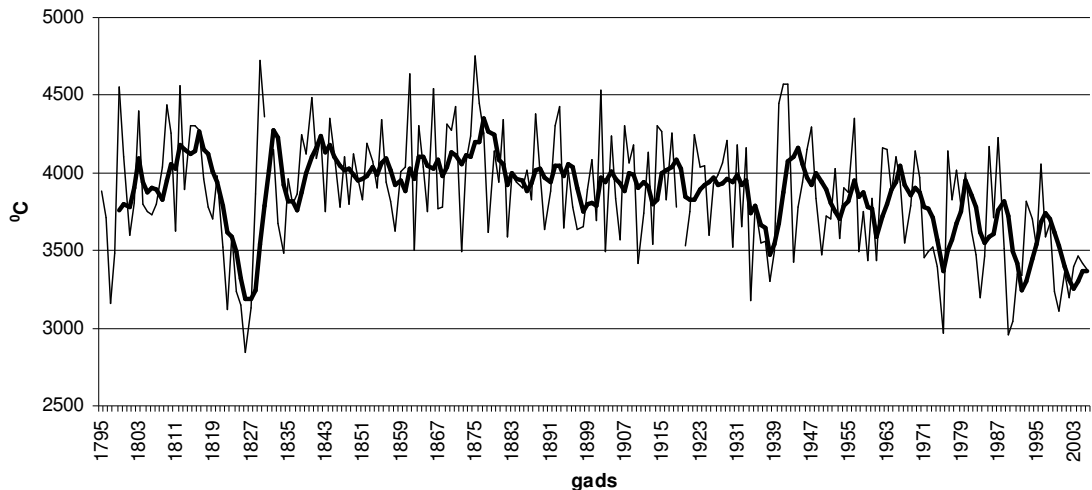
Sala dienas (indekss FD). Izmaiņas aukstajā sezonā labi raksturo sala dienas, kad minimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 0°C. Visā novērojumu periodā (1851.-2006) sala dienas skaits ir būtiski samazinājies (3.3.9. attēls) vidēji no 140-150 dienām novērojumu perioda sākumā līdz 110-120 dienām novērojumu perioda beigās. Pavasara un rudens sezonai, līdzīgi kā gadā kopumā, iezīmējas pakāpeniska sala dienu skaita samazināšanās visā novērojumu periodā, bet ziemas sezonā strauja sala dienu skaita samazināšanās sākusies 20.gs. 70-tajos gados. Turklāt 20. gs. ziemās bijušas izteiktākas sala dienu svārstības gadu no gada, salīdzinot ar novērojumiem perioda sākumu.



3.3.9. att. Sala dienu skaita ilgtermiņa izmaiņas gadā (A) un ziemas sezonā (B) Rīgā.

Kopumā sala dienu samazināšanās tendence sakrīt ar citos pētījumos izdarītajiem secinājumiem par sala dienu skaita samazināšanos Baltijas reģionā (Latvijā un Lietuvas teritorijā par 5 dienām/ 10 gados laika periodā 1951.-2000.). Analizējot īsākus laika periodus (1946.-1999.) secināts, ka rudens sezonā sala dienu skaits nesamazinās, bet ir tendence pieaugt (Klein Tank and Können, 2003). Stacijas Rīga-Universitāte datu rinda šim pašam novērojumu periodam arī parādīja sala dienu skaita palielināšanos, lai gan visā, vairāk kā 150 gadu, novērojumu periodā sala dienu skaits rudenī ir būtiski samazinājies (Manna-Kendala testa vērtība -4.01) par 10 dienām. Arī šis piemērs vēlreiz apliecina, ka kopējo klimata tendenču un svārstību analīzei ir nepieciešamas pēc iespējas garākas novērojumu datu rindas, jo izmaiņu tendenču raksturs īsākā laika periodā var nesakrist ar to, kāds raksturīgs ilggadīgā laika posmā. Sala dienu samazināšanās ir saistīta ar ziemas sezonas garuma saīsināšanos, par ko liecina pētījumi Eiropā un Baltijas valstīs. Igaunijā ziemas sezonas garums laikā no 19.gs. beigām līdz 20.gs. beigām samazinājies par 30 dienām (Jaagus and Ahas, 2000). Sala dienu samazināšanās ir saistīta arī ar sniega segas straujām izmaiņām, upju un ezeru ledus parādību samazināšanos un ziemas perioda hidroloģiskā režīma pārmaiņām Latvijā (Draveniece et al., 2007; Kļaviņš et al., 2007a; Koļcova et al., 2007).

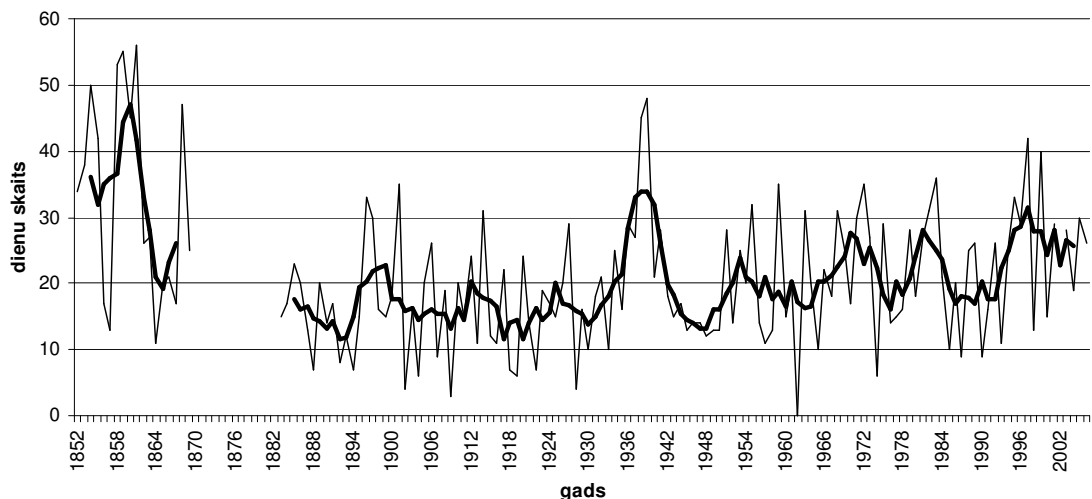
Apkures grādu dienas (indekss HD17). Apkures grādu dienas ir klimata pārmaiņu indekss, kas labi raksturo enerģijas patēriņa daudzumu, kas nepieciešams ēku apkurei aukstajā sezonā. Apkures grādu dienu ilgtermiņa izmaiņu raksturs parāda, ka grādu dienu summu būtisku samazināšanos (Manna-Kendala testa statistikas -4.39) vairāk kā 200 gadu ilgā periodā (3.3.10. attēls). Pēc lineārās regresijas vienādojuma apkures grādu dienas samazinājušās par 365°C , kas ir apmēram par 10%. Apkures grādu dienu lielumam, līdzīgi kā augšanas grādu dienu temperatūras summām, tika atrasta augsta korelācijas sakarība ar vidējo gaisa temperatūru periodā oktobris-marts (korelācijas koeficients (0.8). Šis fakts sakrīt ar pētījumu rezultātiem Eiropā, ka klimata pārmaiņu indeksam grādu dienu summai ir cieša sakarība ar vidējām sezonu gaisa temperatūrām (Jones et al., 2002). Ar to izskaidrojamas arī krasās apkures grādu dienu svārstības 18.gs. beigās un 19.gs. pirmajā pusē, kas bija līdzīgas gada un īpaši ziemas vidējo gaisa temperatūru svārstībām (3.3.1. un 3.3.2. att.). Sākot no 20. gs. otrās puses, līdzīgi kā vidējai gaisa temperatūrai, arī apkures grādu dienu summām svārstību amplitūda palielinājās. Apkures grādu dienu summu samazināšanās ir viens no pozitīvajiem klimata pārmaiņu ietekmes faktoriem, jo tas nozīmē samazinātu enerģijas patēriņu aukstajā sezonā, sevišķi Eiropas centrālajos un ziemeļu rajonos (Alcamo et al., 2007).



3.3.10. att. Apkures grādu dienu ilgtermiņa izmaiņas Rīgā.

Gaisa temperatūru ekstrēmi. Klimata ekstrēmi ir tādi lielumi, kas notiek ārkārtīgi reti kādā noteiktā vietā un laika periodā, parādības ar lielu intensitāti vai ilgumu vai parādības, kas būtiski ietekmē zaudējumus (Heino, 2008). Vidējo maksimālo un minimālā gaisa temperatūru pārmaiņas, kā arī sala dienu skaita izmaiņas, kas arī tiek pieskaitītas ekstremālajiem gaisa temperatūras indeksiem, izmaiņu tendences raksturotas iepriekš.

Vasaras dienas (indekss SU). Par vasaras dienām tiek definētas dienas, kurās maksimālā diennakts gaisa temperatūras pārsniedz 25°C . Šis rādītājs raksturo ekstremāli karstu apstākļu izmaiņas un karstuma viļņus, kam ir liela ietekme uz cilvēku veselību un daudzām darbības sfērām.

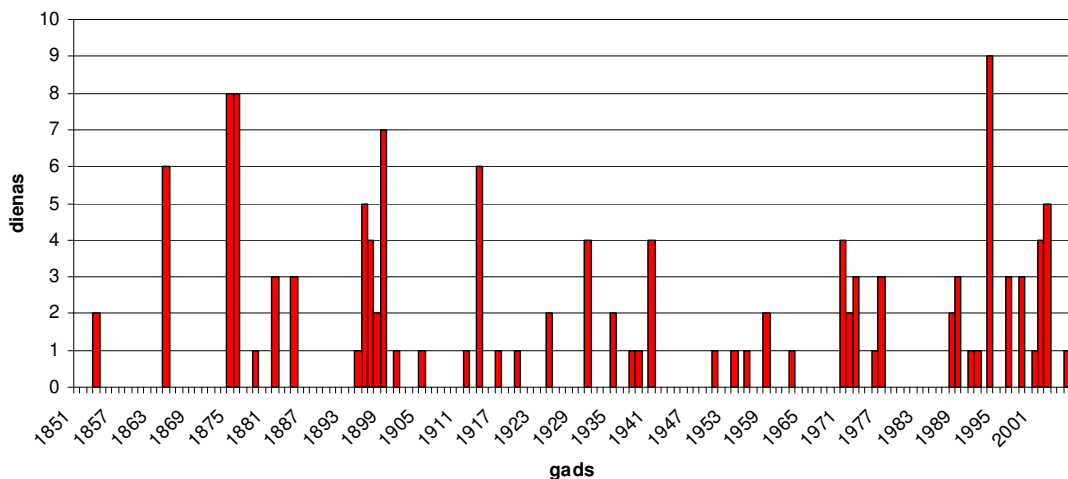


3.3.11. att. Vasaras dienu skaita ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

Pētījumi par vasaras dienu skaita izmaiņām ir parādījuši, ka Baltijas reģiona austrumu daļās vasaras dienu skaits 20. gs. otrajā pusē nemainās vai ir ar nelielu tendenci palielināties (Klein-Tank and Können, 2003; Moberg and Jones, 2005). Pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte ilggadīgajiem datiem 1850-60-tajos gados vasaras dienu skaits ir bijis ievērojami lielāks kā pārējā novērojumu periodā (3.3.11.

att.). Vairāk vasaras dienu bijis arī 20. gs. 30-tajos gados, kā arī 21. gs. sākumā. Vasaras dienu skaita palielināšanās tendenci, lai arī nebūtiski, laikā no 20. gs. sākuma, ietekmēja pēdējo gadu (īpaši 2002. gada vasara, kurās dienu skaits ar maksimālo gaisa temperatūru lielāku par 25°C ir bijis vislielākais visā instrumentālo novērojumu laikā – 60) siltās vasaras. Iespējams arī, ka ekstremāli silto dienu skaitu, kāds novērots perioda sākumā, ietekmējušas datu rindas nehomogenitātes, kas tik labi neparādās vidējo lielumu analīzēs kā ekstremālo vērtību izmaiņu tendencēs. Zviedrijas ilggadīgo datu rindu analīze parādīja, ka vasaras laika periodā pirms 1860. g., arī bijušas ievērojami siltākas kā vēlākajos gados (Moberg and Bergström 1997), kas sakrīt ar Rīgas novērojumiem. Vēlākie pētījumi gan atklāja iespējamās datu rindas nehomogenitātes šajā novērojumu laikā (Moberg et al., 2003). Tomēr ir daudz neskaidrību un precīzus datu rindu nehomogenitātes novērtējumu, īpaši ekstremālajām vērtībām, līdzšinējie pētījumi nav devuši. Tas vēlreiz apstiprina faktu, ka pēc iespējas vairāku ilggadīgo novērojumu staciju dati Eiropā ir nepieciešami datu rindu savstarpējai salīdzināšanai un kopējo Eiropas klimata tendenču kvalitatīvākam novērtējumam (Moberg et al., 2003).

Tropiskās naktis (indekss TR). Neparasti siltās naktis, kas parasti seko ekstremāli karstajām dienām, ir viens no faktoriem, kas raksturo karstuma viļņus un ietekmē cilvēku labsajūtu un veselību.



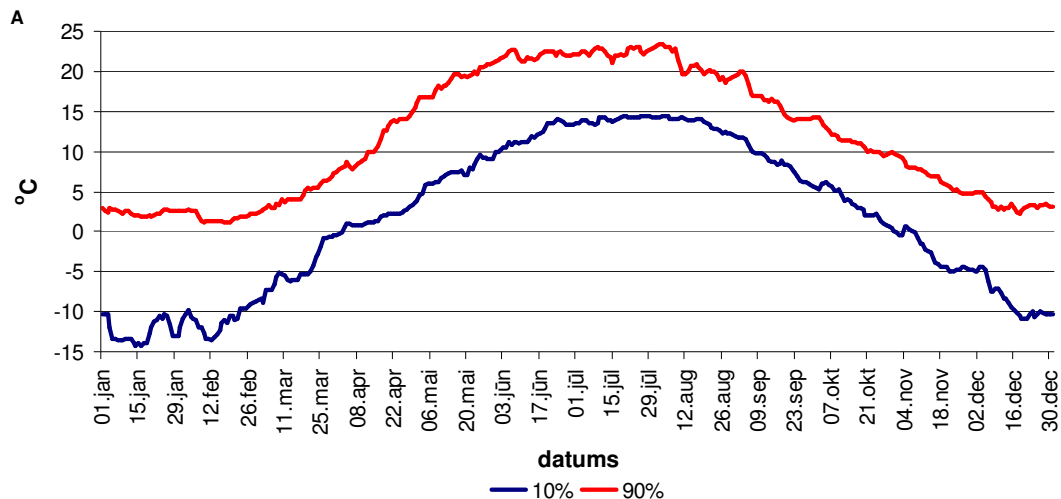
3.3.12. att. Dienu skaits ar tropiskajām naktīm Rīgā

Globālā mērogā būtiska tropisko nakšu skaita palielināšanās reģistrētas Āzijā, Ziemeļamerikā un Brazīlijā (Alexander et. al., 2006). Rīgā ekstremāli siltas naktis netiek novērotas katru gadu. Atsevišķos gados tās var būt līdz 8-9 naktīm gadā. Ilggadīgā laika periodā ekstremāli siltajām naktīm nav izteikta tendence palielināties (3.3.12.att.), lai gan laika periodā no 20. gs. 90-to gadu sākumam tās tiek reģistrētas biežāk kā pārējā novērojumu laika periodā.

Silto un auksto diennakšu un dienu un nakšu aprēķini tika balstīti uz diennakts vidējās, maksimālās un minimālās gaisa temperatūras salīdzināšanu ar 10-to un 90-to procentili, kas aprēķināta laika periodam 1961.-1990.g. (indeksu aprēķinu apraksti doti nodaļā 3.2.1.).

3.3.13. attēlā parādītās vidējās diennakts gaisa temperatūras 10-tās un 90-tās procentiles katrai kalendārajai dienai, kas sniedz informāciju par robežlielumiem,

nosakot vai diennakts bijusi ekstremāli silta vai auksta. Tā piemēram, ja diennakts vidējā gaisa temperatūra ziemas periodā ir augstāka par 3-4 °C, tādu diennakti var uzskatīt par ekstremāli siltu, bet vasaras periodā tādas ir dienas, kuru diennakts vidējās gaisa temperatūras ir augstākas par 20-22°C. Novērojumu datu salīdzinājums ar aprēķinātajām procentilēm ļauj labāk noteikt, vai novērotās gaisa temperatūras ir ekstremāli lielumi vai nav. Šī informācija var tikt turpmāk izmantota atsevišķu sezonu, mēnešu vai dienu atbilstības noteikšanai ekstremālajiem apstākļiem.



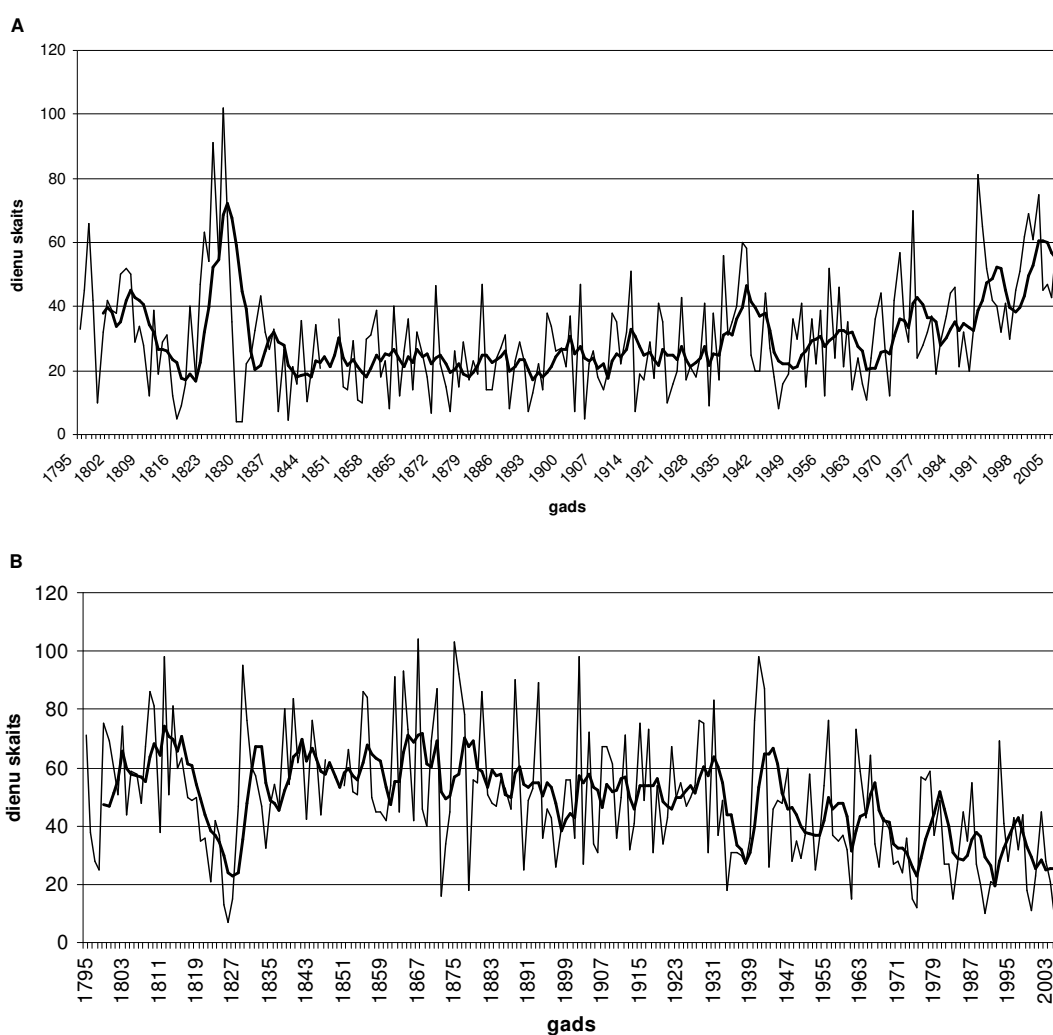
3.3.13. att. Vidējās diennakts gaisa temperatūras 10-tā un 90-tā procentiles, kas aprēķinātas laika periodam 1961.-1990.g novērojumu stacijai Rīga-Universitāte.

Siltās un aukstās diennaktis (indeksi TG90p un TG10p). Siltās un aukstās diennaktis ir dienas, kuru vidējā diennakts gaisa temperatūra novērojama tikai 10% gadījumu (indeksa aprēķina apraksts dots nodaļā 3.2.1.). Ilggadīgā laika periodā kopumā vērojama statistiski nozīmīgs silto diennakšu pieaugums un auksto diennakšu samazinājums (3.3.3. tabula). Kopumā gada griezumā siltās diennaktis vairāk kā 200 gadu laika periodā ir palielinājušās par 17 dienām, bet aukstās diennaktis ir samazinājušās par 25 dienām. Vislielākā auksto diennakšu samazināšanās un silto diennakšu palielināšanās ir novērota pavasara periodā. Vasarās statistiski būtiski samazinājušās aukstās diennaktis, bet silto diennakšu pieaugums nav būtisks. Rudens periodā ne auksto, ne silto diennakšu skaita pārmaiņas nav statistiski būtiskas. Gada griezumā silto diennakšu straujš pieaugums sācies 20. gs. otrajā pusē, bet auksto diennakšu skaits pakāpeniski samazinājies no 19.gs. otrās puses līdz 20.gs. sākumam (3.3.14. att.). Ir vērojamas sezonālas atšķirības silto un auksto diennakšu izmaiņu tendencēs pa sezonām. Ziemās auksto diennakšu skaits sāk straujāk samazināties kopš 20.gs. vidus, bet siltās diennaktis pieaug, sākot no 20.gs 70-tajiem gadiem. Pavasaros kopš 19.gs. vidus bija vērojama pakāpeniska silto diennakšu skaita palielināšanās un auksto diennakšu skaita samazināšanās. Vasaras periodā auksto diennakšu skaita izmaiņu raksturu ietekmēja lielākais novērotais auksto diennakšu skaits 20. gs. sākumā.

Auksto (TG10p) un silto (TG90p) diennakšu (1795.-2006.), auksto (TX10p) un silto (TX90p) dienu (1852.-2006.) un auksto (TN10p) un silto (TN90p) nakšu (1851.-2006.) izmaiņu būtiskums un lielums (izceltajām vērtībām $p \leq 0.05$)

Indeksu skaidrojumi doti 3.2.1. nodaļā. T – Manna-Kendala testa vērtība; I - dienu skaita izmaiņas

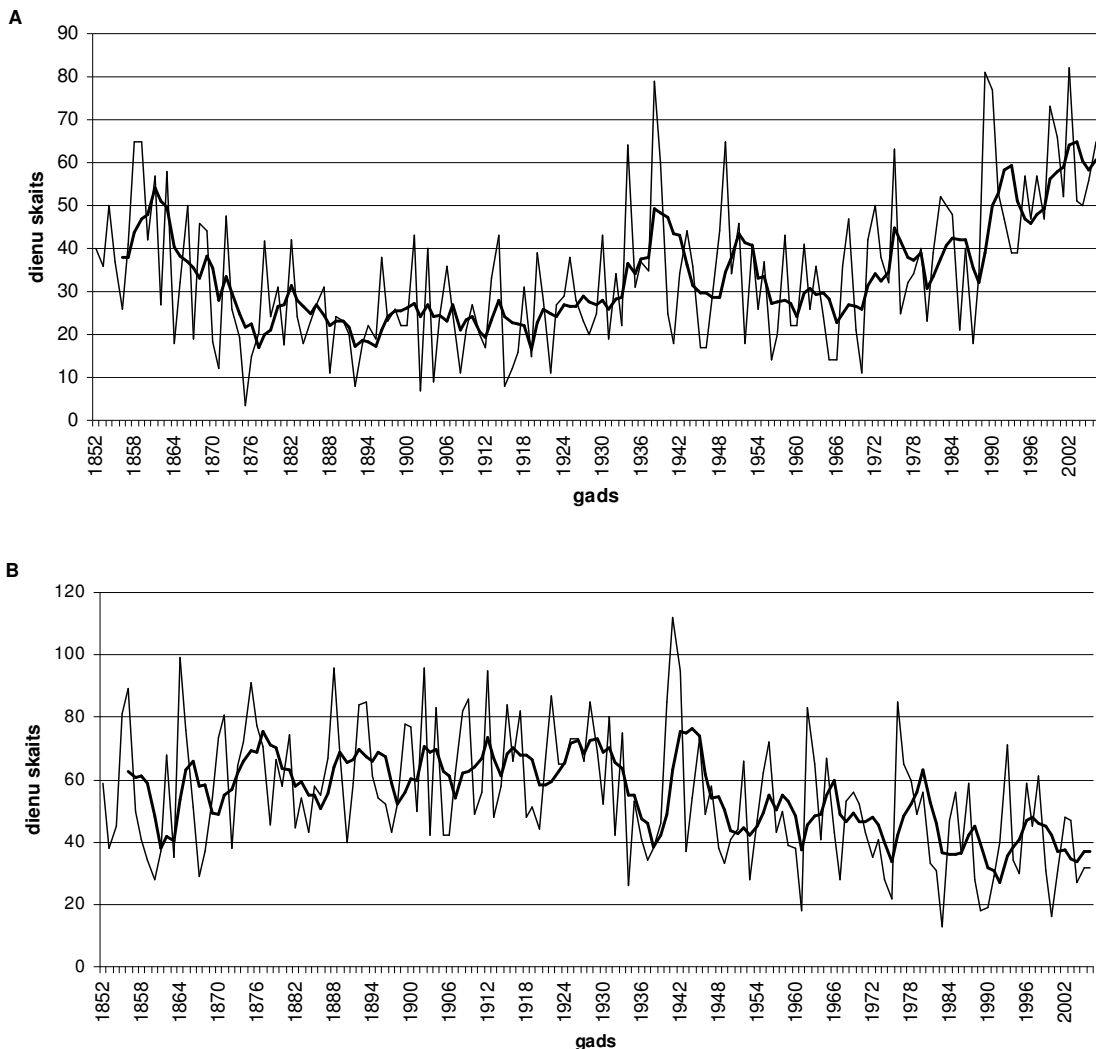
elements		ziema	pavasaris	vasara	rudens	gads
TG10p	T	-3.12	-5.09	-1.83	-1.44	-5.89
	I	-8	-12	-3	-2	-25
TG90p	T	1.68	4.58	0.96	1.61	2.71
	I	4	9	1	3	17
TX10p	T	-1.68	-4.62	-2.86	-2.13	-4.16
	I	-4	-15	-7	-6	-32
TX90p	T	3.74	4.05	0.23	3.47	3.91
	I	8	7	0.3	6	21
TN10p	T	-1.65	-3.78	-3.13	-6.12	-6.32
	I	-4	-15	-9	-16	-46
TN90p	T	1.99	5.85	4.71	5.54	6.60
	I	5	10	7	9	31



3.3.14. att. Gada silto diennakšu (A) un auksto diennakšu (B) skaita ilgtermiņa izmaiņas

Visā novērojumu periodā auksto diennakšu skaits samazinājies par 3 dienām, ja par atskaites punktu pieņem 20.gs. sākumu. Savukārt auksto dienu skaits vasaras periodā samazinājies par 5 dienām. Lai gan visā novērojumu periodā silto diennakšu pieaugums vasarā bija būtisks (3.3.3. tabula), tomēr analizējot īsāku laika periodu no 20. gs. 50-tajiem gadiem tika konstatēta statistiski būtisks silto diennakšu skaita pieaugums par 4 dienām (Manna-Kendala tests vērtība 1.82). Rudens sezonas auksto diennakšu skaits samazinājies periodā no 19.gs. 80-tajiem gadiem līdz 20.gs. 60-tajiem gadiem, kad sāka iezīmēties pat neliels rudens sezonas auksto diennakšu skaita pieaugums. Siltās diennaktis rudenī pakāpeniski pieaugušas kopš 20. gs. 20-tajiem gadiem.

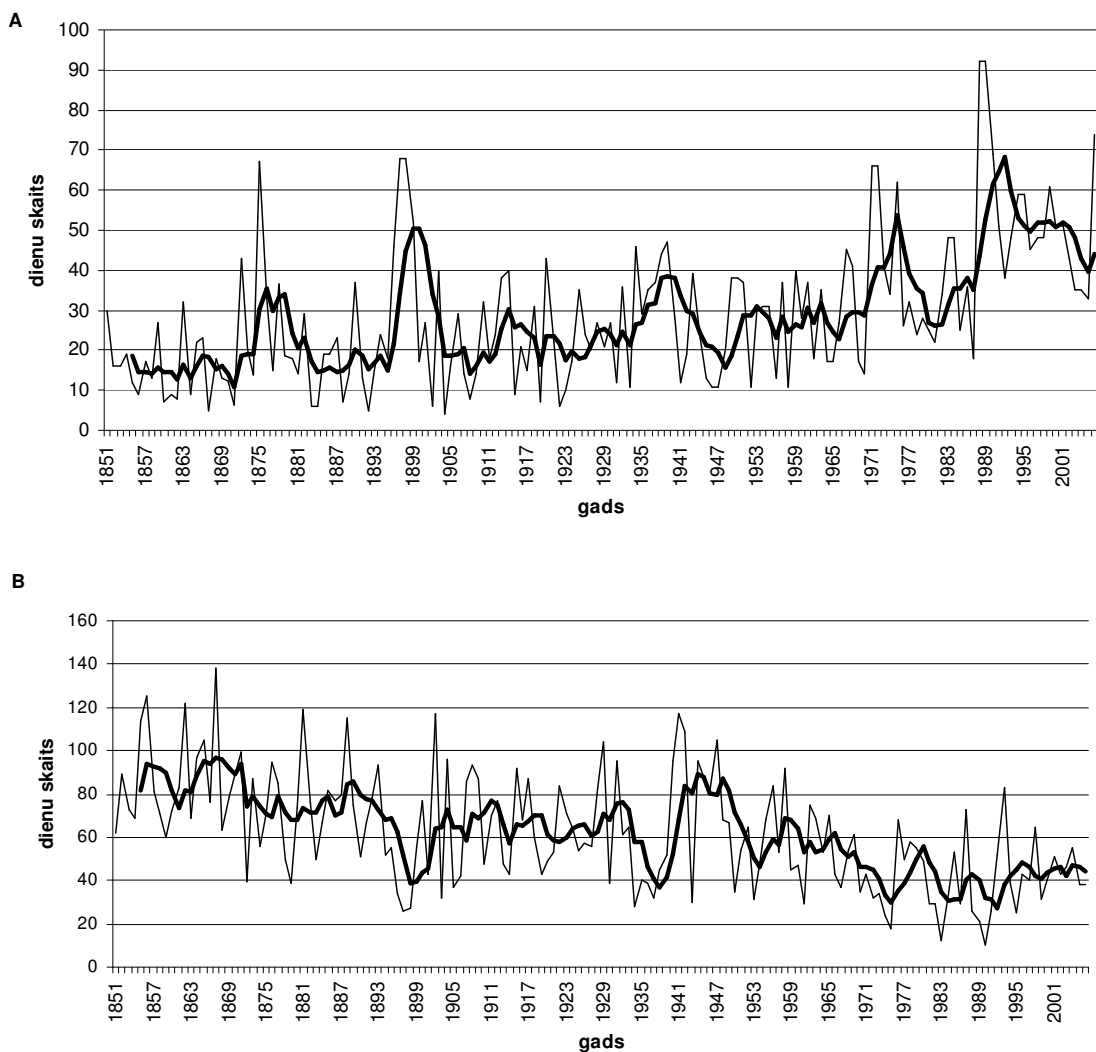
Siltās un aukstās dienas (indeksi TX90p un TX10p). Kopumā gada griezumā laika periodā no 1851.-2006.g. auksto dienu skaits ir samazinājies par 32 dienām, bet silto dienu skaits pieaudzis par 21 dienu (3.3.3. tabula). Vislielākās izmaiņas reģistrētas pavasara periodā. Silto dienu skaits gadā strauji samazinājies laikā no 19.gs. vidus līdz 19.g.s 80-tajiem gadiem un pakāpeniski sācis pieaugt no 20.gs. 20-tajiem gadiem, lai gan šo silto dienu skaita palielināšanās tendenci mazina silto dienu skaita samazināšanās laika periodā no 20. gs. 40-to gadu sākuma līdz 60-to gadu vidum (3.3.15. att.).



3.3.15. att. Gada silto dienu (A) un auksto dienu (B) skaita ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

Pakāpeniska ekstremāli auksto dienu skaita samazināšanās bija vērojama kopš 20.gs. 20-tajiem gadiem. Ekstremāli silto dienu pieaugums ziemā un pavasarī vislabāk izteikts sākot no 20. gs. vidus, kas sakrīt ar pētījumu rezultātiem Baltijas jūras dienvidu daļā. Šie pētījumi parādījuši, ka ekstremāli silto dienu skaits ziemas un pavasara periodā laikā no 1951.-2000.g. pieaudzis par 2-4% dekādē (Heino et. al, 2008). Rudens periodā ekstremāli silto dienu skaits strauji palielinājies sākot no 19. gs. beigām līdz 20.gs 40-tajiem gadiem, bet 20.gs. beigās būtiskas izmaiņas nav raksturīgas. Neskatoties uz to, ka vasarās ekstremāli silto dienu skaits pakāpeniski pieaug 20. gs. otrajā pusē, tas nesasniedz tādus lielumus kā 19. gs. 50-60-tajos gados, tādēļ kopējā izmaiņu tendence nav būtiska. Ekstremāli auksto dienu skaita pakāpeniska samazināšanās ziemas, pavasara un rudens periodā vērojama kopš 20. gs sākuma. Vasarās ekstremāli auksto dienu skaits palielinās no 19. gs. vidus līdz 20. gs. sākumam, kad notikusi pakāpeniska to samazināšanās.

Siltās un aukstās naktis. Gada griezumā vairāk kā 150 gadu ilgā laika periodā ekstremāli auksto nakšu skaits samazinājies par 46, bet ekstremāli silto nakšu skaits pieaudzis par 31. Šīs izmaiņas ir būtiskas visās sezonās (3.3.3. tabula). Visā novērojumu periodā ekstremāli siltās naktis palielinās un aukstās naktis samazinās pakāpeniski, īpaši šī tendence ir izteikta kopš 20. gs 50-tajiem gadiem. (3.3.16. attēls).



3.3.16. att. Gada ekstremāli silto (A) un auksto (B) nakšu skaita ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

Visās sezonās izmaiņu tendences ir līdzīgas gada izmaiņām, bet ir atšķirīga izmaiņu amplitūda. Vislielākās izmaiņas raksturīgas pavasara sezonā. Atrasto silto un auksto gaisa temperatūru ekstrēmumu izmaiņu tendences ir saistītas ar vidējās, vidējās maksimālās un vidējās minimālās gaisa temperatūras izmaiņām. Atsevišķos gadījumos, pat nenovērojot būtiskas izmaiņas sezonas vidējā gaisa temperatūrā, tika konstatētas būtiskas izmaiņas ekstremālajās vērtībās. Tā piemēram, ziemas sezonā nav raksturīgas būtiskas pārmaiņas vidējai maksimālajai gaisa temperatūrai, (3.3.1. tabula), tajā pašā laikā tika konstatēts būtisks ekstremāli silto dienu un nakšu skaita pieaugums ziemā. Tas liecina par to, ka klimata indeksi, īpaši ekstrēmumu indeksi, sniedz detalizētāku un precīzāku informāciju par tām pārmaiņām, kas norisinās klimata raksturlielumos, kas ir saistīti ar globālajām klimata pārmaiņām.

Kopumā ilggadīgo gaisa temperatūru pārmaiņu analīze ļāva secināt, ka konstatētās pārmaiņas vidējās gaisa temperatūrās un klimata ekstrēmumu indeksos atbilst tām kopējām tendencēm, kādas ir konstatētas Eiropā un Baltijas reģionā (Heino et.al, 2008). To galvenais cēlonis ir globālās pārmaiņas, pārmaiņas atmosfēras cirkulācijas procesos (Chen and Hellström, 1999; Fu et al., 1999), kā arī pārmaiņas citos klimata raksturlielumos, piemēram, mākoņainības palielināšanās, kas ir saistīta ar gaisa temperatūru ekstrēmumu pieaugumu, īpaši aukstajā sezonā (Tuomenvirta et al., 2000). Tajā pašā laikā tika arī konstatēts, ka analizējot ilgāku laika periodu, piemēram, sākot no 20. gs. sākuma vai vidus, gaisa temperatūru pārmaiņu tendences ir atšķirīgas. Tas liecina, ka labākai klimata pārmaiņu procesu izpratnei, ir nepieciešamas pēc iespējas garākas instrumentālās novērojumu rindas.

3.4. Atmosfēras nokrišņu pārmaiņu analīze

Atmosfēras nokrišņu summas (indekss RR). Gada vidējā atmosfēras nokrišņu summa pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitātes novērojumu datiem klimatiskās normas periodā (1961.-1990.g.) ir 708 mm. Ilggadīgā laika periodā reģistrētas ievērojami lielas gada atmosfēras nokrišņu summu novirzes no normas. Gada nokrišņu summu svārstības ilggadīgā laika periodā (1851.-2006.g.) ir bijušas no 940 mm (1928.g.) līdz 424 mm (318.4 mm pēc oriģinālajiem novērojumu datiem) (1868.g). Vismazākais nokrišņu daudzums novērots laika periodā, kuram pēc analīzes rezultātiem tika konstatētas nehomogenitātes (2.3.1. nodaļa) un, novērojumu datiem tika piemērotas aprēķinātās korekcijas. Tomēr 1868.g. garajā novērojumu vēsturē arvien ir palicis kā sausākais gads. J. Barloti (1932) atzīmēja, ka šis gads tiek dēvēts par “sauso gadu” un pēc nostāstiem šī gada vasarā dažos Latvijas rajonos lietus netika reģistrēts vairākus mēnešus pēc kārtas.

Gada un sezonu atmosfēras nokrišņu summu pārmaiņu analīzes rezultāti apkopoti 3.4.1. tabulā.

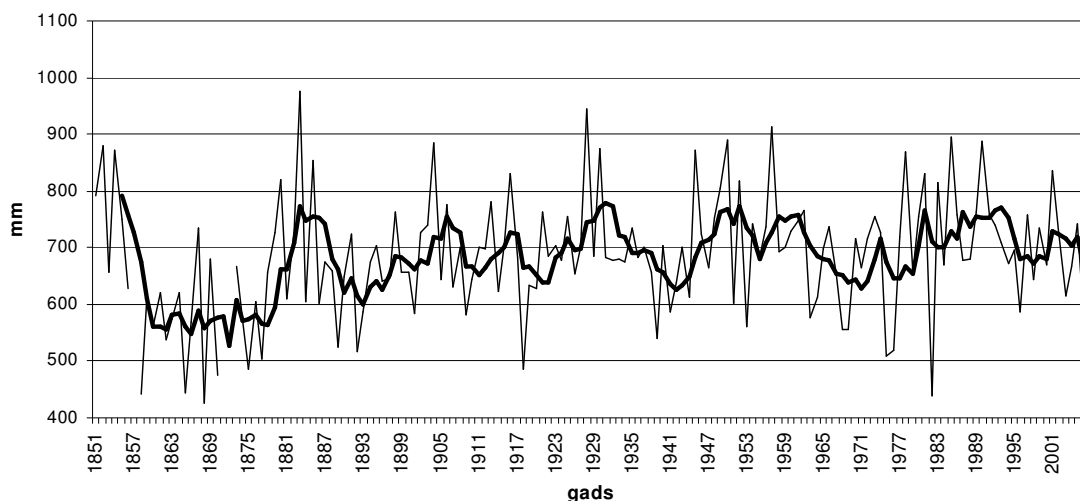
Atmosfēras nokrišņu summu (1851.-2006.) izmaiņu būtiskums un lielums (%)
(izceltajām vērtībām $p \leq 0.05$)

T – Manna-Kendala testa vērtība

I - atmosfēras nokrišņu izmaiņu lielums norādītajā periodā (%)

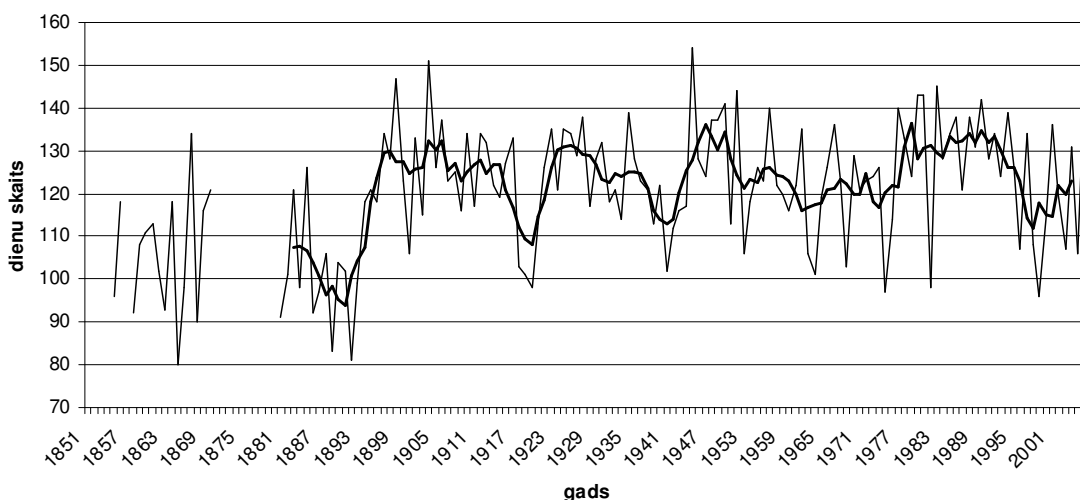
Sezona, gads	1851.-2006.		1891.-2006.		1925.-2006.	
	T	I	T	I	T	I
Ziema	3.14	26	1.68	11	1.85	20
Pavasaris	0.94	11	-0.20	-2	-1.87	-16
Vasara	-0.34	-3	-1.18	-11	0.30	4
Rudens	2.90	21	2.54	21	0.30	-4
Oktobris- marts	3.46	24	1.84	14	1.70	10
Aprīlis- septembris	0.85	5	-0.52	-3	-0.17	-9
Gads	3.13	11	1.32	5	0.13	2

Atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa pārmaiņas tika analizētas trīs dažādos laika periodos. Šie atsevišķie laika periodi tika izvēlēti, lai salīdzinātu dažādu laika periodu ietekmi uz novēroto nokrišņu pārmaiņu tendenci. Visā novērojumu periodā nokrišņu summas palielinājās būtiski gadā kopumā, ziemas un rudens periodā. Līdzīgus rezultātus parāda arī nokrišņu pārmaiņu analīze laika periodam no 19. gs. beigām, kad novērojumu veikšanai sāka izmantot nokrišņu mēru ar vēja aizsargu. Līdz ar to var secināt, ka kopumā iespējamās nokrišņu novērojumu rindas nehomogenitātes, kas saistītas ar dažādu instrumentu izmantošanu novērojumu perioda sākumā, būtiski nav ietekmējušas kopējo nokrišņu pārmaiņu tendenci. Šie rezultāti saskan ar pētījumu rezultātiem Igaunijā, kas parādīja, ka laika periodā 1866.-1995.g. būtiskākais atmosfēras nokrišņu pieaugums novērots ziemas un rudens periodā, bet pavasarī un vasarā izmaiņu tendences nav statistiski nozīmīgas (Jaagus, 1996, 1998). Analizējot atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa pārmaiņas, būtisks rezultātus ietekmējošais faktors bija izvēlēta perioda sākums un beigas. 3.4.1. attēlā parādīta gada atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa izmaiņas. Līdz ar kopīgo pieauguma tendenci, atmosfēras nokrišņiem bija raksturīgs izmaiņu periodiskums un svārstības, kad salīdzinoši mitru gadu periodi mijas ar sausu gadu periodiem. Kā parādīja datu analīze, periods ar vismazāko nokrišņu daudzumu ir bijis laikā no 19. gs. 50-to gadu beigām līdz 70-to gadu otrajai pusei, kas būtiski ietekmēja kopīgo pārmaiņu tendenci. 20. gs. laikā straujš atmosfēras nokrišņu pieaugums noticis no 1940-tajiem līdz 1990-tajiem gadiem, kas sakrīt ar analīzes rezultātiem Somijā (Heino et al., 2008). Igaunijā, lietojot spektrālanalīzes metodi, tika konstatēts atmosfēras nokrišņu izmaiņu cikls 50-60, 25-33 un 5-7 gadi (Jaagus and Tarand, 1998). Arī atmosfēras nokrišņu ilgtermiņa analīzes rezultāti parādīja, ka, lai iegūtu priekšstatu par atmosfēras nokrišņu pārmaiņām, ir nepieciešamas pēc iespējas garākas novērojumu datu rindas. Tā kā atmosfēras nokrišņi ir viens no tiem elementiem, kuru rindu homogenitāti lielā mērā ietekmē novērojumu instrumentu un metožu maiņa, ir nepieciešama turpmāka analīze atmosfēras novērojumu datu rindas homogenitātes izvērtējumam.



3.4.1. att. Gada atmosfēras nokrišņu summas ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

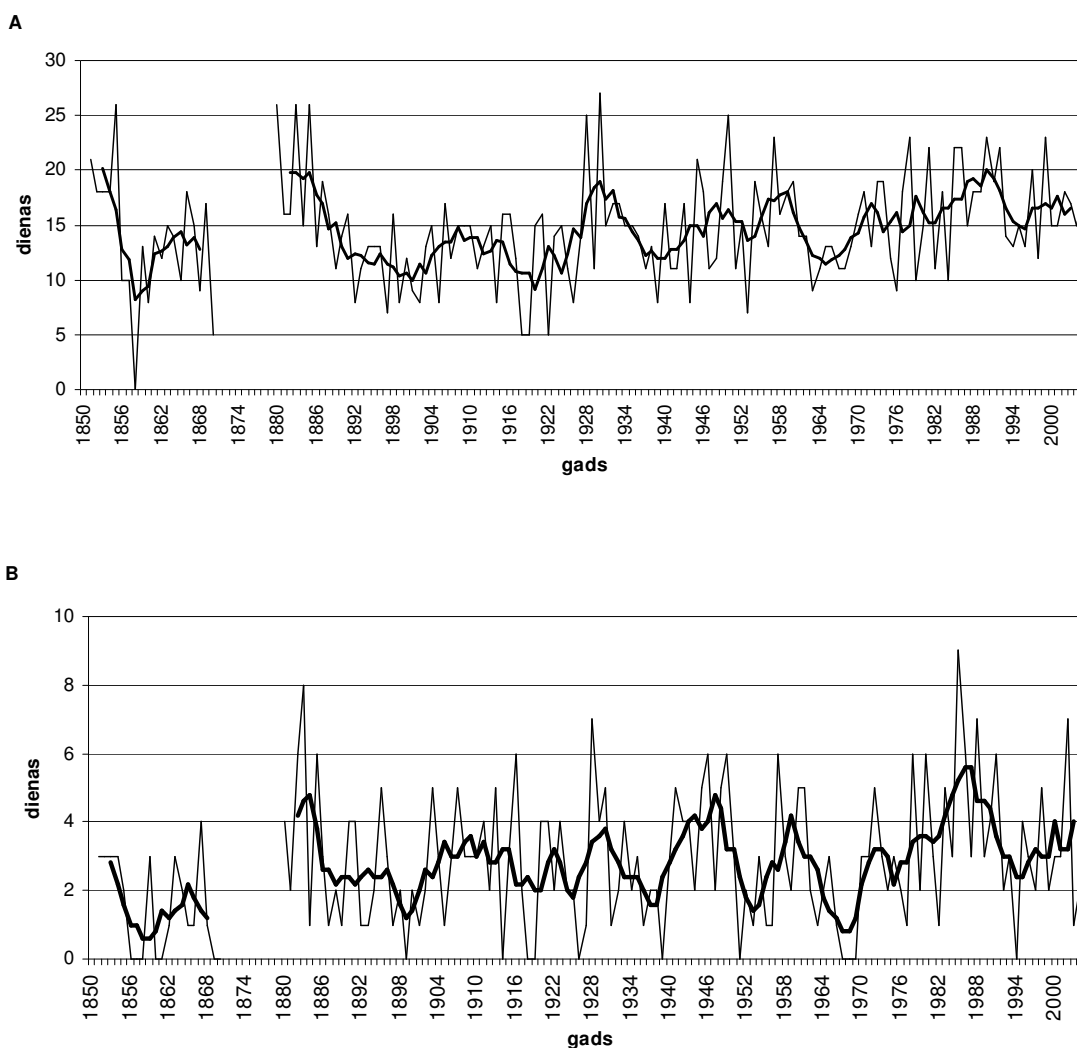
Mitrās dienas (indekss RRI). Dienu skaita ar nokrišņiem analīzēm visbiežāk tiek izmantots dienu skaits, kurās atmosfēras nokrišņu daudzums ir lielāks vai vienāds par 0.1 mm vai 1.0 mm. Tā kā diennakts nokrišņu daudzums 0.1 mm ir ļoti jūtīgs rādītājs, kas saistīts ar novērojumu izdarīšanas precizitāti, tad, lai analizētu dienu skaitu ar nokrišņiem, tika izmantotas dienas ar nokrišņu daudzumu lielāku par 1.0 mm. Pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte novērojumu datiem normas periodā 1961.-1990.g. vidēji gadā 125 dienas tiek novēroti nokrišņi, kuru diennakts summa ir vienāda vai lielāka ar 1.0 mm. Visvairāk lietaino dienu reģistrētas 1945.g. (154 dienas), vismazāk – 80 dienas 1865.g. Mitro dienu skaita izmaiņu attēlojums parāda strauju mitro dienu skaita pieaugumu 19. gs. 90-to gadu sākumā, kad sāka izmantot nokrišņu mēru ar vēja aizsargu. Šis fakts liecina par izmantoto instrumentu būtisko ietekmi uz atmosfēras nokrišņu mērījumiem. Veikto datu analīze parādīja, ka laikā no 20. gs. sākuma būtiskas izmaiņas mitro dienu skaitā nav notikušas (3.4.2. attēls).



3.4.2. att. Mitro dienu skaita ilgtermiņa izmaiņas Rīgā

Dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem un ļoti intensīviem nokrišņiem (indeksi R10mm un R20mm). Lai analizētu intensīvo nokrišņu izmaiņas, tika izmantots dienu skaits, kurās diennakts nokrišņu summa ir lielāka par 10 mm un dienu skaits, kurās diennakts nokrišņu summa ir lielāka par 20 mm (3.4.3. attēls). Līdzīgi kā gada nokrišņu ilgtermiņa gaitai, arī atmosfēras nokrišņu ekstrēmo lielumu rādītājiem raksturīgas cikliskas svārstības ilggadīgā laika periodā, kas ir spilgtāk izteiktas nekā lineārās pārmaiņas. Tomēr Manna-Kendala statistiskā testa rezultāti parādīja, ka gan dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem, gan dienu skaits ar ļoti intensīviem nokrišņiem, ir palielinājies, un šī tendence bija statistiski būtiska. Visā novērojumu periodā 1851.-2006. g. Manna-Kendala testa statistikas vērtības ir 2.27 dienu kaitam ar intensīviem nokrišņiem un 2.73 dienu skaitam ar ļoti intensīviem nokrišņiem, bet laika periodā 1891.-2006. g. šīs vērtības attiecīgi ir 3.81 un 1.70.

Arī globālā mērogā dienu skaitam ar nokrišņiem lielākiem par 10 mm ir tendence palielināties (Frich et al., 2002), turpretim Eiropā tikai dažas stacijas parāda nozīmīgus pozitīvus trendus (Heino et al., 1999).

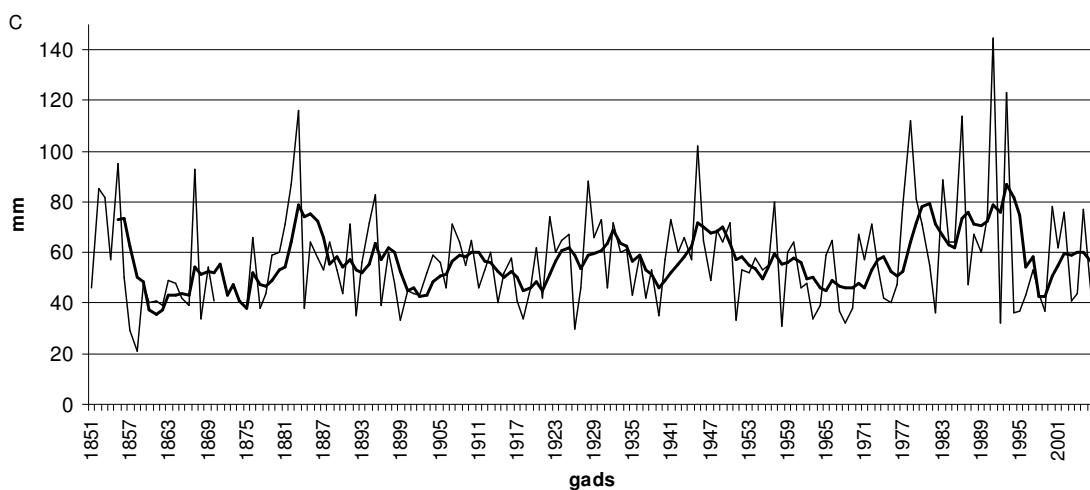
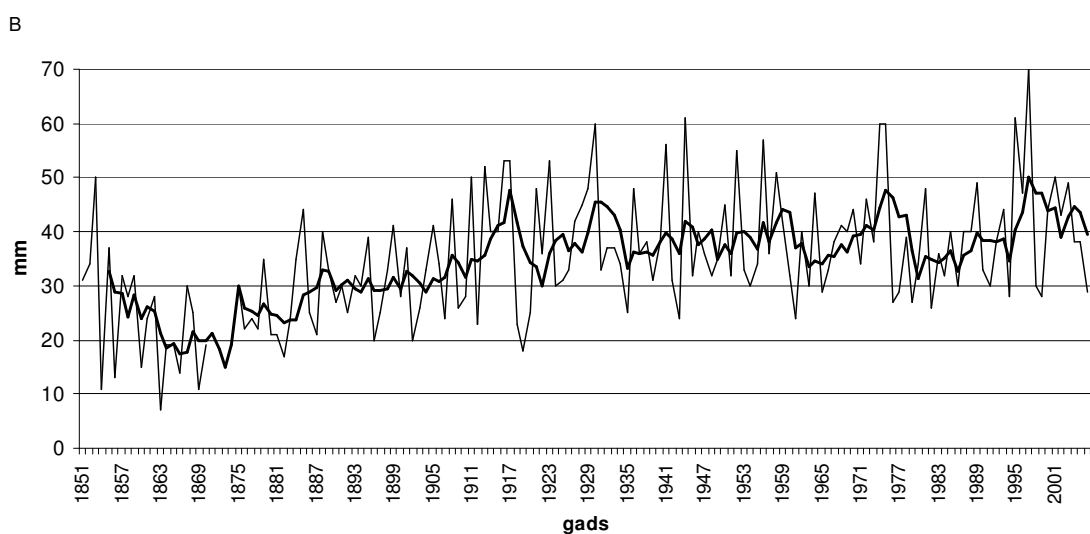
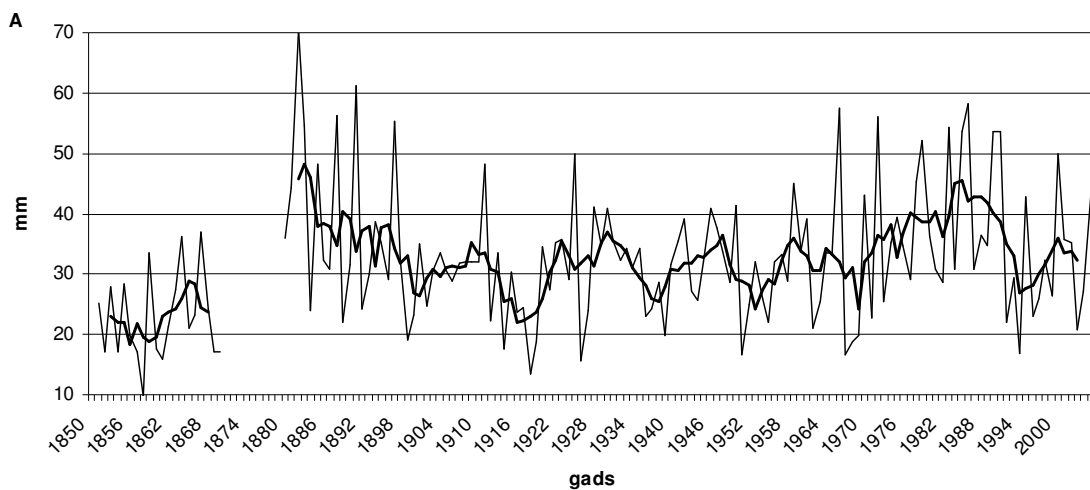


3.4.3. att. Dienu skaita ar intensīviem nokrišņiem (A) un dienu skaita ar ļoti intensīviem nokrišņiem (B) ilgtermiņa pārmaiņas Rīgā

1 diennakts un 5 diennakšu maksimālais nokrišņu daudzums (indeksi RX1 un RX5). Liels nokrišņu daudzums, kas izkrīt īsā laika periodā, var nodarīt lielus zaudējumus lauksaimniecībai un citām tautsaimniecības nozarēm, piemēram, izraisīt plūdus. Lai noteiktu, kā ilggadīgā laika periodā mainījies intensīvo atmosfēras nokrišņu raksturs, tika analizētas indeksu RX1 un RX5 ilgtermiņa izmaiņas. Diennakts maksimālo nokrišņu daudzumu parasti novēro siltajā sezonā un to izkrišana ir saistīta ar atmosfēras konvektīvajiem procesiem. Kā tika atzīmēts iepriekš, maksimālā diennakts nokrišņu summa Rīgā reģistrēta 1872. gada 29. jūnijā, kad vienas diennakts laikā izlijušais nokrišņu daudzums sasniedz 124 mm. Atmosfēras nokrišņu instrumentālo novērojumu pašā sākuma periodā reģistrēti ievērojami mazāki diennakts maksimālie nokrišņu daudzumi kā vēlākajā laika periodā (3.4.3. att.). Kopumā maksimālajām diennakts nokrišņu daudzuma izmaiņām ir raksturīga pakāpeniska samazināšanās laikā no 19. gs. 80-tajiem gadiem līdz 20. gs. sākumam un to pieaugums no 50-to gadu sākuma līdz 90-tajiem gadiem. Konstatētās pārmaiņas varētu daļēji būt saistītas ar novērojumu datu rindas nehomogenitāti, īpaši novērojums perioda sākumā, tādēļ nepieciešams turpmāk veikt papildus nokrišņu datu rindu, īpaši ekstremālo to vērtību, homogenitātes izvērtējumu.

5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums būtiski palielinājies aukstajā sezonā (3.4.4. att. B), bet lineāras izmaiņas nav raksturīgas siltajam pusgadam (3.4.4. att. C). Laika periodā no 1851. g. 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums aukstajā pusgadā ir palielinājies par 18 mm (Manna-Kendala testa vērtība 5.73), bet laika periodā no 1991. g. par - 8 mm (Manna-Kendala testa vērtība 2.37). Grafiskais attēlojums labi parāda, ka visstraujāk 5 dienu nokrišņu summas ir palielinājušās laikā no 19. gs. otrās puses līdz 20. gs. sākumam, kas ietekmē kopējo pozitīvo tendenci, bet vēlākā laika periodā būtiski nav mainījušās. Savukārt siltajā laika periodā līdz 20. gs. 70-tajiem gadiem vērojami tikai atsevišķi gadi, kuros 5 dienu nokrišņu daudzums ir bijis ievērojami lielāks kā pārējā laikā. Uz kopējā fona labi iezīmējas 20. gs. 80-tie gadi, kad kopumā siltajā pusgadā 5 dienu maksimālās nokrišņu summas bijušas lielākas kā citos gados.

Līdzšinējie pētījumi Eiropā ir parādījuši, ka maksimālajam 1 dienas nokrišņu daudzumam ir dažādas izmaiņu tendences (pozitīvas un negatīvas) vai arī raksturīgas nenozīmīgas pārmaiņas gan Skandināvijas valstīs, gan Austrumeiropā (Heino et al., 1999, 2008), līdz ar to viennozīmīga tendence nav konstatēta. 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums Baltijas jūras reģionā ir palielinājies ziemas periodā, bet samazinājies vai nav mainījies vasaras periodā (Heino, 2008).



3.4.4. att. Nokrišņu ekstrēmumu ilgtermiņa pārmaiņas Rīgā: 1 dienas maksimālais nokrišņu daudzums (A), 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums aukstajā pusgadā (B) un 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums siltajā pusgadā (C).

Ekstremāli mitrā. ļoti mitrās un mēreni mitrās dienas (indeksi R99p, R95p un R75p). Šo atmosfēras nokrišņu ekstrēmumu noteikšana balstīta uz diennakts nokrišņu daudzuma salīdzināšanu ar aprēķinātajām diennakts nokrišņu procentilēm klimatiskajam normas periodam 1961.-1990.g. (3.4.2. tabula).

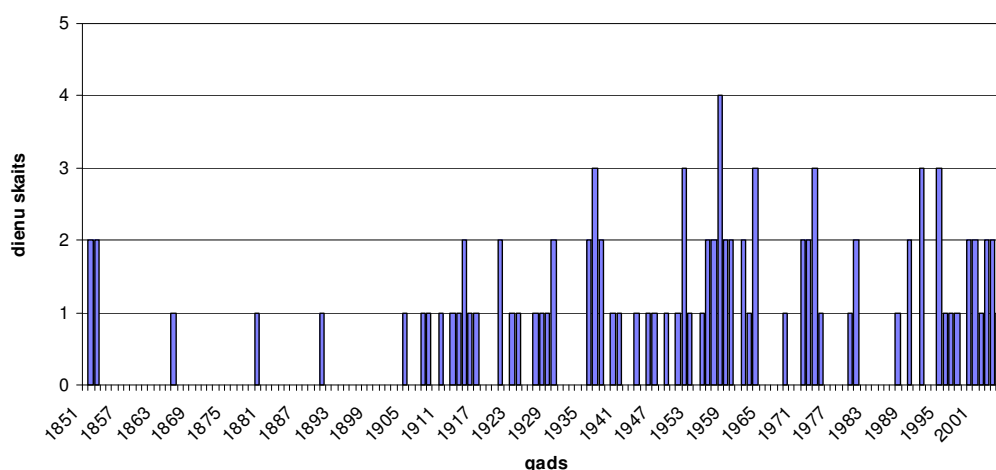
3.4.2. tabula

Diennakts nokrišņu summu procentiņu vērtības (mm)

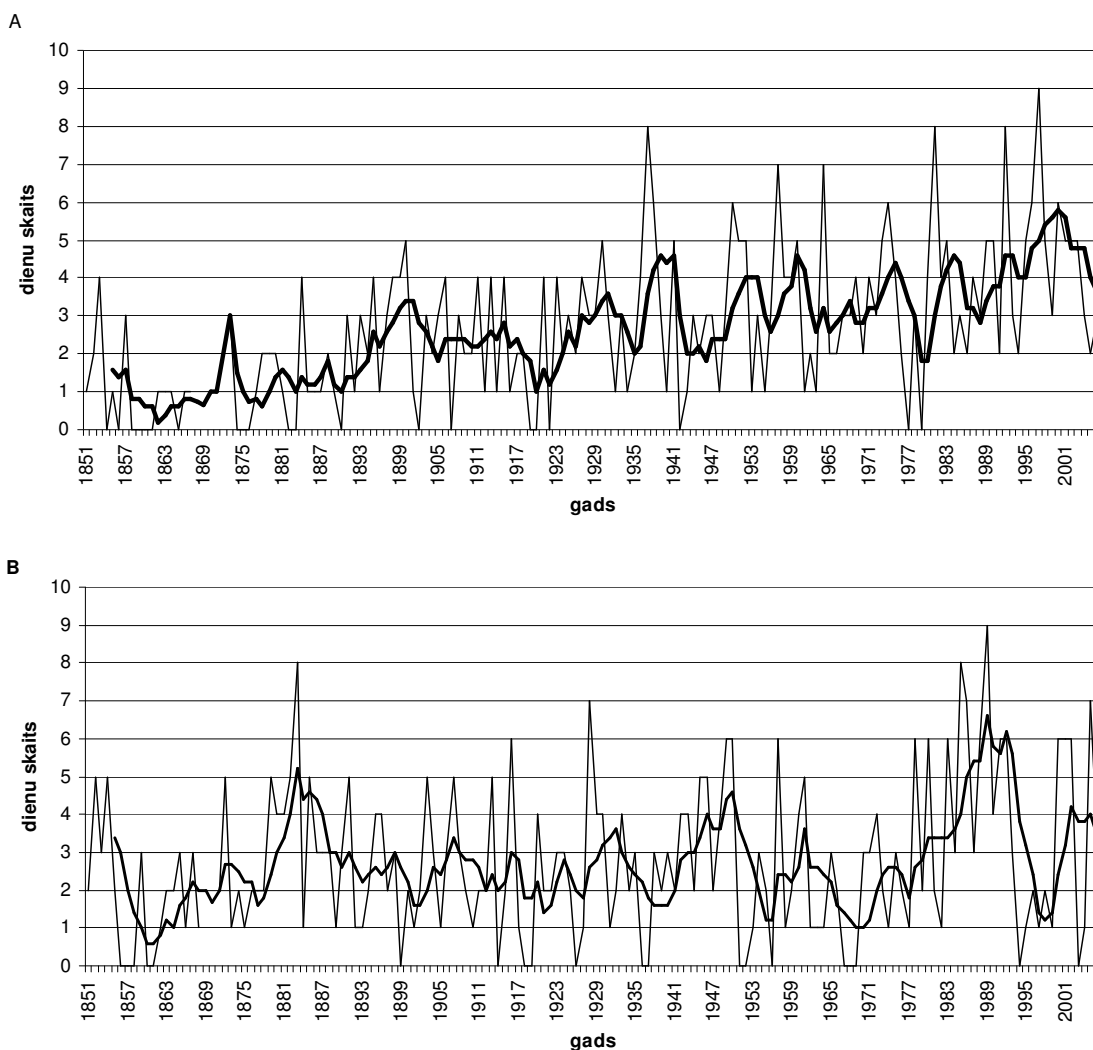
Sezona	75-tā procentile	95-tā procentile	99-tā procentile
Oktobris-marts	5.4	11.1	17.1
Aprīlis-septembris	8.2	20.0	38.5

Analīzes rezultāti parādīja, ka diennaktis, kurās nokrišņu daudzums ir lielāks par 99-to procentili gan aukstajā, gan siltajā sezonā tiek novērotas ne katru gadu un visbiežāk tikai 1-2 reizes gadā, bet atsevišķos gados 3-4 reizes. Tādēļ nozīmīgas pārmaiņu tendences šim ekstremālo nokrišņu rādītājam netika atrastas. Tomēr tika konstatēts, ka aukstajā gada laikā ekstremāli mitro dienu skaits 20. gs. gaitā tiek novērots biežāk kā 19.gs. (3.4.5. att.)

Ļoti mitro dienu skaitam vairāk kā 150 gadu ilgā novērojumu periodā tika konstatēts nozīmīgs pozitīvs trends gan siltajā pusgadā (Manna-Kendala testa vērtība 1.69), gan aukstajā pusgadā (Manna-Kendala testa vērtība 6.65). Aukstajā sezonā visā novērojumu perioda garumā raksturīgs ļoti mitro dienu skaita pieaugums uz starp gadu svārstību fona. Savukārt siltajā gada laikā vairāk raksturīgas periodiskas ļoti mitro dienu skaita svārstības un kopējo pozitīvo tendenci ietekmēja salīdzinoši lielais dienu skaits ar ļoti mitrajām dienām 20.gs. 80-tajos gados (3.4.6. att.).

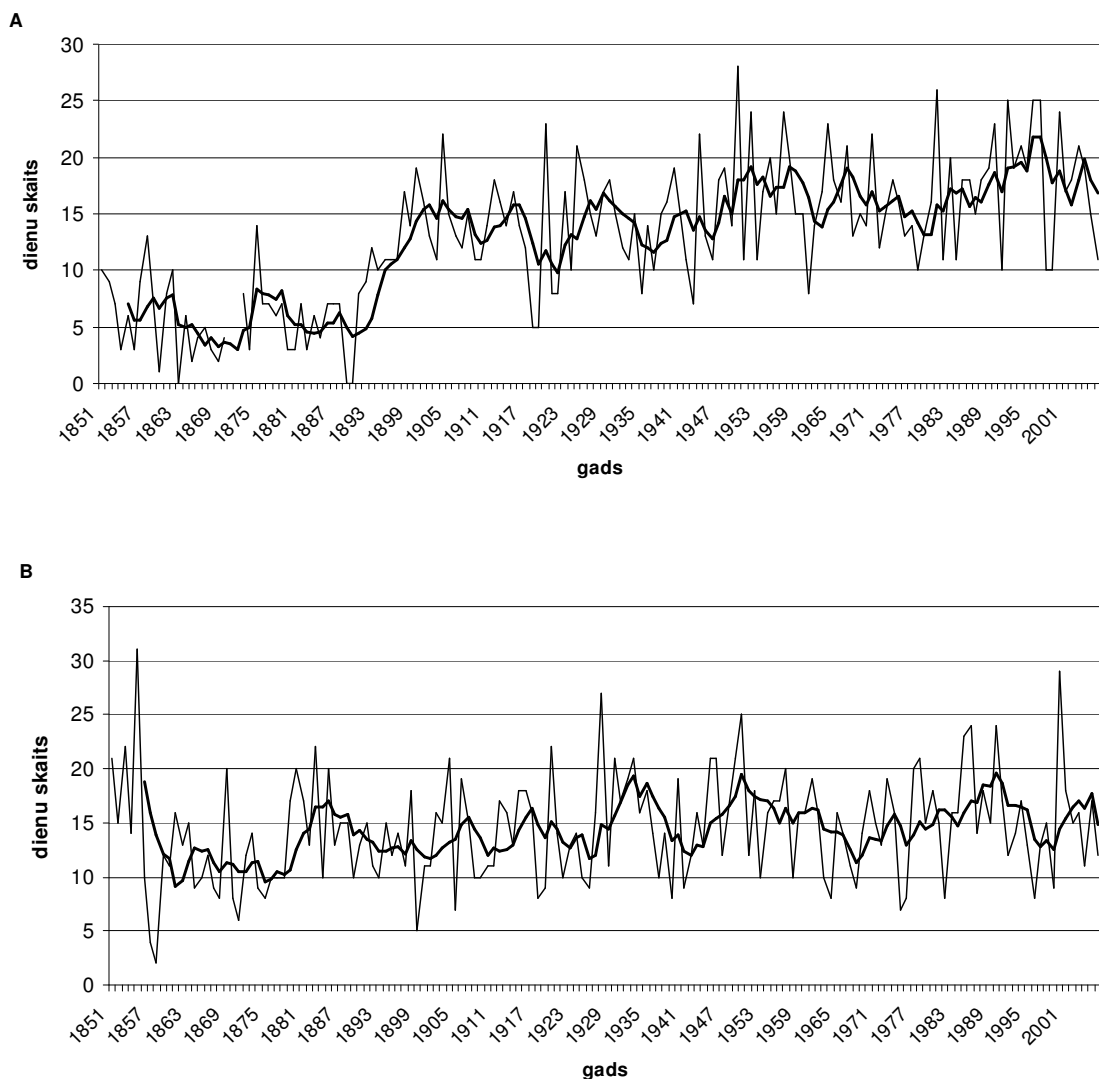


3.4.5. att. Ekstremāli mitro (R99P) dienu skaits aukstajā pusgadā Rīgā



3.4.6. att. Ļoti mitro dienu skaita (R95p) ilgtermiņa izmaiņas aukstajā (A) un siltajā (B) gada laikā Rīgā

Mēreni mitro dienu skaits ilggadīgā laika periodā ir palielinājies gan aukstajā, gan siltajā gada laikā (3.4.7. att.). Līdzīgi kā ļoti mitrajām dienām, arī mēreni mitro dienu skaita pieaugums vairāk raksturīgs aukstajam pusgadam. Bez tam bija vērojamas straujas lēcienveida šī parametra pārmaiņas 19.gs. 90-tajos gados, kas varētu būt saistītas ar instrumentu maiņas ietekmi uz izmērītajām diennakts nokrišņu summām. Neskatoties uz to, laika periodā no 19.gs. 90-tajiem gadiem noticis būtisks mēreni mitro dienu skaita pieaugums par 2.5 dienām (Manna-Kendala testa vērtība 3.39). Siltajā laika periodā mitro dienu skaitam vairāk bija raksturīgas cikliskas pārmaiņas, un statistiski nozīmīgas lineāras izmaiņas netika konstatētas (3.4.7. att.). Iegūtie rezultāti atbilst pētījumiem par ekstremālo nokrišņu daudzuma izmaiņām Eiropā, kas liecina, ka 20.gs. laikā ekstremālo nokrišņu rādītāji parāda pozitīvus trendus, īpaši ziemas sezonā (Groisman et al., 2005).



3.4.7. att. Mitro dienu skaita (R75p) ilgtermiņa izmaiņas aukstajā (A) un siltajā (B) gada laikā Rīgā

Gan kopējais nokrišņu daudzumam, gan ekstremālo nokrišņu indeksiem, tika konstatētas pozitīva izmaiņu tendences, bez tam būtiskākas un lielākas šīs izmaiņas tika konstatētas aukstajā gada laikā. Pētījumi liecina, ka nokrišņu daudzuma palielināšanās ir galvenokārt saistīta ar izmaiņām atmosfēras cirkulācijas īpatnībās, īpaši ziemas periodā, kas saistīts ar biežākiem rietumu vējiem un pastiprinātu ciklonu darbību Eiropas teritorijā (Hanssen-Bauer and Førlund, 2000; Busuioc et al., 2001; Schmith 2001). Arī Latvijā 20. gs. otrajā pusē atmosfēras nokrišņu svārstības tiek saistītas ar atmosfēras Ziemeļatlantijas oscilācijas indeksa svārstībām (Briede and Lizuma, 2007).

SECINĀJUMI

1. Rīgas pilsētas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu režīmu galvenie ietekmējošie faktori ir Saules radiācija, atmosfēras cirkulācija un to sezonālās atšķirības, kā arī pilsētas vide.

1.1. Rīgas pilsētas teritorijā raksturīgs gaisa temperatūras atšķirības, kam ir izteikts sezonāls raksturs. Vidējās gaisa temperatūras atšķirības jeb pilsētas siltuma salas intensitāte Rīgā gadā ir **0.5⁰C** (augstākās vērtības maijā, jūnijā un jūlijā 1.1-1.0⁰C, zemākās oktobrī, novembrī, decembrī un janvārī 0.1⁰C).

1.2. Pilsētas siltuma salai ir raksturīga labi izteikta diennakts gaita ar diviem maksimumiem un diviem minimumiem, kas visspilgtāk izpaužas siltajā sezonā no aprīļa līdz septembrim. Vislielākās gaisa temperatūras atšķirības tiek novērotas nakts periodā līdz saules lēktam un pusdienlaikā.

1.3. Rīgas pilsētas teritorijā raksturīgas atmosfēras nokrišņu atšķirības ar izteiktu sezonālu raksturu. Pilsētas centrālajā daļā vidēji izkrīt par **11%** vairāk nokrišņu kā piepilsētas teritorijā. Ziemas periodā pilsētas centrālajā daļā vidēji nokrišņu ir par 20-25% vairāk, bet vasarā par 8-9% vairāk.

1.4. Ilggadīgo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu rindu analīzes rezultātā tika atrasti jauni gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu ekstremālo lielumu rekordi Rīgas pilsētā un Latvijā. Gaisa temperatūras absolūtais maksimums **+38.3⁰C** reģistrēts Rīgā 1858. g. 21. jūlijā, kas ir augstākā instrumentāli reģistrētā gaisa temperatūra Latvijas teritorijā. Maksimālais diennakts nokrišņu daudzums **124.25** mm Rīgā novērots 1872. gada 29. jūnijā, kas ir jauns diennakts atmosfēras nokrišņu summas rekords Rīgas pilsētai.

2. Ilggadīgo gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu novērojumu rindu kvalitāti būtiski ir ietekmējušas pārmaiņas novērojumu instrumentos, novērojumu laikos un novērojumu vietas maiņa.

2.1. Gaisa temperatūras novērojumu datu rindu kvalitāti visvairāk ir ietekmējusi novērojumu laika maiņas (vidējais diennakts gaisa temperatūrai) un novērojumu vietas maiņas (diennakts vidējai, maksimālajai un minimālajai gaisa temperatūrai). Lielākie korekcijas faktori tika atrasti siltajai sezonai. Maksimālie korekcijas faktori vidējai mēneša gaisa temperatūrai $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$, vidējai maksimālajai mēneša gaisa temperatūrai $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ un vidējai minimālajai gaisa temperatūrai $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$.

2.2. Atmosfēras nokrišņu novērojumu kvalitāti visbūtiskāk ietekmējušas instrumentu maiņa un novērojumu metodikas izmaiņas (saslapinājuma koeficients). Vislielākās nehomogenitātes līdz 50% atmosfēras nokrišņiem tika konstatētas ziemas periodā novērojumu sākuma periodā.

2.3. Statistiskās homogenitātes metodes SNHT un MASH ir piemērotas ilgtermiņa gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu datu homogenitātes izvērtēšanai, ja ir pietiekami daudz kvalitatīvu atbalsta staciju, ar kurām novērojumu datus salīdzināt. Sakarā ar atbalsta staciju trūkumu senākajā novērojumu laka periodā, detalizētu un vispusīgu homogenitātes izvērtējumu novērojumu stacijai Rīga-Universitāte bija iespējams veikt laika periodam no 20. gs. sākuma. Nepieciešami turpmāk pētījumi senāko novērojumu datu homogenitātes izvērtējumam.

3. Latvijā kopumā un Rīgā ilggadīgā laika periodā notikušas būtiskas gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu pārmaiņas:

3.1. Laika periodā 1795.-2006. g. pēc novērojumu stacijas Rīga-Universitāte datiem vidējā gada gaisa temperatūra ir pieaugusi par **1.1⁰C**, vidējā ziemas gaisa temperatūra par **1.7⁰C**, vidējā pavasara gaisa temperatūra par **1.6⁰C**, vidējā vasaras gaisa temperatūra par **0.3⁰C**, vidējā rudens gaisa temperatūra par **0.4⁰C**. Straujāk pieaugušas vidējās minimālās gaisa temperatūras kā vidējās maksimālās gaisa temperatūras. Laika periodā 1851-2006. g. vidējā minimālā gaisa temperatūra ir paaugstināties par **1.9⁰C**, bet vidējā maksimālā – par **0.9⁰C**. Gaisa temperatūras paaugstināšanās tendence īpaši izteikta 20. gs. otrajā pusē, sākot no 60-70-tajiem gadiem.

3.2. Laika periodā no 19. gs. vidus strauji samazinājušās diennakts gaisa temperatūras amplitūdas, kas visspilgtāk izteiktas pavasara, vasaras un rudens periodos.

3.3. Notikušas būtiskas pārmaiņas sezonalitātes rādītājos: a) pieaugušas augšanas grādu dienu vērtības, bez tam šī tendence visspilgtāk izteikta kopš 20. gs. sākuma. Laika periodā 1900.-2006.g. augšanas grādu dienu vērtības palielinājušās par **367⁰C** un augšanas sezonas garums – par **26 dienām**; b) sala dienu skaits gadā samazinājies par **30 dienām** (1851.-2006.). Ziemas periodā sala dienu samazināšanās tendence īpaši spilgti izteikta sākot ar 20.gs. 70-tajiem gadiem; c) apkures grādu dienas samazinājušās par **365⁰C**, tendence spilgtāk izteikta laikā no 20.gs. sākuma.

3.4. Notikušas būtiskas pārmaiņas gaisa temperatūras ekstremālajos lielumos: Kopumā gada griezumā siltās diennaktis vairāk kā 200 gadu laika periodā ir palielinājušās par **17**, bet aukstās diennaktis samazinājušās par **25**; auksto dienu skaits ir samazinājies par **32**, bet silto dienu skaits pieaudzis par **21** (1851-2006.g.); ekstremāli auksto nakšu skaits samazinājies par **46**, bet ekstremāli silto nakšu skaits pieaudzis par **31** (1851.-2006.g.). Kopumā tendence labi izteikta visās sezonās, īpaši ziemā un pavasarī.

3.5. Nokrišņiem, atšķirībā no gaisa temperatūras, ilggadīgā griezumā izteiktas lielākas cikliskas svārstības. Kopumā gada nokrišņu daudzums ir palielinājies par **11%** (1851.-2006.g.), un šī nokrišņu pieauguma tendence visspilgtāk izteikta aukstajam gada laikam (oktobris-marts) – par **26%**.

3.6. Tika konstatētas būtiskas pārmaiņas atmosfēras nokrišņu ekstremālajos lielumos: palielinājies dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem; pieaudzis mitro un ļoti mitro dienu skaits, sevišķi ziemas sezonā, palielinājies 5 dienu maksimālais nokrišņu daudzums.

3.7. Atsevišķos gadījumos, kad vidējai vērtībai netika konstatētas būtiskas izmaiņas, tās tika atrastas gaisa temperatūras ekstremālajiem rādītājiem. Tas liecina par to, ka klimata indeksi, īpaši ekstremālo lieumu rādītāji, sniedz detalizētāku un precīzāku informāciju par pārmaiņām klimata raksturlielumos, kas ir saistīti ar globālajām klimata pārmaiņām.

3.8. Neskatoties uz iespējamajām nehomogenitātēm, klimata pārmaiņu pētījumos nepieciešams izmantot pēc iespējas garākas novērojumu datu rindas, jo tās dod vispusīgāku informāciju par klimata sistēmu pārmaiņām un svārstībām.

LITERATŪRA

- Ahas, A., Jaagus J., Aasa, A. (2000) The phenological Calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *Int. J. Climatol.*, 44, 159-166.
- 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. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden P.J., Hanson, C.E. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 541-580.
- Aleksandersson, H. and Moberg, A. (1997) Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *Int. J. Climatol.*, 17, 25-34.
- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C, Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Kumar, K.R., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., Vazquez-Aguirre, J.L. (2006) Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S., Manes, A. (2002) The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophys. Res. Lett.*, 29(11), 1536 doi:10.1029/2001GL013554.
- Arhipova, I. un Bāliņa, S. (2003) Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel. Datorzinību centrs. 250 lpp.
- Atkinson, B.W. (1971) The effect of an urban area on the precipitation from a moving thunderstorm. *J. Appl. Meteorol.*, 10, 47-55.
- Barloti, J. (1932) Nokrišņi Latvijā 1922.-1931.g. Latvijas Valsts meteoroloģiskais birojs No. 2., 149 lpp.
- Begert, M., Schlegel, T., Kirchhofer, W. (2005) Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *Int. J. Climatol.*, 25, 65-80.
- Beniston, M. (2004) The 2003 heat waves in Europe. A shape of things to come? *Geophys.Res.Lett.*, 31, 2022-2026.
- Böhm, R., Auer I., Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T. and Schöner, W. (2001) Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series. *Int. J. Climatol.*, 21, 1779-1801.
- Brazel, A., Solover, N., Russel, V., Heisler, G. (2000) The tail of two climates – Baltimore and Pheonix urban LTER sites. *Clim. Res.*, 15, 123-135.
- Briede, A. and Lizuma, L. (2007) Long-term Variability of Precipitation in the territory of Latvia. In: *Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 35-44.
- Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B., Jones, P.D. (2006) Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, 111, D12106 doi:10.1029/2005JD006548

- Brown, B.G., Katz, R.W. (1995) Regional analyses of temperature extremes: Spatial analog for climate change? *J. Clim.*, 8, 108-119.
- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P., Sigró, J., Aguilar, E., Moberg, A., Lister, D., Walther, A., Lopez, D., Almarza, C. (2006) The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003). *Int. J. Climatol.*, 26, 1777–1802.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (2000a) Precipitation intensity trends in Northern Italy. *Int. J. Climatol.*, 20, 1017-1031.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (2000b) Trends in minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theor. Appl. Climatol.*, 66, 49-60.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., Nanni, T. (2004) Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *J. Geophys. Res.*, 109, D05102, doi:10.1029/2003JD004296.
- Busuioc, A., Chen, D., Hellström, C. (2001) Temporal and spatial variability of precipitation in Sweden and its links with the large scale atmospheric circulation. *Tellus*, 53 A (3), 348-367
- Changnon, S. A. (1969) Recent studies of urban effects on precipitation in the United States. *Am. Meteorol. Soc.*, 411–421.
- Chen, D. and Hellström, C. (1999) The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden: Spatial and temporal variations. *Tellus*, 51A, 505-516.
- Chen, D. (2000) A monthly climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study. *Int. J. Climatol.*, 20, 1067–1076.
- Correspondenzblatt des Naturforschenden Vereins zu Riga (1850-1920).*
- Della-Marta, P. M. (2006) A method of homogenizing the extremes and mean of daily temperatures over Canada. *Journal of Climate*, 15, 1322-1334.
- Dettwiller, J.W., Changnon, S.A. (1976) Possible urban effects on maximum daily rainfall at Paris, St. Louis, and Chicago. *Jour. Appl. Meteorol.*, 15, 517–519.
- de’Donato, F.K., Stafoggia, M., Rognoni, M., Poncino, S., Caranci, N., Bisanti, L. Demaria, M.F., Michelozzi, P., Pelosini, R., and Perucci, C.A. (2008) Airport and city-centre temperatures in the evaluation of the association between heat and mortality. *Int.J. Biomet.*, 52(4), 301-310.
- Dore, M.H.I. (2005) Climate changes and changes in global precipitation patterns: What we know? *Environment International*, 31, 1167-1181.
- Draveniece, A. (2007) Okeāniskās un kontinentālās gaisa masas Latvijā. *Latvijas veģetācija*, 14, 135 lpp.
- Draveniece, A., Briede, A., Radionovs, V., Kļaviņš, M. (2007) Long-term changes of snow cover in Latvia as an indicator of climate variability. *In: Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 73-85.
- Ducré-Robitaille, J.F., Vincent, L.A., Boulet, G. (2003) Comparison of techniques for detecting of discontinuities in temperature series. *Int. J. Climatol.*, 23, 1087-1101.

- Esterling, D.R., and Peterson, T.C. (1995a) A new method for detecting and adjusting for undocumented discontinuities in climatological time series. *Int. J. Climatol.*, 15, 369-377.
- Esterling, D.R. and Peterson, T.C. (1995b) The effect of artificial discontinuities on recent trends in minimum and maximum temperatures. *Atmos. Res.*, 37, 19-26.
- Esterling, D.R. and Kates, R.W. (1995c) Indexes of leading climate indicators for impact assessment. *Climatic Change*, 31 (2-4), 623-648.
- Esterling, D.R., Evans, J.L., Groisman, P.Ya., Karl, T.R., Kunkel, K.E., Ambenje, P. (2000) Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A brief Review. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 81, 417-425.
- Førland, E.J., Allerup, P., Dahlstrøm, B., Elomaa, E., Jonsson, T., Madsen, H., Per, J., Rissanen, P., Vedin, H., Vejen, F. (1996) Manual for Operational Correction of Nordic Precipitation data. *DNMI-Reports 24/96 KLIMA*, 66 pp.
- Førland, E. J. and Hanssen-Bauer, I. (2000) Increased precipitation in the Norwegian Arctic: true or false? *Climatic Change*, 46, 485-509.
- Folland, C.K., Miller, C., Bader, D., Crowe, M., Jones, P., Plummer, N., Richman, M., Parker, D.E., Rogers, J., Scholefield, P. (1999) Workshop on indices and indicators for climate extremes, Asheville, NC, USA, 3-6 JUNE, 1997. *Climatic Change*, 42, 31-43.
- Folland, C., Frich, P., Basnett, T., Rayner, N., Parker, D., Horton, B. (2000) Uncertainties in climate data datasets –a challenge for WMO. *WMO Bulletin*, 49(1), 59-68.
- Frich, P., Alexandersson, H., Ashcroft, J., Dahlström, B., Demarée, GR., Drebs, A., van Engelen, A.F.V., Førland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Heino, R., Jønsson T., Janasson K., (1996) North Atlantic Climatological dataset (NACD Version 1) - Final Report. *Danish Meteorological Institute. Scientific Report 96-1, Copenhagen, pp. 47.*
- 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. *Clim. Res.*, 19, 193-212.
- Fu, C., Diazs, H.F., Dong, D., Fletcher, J.O. (1999) Changes in atmospheric circulation over Northern Hemisphere Oceans associated with the rapid warming of the 1920s. *Int. J. Climatol.*, 19, 581-606.
- Gerald, A.M., Karl, T., Easterling, D.R., Changnon, S., Pielke R., Changnon, D., Evans, J., Groisman, P. Ya., Knutson, T.R., Kunkel, K.E., Mearns, L.E., Parmesan, C., Pulwarty, R., Root, T., Sylves, R.T., Whetton, P., Zwiers, F. (2000) An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events: Observations, Socioeconomic Impacts, Terrestrial Ecological Impacts, and Model Projections. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 81, 413-416.
- Grišule, G. and Briede, A. (2007) Phenological time series in Latvia as climate change indicator. *In: Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp.144-153.
- Groisman, P.Ya., Koknajeve, V.V., Belokrylova, T.A., Kar, I T.R. (1991) Overcoming biases of precipitation measurements: A history of the USSR experience. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 72, 1725-1733.

- Groisman, P. Y. and Legates, D. R. (1995) Documenting and detecting long-term precipitation trends: where we are and what should be done. *Climatic Change*, 31, 601-622.
- Groisman, P.Y., Pecke, L., Quayle, R.Q. (1998) Intercomparison of Recording and standard no recording U.S. Gauges. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 16, 602-609.
- Groisman, P.Ya., Rankova, E. Ya. (2001) Precipitation trends over the Russian permafrost-free zone: removing the artefacts of pre-processing. *Int. J. Climatol.*, 21, 657-678.
- Groisman, P.Ya., R.W. Knight, and Karl T.R. (2001) Heavy precipitation and high stream flow in the contiguous United States: Trends in the 20th century. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 82, 219–246.
- Groisman, P.Y., Knight, R.W., Esterling, D.R., Karl, T.R., Hegerl, T.C., Razuvaev, V.N. (2005) Trends in intense precipitation in the climate records. *J. Clim.*, 18, 1326-1350
- Guiot, J. Nicault, A. Rathgeber, C. Edouard, J. L Guibal, F. Pichard, G., Till, C. (2005) Last-millennium summer-temperature variations in western Europe based on proxy data. *The Holocene*, 15 (4), 489-500.
- Hansen, J. (2001) A closer look at United States and global surface temperature changes. *J. Geophys. Res.*, 106 D20, 23, 947-23,963.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J. (1994) Homogenizing Long Norwegian Precipitation Series. *J. Climatol.*, 7 (6), 1001-1013.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J. (2000) Temperature and precipitation variations in Norway 1900-1994 and their links to atmospheric circulation. *Int.J. Climatol.*, 20, 1693-1708.
- Hegerl, G.C., Zwiers, F. W., Braconnot, P., Gillett, N.P., Luo, Y., Marengo Orsini, J.A., Nicholls, N., Penner, J.E., Stott, P.A (2007) Understanding and Attributing Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor M., and Miller, H.L. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Heino, R., Brázdil, R., Førland, E.J., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beninston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Roesner, S., Rosenhagen, G., Rösner, S., Wibig J. (1999) Progress in study of climatic extremes in Northern and Central Europe. *Climatic Change*, 42, 151-181.
- Heino, R., Tuomenvirta, H., Vuglinsky, V.S., Gustafsson, B.G., Alexandersson, H., Barring, L., Briede, A., Cappelen, J., Chen, D., Falarz, M., Førland, E.J., Haapala, J., Jaagus, J., Kitaev, L. Kont, A., Kuusisto, E., Lindström, G., Meier, H.E.M., Mietus, M., Moberg, A., Myrberg, K., Niedźwiedz, T., Nordli, Ø., Omstedt, A., Orviku, K., Pruszek, Z., Rimkus, E., Russak, V., Schrum, C., Suursaar, Ü., Vihma, T., Weisse, R., and Wibig, J. (2008) Past and current climate change. In: *Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Bolle, H.-J., Menenti, M., Rasool, I. (ed.). Springer, pp. 35-112.

- Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L.M., Demuth, S. (2001) Have stream flow droughts in Europe become more severe or frequent? *Int. J. Climatol*, 21(3), 317-333.
- IPCC, (2007) Climate change 2007: Synthesis Report. Summary of Policymakers
- Jaagus, J. (1996) Climatic trends in Estonia during the period of instrumental observations and climate scenarios. *In: Estonia in the system of global climate change* Punning, J.M. (ed.). pp. 35-48.
- Jaagus, J. (1998) Climatic fluctuations and trends in Estonia in the 20th century and possible climate change scenarios. *In: Climate change studies in Estonia*. Kallaste, T., Kuldna, P. (eds.). Tallinn, Stockholm Environmental Institute, Tallinn Centre, pp.7-12.
- Jaagus, J. and Tarand, A. (1998) Precipitation. Periodical fluctuations and seasonal shifts. Country case study on climate impacts and adaptation assessments in the Republic of Estonia. *In: Report to the UNEP/GEF Project No GF/2200-96-45*. Tarand, A., Kallaste, T. (ed.). Tallinn, Stockholm Environmental Institute, Tallinn Centre, pp. 21-23.
- Jaagus, J. and Ahas, R. (2000) Space-time variations of climate seasons and their correlation with the phenological development of nature in Estonia. *Clim. Res.*, 15, 207-219
- Jaagus, J. (2006) Climate change in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theor. Appl. Climatol.*, 83, 77-88.
- Jacobeit, J., Jönsson, P., Barring, L., Beck, C., Ekström, M. (2001) Zonal indices for Europe 1780-1995 and running correlation with temperature. *Climatic Change*, 48, 219-241.
- Jauregui, E., Godinez, L., Cruz, F. (1992) Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico. *Atmospheric Environment*, 26B, 391-396.
- Jauregui, E. (1996) Bibliography on urban and building climatology of the period 1992-1995. *WMO/ TD No 759*.
- Jauregui, E. (1999) Bibliography on urban and building climatology. *Period 1996-1998. WMO/ TD No 759*
- Jones, P.D., Horton, E.B., Folland, C.K., Hulme, M., Parker, D.E., Basnett, T.A. (1999) The use of indices to identify changes in climate extremes. *Climate Change*, 42, 131-149.
- Jones, P.D., Osborn, T.J., Briffa, K.R. (2001) The Evolution of Climate Over the Last Millennium. *Science*, 292, 662-666.
- Jones, P.D., and Lister D.H. (2002) The daily temperature records for St. Petersburg (1743-1996). *Climatic change*, 53, 253-267.
- Jones, P.D., Briffa, K.R., Osborn, T., Moberg, A., Bergström, H. (2002) Relationship between circulation strength and the variability of growing-season and cold season climate in northern and central Europe. *The Holocene*, 12 (6), 643-656.
- Jones, P.D. and Moberg, A (2003) Hemispheric and large scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. *J. Clim.*, 16, 206- 223.
- Karaca, M., Tayanc, M., Toros, H. (1995) Effect of urbanization on climate of Istanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29(23), 3411-3421.

- Kalniņa, A. (1990) Rīgas klimatiskā rajonēšana. *Latvijas ekoloģija 2*. LZA Bioloģijas institūts, Latvijas Informācijas centrs, Rīga 21.-35 lpp.
- Kalnina, A., Cekule, M., Lizuma L. (2003) Zoning of climate in Riga city. Proceedings 5th International Conference on Urban Climate. <http://www.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/>
- Karl, T.R, Williams, Jr.C.N. (1987) An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 1744-1763.
- Karl, T.R. and Easterling, D.R. (1999) Climate extremes: selected review and future research directions. *Climatic Change*, 42, 309-325.
- Karl T.R., Knight R.W., Baker B. (2000) The record breaking global temperatures of 1997 and 1998: evidence for an increase in the rate of global warming? *Geophysical Research Letters* 27, 719-722.
- Katz, R.W., and Brown, B.G. (1992) Extreme events in a changing climate: Variability is more important than averages. *Climatic Change*, 21, 289-302.
- Keevallik, S., Russak, V. (2001) Changes in the amount of low clouds in Estonia (1955-1995). *Int. J. Climatol.*, 21, 389-397.
- Keegan, L., Nordli, P.Ø., Schmidt, T., Steffensen, P., Tuomenvirta, H. Tveito, O.E. (1996) Nordic Atlantic climatological datasets (NACD version 1) – Final Report, Scientific Report 96-1. Danish Meteorological Institute, Copenhagen. 469 pp.
- Keiser, D. and Griffiths, J.F. (1997) Problems associated with homogeneity testing in climate variation studies: a case study of temperature in the Northern Great Plains, USA. *Int. J. Climatol.*, 17, 497-510.
- Klavins, M., Radionovs, V. (2008) Long-term changes of river discharge regime in Latvia. *Hydrology Research*, 39 (2), 133-141.
- Klein Tank A.M.G., and Können G.P. (2003) Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999. *J. Clim.* 16, 3665–3680.
- Kļaviņš, M., Briede, A., Radionovs, V. (2007a). Ice Regime of rivers in Latvia in Relation to climatic variability. In: *Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 58-72.
- Kļaviņš, M., Radionovs, V., Draveniece, A. (2007b) Large-scale atmospheric circulation processes as a driving force in the climatic turning points and regime shifts in the Baltic region. In: *In: Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 45-57.
- Koļcova, T., Lizuma, L., Rogozova, S., Smith, M. (2007). Climate change impacts on hydrological processes in Latvia. In: *Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 86-95.
- Kunkel, K. E., Easterling, D. R., Redmond, K., Hubbard, K. (2003) Temporal variations of extreme precipitation events in the United States: 1895–2000. *Geophys. Res. Lett.*, 30 doi: 10.1029/2003GL018052.
- Latvijas Universitātes Meteoroloģiskās Observatorijas novērojumi. Rīga. (1924-1933). I-X Gads. Latvijas Universitātes raksti. Acta Universitatis Latviensis.
- Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., and Prather, M. (200) Historical Overview of Climate Change. In: *Climate*

- Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., and Miller, H.L. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lizuma, L. (2000) An Analysis of a Long-Term Meteorological Data Series in Riga. *In: Folia Geographica VIII Living with Diversity in Latvia*, Riga, pp. 53-60.
- Lizuma, L., Kļaviņš, M., Briede, A., Radionovs, V. (2007) Long-term changes of air temperature in Latvia. *In: Climate change in Latvia*. Kļaviņš, M. (ed.). University of Latvia, Riga, pp. 11-19.
- Lizuma, L. and Briede, A. (2008 in press). Long-term records of precipitation in Latvia. Proceedings. NHC-2008.
- Lockwood, J.G. (2001) Abrupt and sudden climatic transition and fluctuations: a review. *Int.J. Climatol.*, 21, 1153-1179.
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., Wanner, H., (2004) European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500. *Science*, 303(5663), 1499-1503.
- Mann, E.M., Bradley, R.S., Hughes, M.K. (1998) Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, 779-787.
- Mann, E.M., Bradley, R.S., Hughes, M.K. (1999) Northern Hemisphere temperature during the past millennium: inferences, uncertainties and limitations. *Geophys.Res.Lett.* 26, 759-762.
- Manzel A. (2000) Trends in Phenological Phases in Europe between 1951 and 1996. *Int.J. Biometeorol.* 44, 76-81.
- Matuszko, D. (2003) Cloudiness changes in Krakow in the 20th century. *Int. J. Climatol.*, 23, 975-984.
- Mitosek, H.T. (1995) Climate variability and changes within the discharge time series: a statistical approach. *Climate Change*, 29, 101-116.
- Meyer, R. 1928. Ergebnisse 50-jähriger Meteorologischer Beobachtungen zu Riga. Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga. Neue Folge Heft XVII
- Moberg, A. and Alexandersson, H. (1997) Homogenization of Swedish temperature data. Part II: homogenized gridded air temperature compared with the subset of global gridded air temperature since 1861. *Int. J. Climatol.*, 17, 35-54.
- Moberg, A. and Bergström, H. (1997) Homogenization of Swedish temperature data. Part III: The long term records from Uppsala and Stockholm. *Int. J. Climatol.*, 17, 667-699.
- Moberg, A., Jones, P.D., Barriendos, M., Bergström, H., Camuffo, D., Cocheo, C., Davis, T.D., Demaree, G., Martin-Vide, J., Maugeri, M., Rodriguez, R., Verhoeve, T. (2000) Day-to-day temperature variability trends in 160-to 275-year-long European instrumental records. *J.Geophys. Res.*, 105, 22849-22868.
- Moberg, A., Alexandersson, H., Bergström, H., and Jones, P. D. (2003) Where south Swedish summer temperature before 1860 as warm as measured? *Int. J. Climatol.*, 23, 1495-1521.

- Moberg, A., Gouirand, I., Schoning, K., Wohlfarth, B., Kjellström, E., Rummukainen, M., de Jong, R., Linderholm, H., Zorita, E. (2006a) Climate in Sweden during the past millennium – Evidence from proxy data, instrumental data and model simulations. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. Technical Report TR-06-35. 88 pp.
- Moberg, A., Jones, F.D., Lister, D., Walther, A. Brunet, M., Jacobeit, J., Alexander ,L.V., Della-Marta, P.M., Luterbacher, J., Yiou, P., Chen, D., Klein Tank, A.M.G., Saladi, O., Sigro´J., Aguilar, E., Alexandersson, H., Almarza ,C., Auer, I., Barriendos ,M., Begert, M., Bergstro, M., Bohm, R., Butler, J., Caesar J., Drebs, A., Founda, D., Gerstengarbe, F.W., Micela, G., Maugeri, M., Sterle, H., Pandzic, K., Petrakis, M., Srnec, L., Tolasz, R., Tuomenvirta, H., Werner, P.C., Linderholm, H., Philipp, A., Wanner, H., Xoplaki, E. (2006b). Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000. *J. Geophys. Res.*, 111, 1-25.
- Moberg, M., Jones, P.D. (2005) Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe 1901-1999. *Int. J. Climatol.*, 25, 1149-1172.
- Munzar, J. (1990) The beginning of regular meteorological observations in Czech lands from the 16th to the 18th centuries. In: *Climate Change in the historical and the instrumental periods*. Brāzdil, R (ed.). Masaryk University, Brno, pp. 153.-155.
- Nicholls, N., Tapp, R., Burrows, K., Richards, D. (1996). Historical thermometer exposures in Australia. *Int. J. Climatol.*, 17, 1667-1681.
- Nordli, P. Ø., Alexandersson, H., Frich, P., Førland, E. J, Heino, R., Jónsson, T., Tuomenvirta, H., Tveito, O. E (1997) The effect of radiation screens on Nordic time series of mean temperature. *Int. J. Climatol.*, 17, 1667-1681.
- Nordli, P.Ø. (2001) Reconstruction of Nineteenth Century Summer Temperatures in Norway by Proxy Data from Farmers' Diaries. *Climatic Changes*, 48 (1), 201-2018.
- Norrant, C. and Douguédroit, A. (2006) Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean. *Theor. Appl. Climatol.*, 83, 89-106.
- Parker, D.E. (2006) A demonstration that large-scale warming is not urban. *J. Clim.*, 19, 2882–2895.
- Perreault, L., Haché, M., Slivitsky, M., Bobeé, B. (1999) Detection of changes in precipitation and runoff over eastern Canada and US using Bayesian Approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 13, 201-216.
- Perreault, L., Barnier, J., Bobeé, B., Parent, E. (2000) Bayesian change-point analyses in hydrometeorological time series. Part 1. The normal model revisited. *Journal of Hydrology*, 235, 221-241.
- Peterson, T.C. and Esterling, D.R. (1994) Creation of homogeneous composite climatological reference series. *Int.J. Climatol.*, 14, 671-679.
- Peterson, T.C., Esterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullent, D., Vencen,t L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mastre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Førland, E. J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P., Parker, D. (1998) Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a reiew. *Int. J. Climatol.*, 18, 1493-1517.
- Piervitali, E., Colacino, M. and Conte, M. (1998) Rainfall over the Central-Western Mediterranean basin in the period 1951-1995. Part I: Precipitation trends. *Geophysics and Space Physics*, 21C (3), 331-344.

- Plummer, N., Salinger, M.J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K.J., Leighton, R.M., Trewin, B., Page, C.M., Lough, J.M. (1999) Changes in Climate Extremes Over the Australian Region and New Zealand During the Twentieth Century. *Climatic Change*, 42(1), 183-202.
- Pozo-Vázquez D., Esteban-Parra M.J., Rodrigo F.S., Castro-Díez, Y. (2001) A study of NAO variability and its possible non-linear influences on Europe surface temperature. *Climate Dynamics*, 17, 701-715.
- Quereda Sala, J., Gil Olcina, A., Peres Cuevas, A., Olcina Cantos, J., Rico Amoros, A., Montón Chiva, E. (2000) Climate warming in the Spanish Mediterranean: natural Trend of Urban Effect. *Climate Change*, 46(4), 473-483.
- Reihan, A., Koltsova, T., Kriauciuniene, J., Lizuma, L., Meilutyte-Barauskiene, D. (2007). Changes in water discharges of the Baltic states rivers in the 20th century and its relations to climate change. *Nordic Hydrology*, 38(4-5), 401-412.
- Richard, O.G. (1987) Statistical Methods for Environmental Polluting Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company . New York. 209-213.
- Romero, R., Guijarro, J.A., Ramis, C. and Alonso, S. (1998) A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study. *Int. J. Climatol.*, 18, 541-560.
- Rosenfeld, A.H., Romm, J.J. (1997) Painting the town white-and green. *Tehnology Review*, 100 (2), 52-60.
- Schmith, T (2001). Global warming signature in observed winter precipitation in Northwestern Europe? *Clim.Res.*, 17, 263-274.
- Schönwiese, C.D. and Rapp, J. (1997) Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 228 pp.
- Szentimerey, T. (1996) Statistical procedure for joint homogenization of climate time series. In *Proceedings: 2nd Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, Budapest, Hungary, pp 47-62.
- Šteinberga, I. (2007). Kvizistatisku atmosfēras piesārņojuma līmeņu kompleksā analīze un modelēšana piejūras klimata apstākļos. Promocijas darbs. 74 lpp.
- Tarand, A. and Nordli, P.Ø. (2001) The Tallinn Temperature Series Reconstructed Back Half a Millennium by Use of Proxy Data. *Climatic Change*, 48(1), 189-199.
- Tayanç, M., Karaca, M., Yenigün, O. (1997) Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effect in relation to air pollutants in Turkey. *J. Geophy. Res.*, 102(D2), 1909-1919.
- Tayanç M., Toros H. (1997) Urbanization effect on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climate Change* 35, 501-524.
- Tayanç, M., Delfes, H.N., Karaca, M., Yenigün, O. (1998) A comparative assessment of different methods for detecting inhomogeneities in Turkish temperature data set. *Int. J. Climatol.*, (18) 561-578.
- Tereshchenko, L.E. and Filonov, A.E. (2001) Air temperature fluctuations in Guadalajara, Mexico, from 1926 to 1994 in relation to urban growth. *Int. J. Climatol.*, 21, 483-494.

- Tuomenvirta, H. and Drebs, A. (1994) Homogeneity testing and management of metadata in Finland. In: Heino R., (ed.), *Climate Variations in Europe. Proceedings of the European Workshop held in Kirkkonummi (Majvik), Finland 15-18 May 1994.* Publications of the Academy of Finland 3/94, 321-329.
- Tuomenvirta, H. and Heino, R. (1996) Climatic changes in Finland – recent findings. *Geophysica*, 32 (1-2), 61-75
- Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Drebs, A., Frich, P., Nordli, P.Ø (2000). Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges. *J.Clim.*, 13, 977-990.
- Tuomenvirta, H. (2001) Homogeneity adjustment of temperature and precipitation series – Finnish and Nordic data. *Int. J. Climatol.*, (21), 495-506.
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, B. and Zhai, P. (2007): Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis.* Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor M., and Miller H.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Twardosz, R (2000). Pluvial conditions in Cracow at the end of the little ice age. *Prace Geograficzne* 107. Instytut Geografii UJ Krakow, 281-287.
- van der Meulen, J. P., Brandsma, T. (2008). Thermometer screen intercomparison in De Bilt (The Netherlands), Part I: Understanding the weather-dependent temperature differences). *Int. J. Climatol.*, (28), 371-387.
- Vincent, L. (1998) A technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series. *J. Climate*, 11, 1094-1104.
- Vincent, L. A., Zhang, X., Bonsal, B. R., and Hogg, W. D. (2002) Homogenization of temperature measurements. *J. Climate.*, 19, 4179-4197.
- Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G., Können, G. G., (2003) Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *Int.J. Climatol.*, (23), 679-692.
- WMO (1983) Guide to climatological practices. Second edition. WMO No. 100.
- WMO (2007) Guide to climatological practices. Second third edition http://www.wmo.ch/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/guide_third_edition_draft_may2007.pdf
- WMO (1998) WMO solid precipitation measurement intercomparison. Final Report. WMO/TD - No. 872, 212 pp.
- WMO (2007) Joint CCL/CLIVAR/JCOMM expert team on climate change detection and indices WCDMP-No. 64 WMO-TD No. 1402 ICPO Publication Series No. 115
- Weiss, A., Hays, C. J. (2005) Calculating daily mean air temperatures by different methods: implications from a non-linear algorithm. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128(1/2), 57-65.
- Yan, Z., Jones, P. D., Davies, T. D., Moberg, A. Bergström, H., Camuffo, D., Cocheo, C., Maugeri, M., Demarée, G.R., Verhoeve ,T., Thoen, E., Barriendos, M., Rodríguez,

R., Martín-Vide, J., and Yang, C. (2002) Trends of Extreme Temperatures in Europe and China Based on Daily Observations. *Climatic Change*, 53(1-3), 355-392.

Климат Риги [Climate of Riga] (1983) *Авотс*. Рига, 224 с.

Любина, Р.И. (1969) Влияние Рижского залива на трансформацию воздушной массы [Influence of Gulf of Riga on air mass transformation]. Сборник работ Рижской ГМО, 126, 52-54.

Месячные выводы метеорологических данных за отдельные годы (1952) Латвийская ССР. Часть 1. Температура воздуха [Monthly meteorological data. Latvia. Volume I. Temperature]. 297 с

Нездюров, Д.Ф. (1969) Очерки развития метеорологических наблюдений в России [History of meteorological observations in Russia]. Гидрометеиздат, Ленинград 224 с.

Пелецис, В.Я. и Эларт, Л.Р. (1970) Точность измерения осадков при существующей методике наблюдений [Precipitation measurements accuracy with use of nowadays methods of observations] *Сборник работ 14. Рижская Гидрометеорологическая обсерватория*, 39-71 с.

Рабинович, Н. М. (1972) О первом метеорологическом наблюдении с применением термометров в Риге [The first air temperature measurements in Riga] Из истории медицины III 57-59с.

Рахмановъ, Г. (1913) Основы метеорологии [Basics of meteorology] . Москва, Научное слово 131 с.

Справочник по климату СССР (1968) Вып. 5. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров [Guide on Climate in USSR. Vol. 5 Air humidity, atmospheric precipitations, snow cover] . Гидрометеиздат, Ленинград 302 с.

Темникова, Н.С. (1958) Климат Латвийской ССР [Climate of Latvian SSR] . Зинатне, Рига, 232 с.

Темникова, Н.С. (1969) Климат Риги и Рижского взморья [Climate of Riga and Jurmala]. Зинатне, Рига, 160 с.

Темникова, Н.С., Николаева-Серединская (1972) Метеорологические и климатологические исследования на территории современной Латвийской ССР в досоветское время [Meteorological and climatological observations in territory of Latvia during pre-soviet period]. Из истории естествознания и техники Прибалтики IV. 247-258

Фомина, Л.М. (1970) К вопросу определения среднего многолетнего количества атмосферных осадков на территории Латвийской ССР и их использования в народном хозяйстве [Estimation of long-term precipitation data means in the territory of Latvian SSR and use of the data in national economy]. *Сборник работ 14. Рижская Гидрометеорологическая обсерватория*, 13-38 с.

Хриган, А.Х. (1959) Очерки развития метеорологии [Description of evaluation of meteorological science] . Гидрометеиздат, Ленинград 428 с.

Nepublicētie materiāli

Szentimrey, T. Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH v3.02). Hungarian Meteorological Service. Manual.

Meteoroloģisko novērojumu mēnešu tabulas TM-1 meteoroloģiskajām stacijām Rīga-Universitāte (1795-2006); Jelgava (1831-2006.), Daugavgrīva (1870.-1916); Rīga (1924-2006)

Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras meteoroloģisko novērojumu elektroniskā datu bāze CLIDATA.

Zīverts A. Standarta normālā homogenitātes testa programma (FORTRAN vidē)

Interneta resursi

COST ES0601: Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach (HOME) <http://www.cost.esf.org/index.php?id=1077> (skatīts 01.2008.)

Google Earth : <http://earth.google.com/> (skatīts 10.2007.)

ECA: European Climate Assessment: www.knmi.nl/samenw/eca (skatīts 10.2007.)

LR Centrālā statistikas pārvalde: <http://www.csb.gov.lv> (skatīts 01.2008.)