



**Projekta**  
**LATVIJAS UPJU SLODŽU MODELĒŠANA**  
**rezultātu pārskats**



**LATVIJAS  
HIDROEKOLOĢIJAS  
INSTITŪTS**

**2015**

## **Projekta „LATVIJAS UPJU SLODŽU MODELĒŠANA” rezultātu pārskats**

### **Finansējums:**

Šis projekta rezultātu pārskats ir sagatavots ar Latvijas Vides aizsardzības fonda atbalstu Valsts budžeta programmas „Vides aizsardzības fonds” apakšprogrammas „Nozares vides projekti” ietvaros 2014. gadā. projekta reģistrācijas Nr. 1-08/197/2013.

**Projektā izmantoti** Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centra dati.

### **Sagatavoja:**

Aigars Lavrinovičs

Rita Poikāne

Sandra Sprukta

Bärbel Müller-Karulis

Mintauts Jansons

Karti sagatavoja Sandra Sprukta

Vāka foto autore Rita Poikāne

© Latvijas Hidroekoloģijas institūts

Daugavgrīvas iela 8

Rīga

LV-1007, Latvija

<http://www.lhei.lv>

## KOPSAVILKUMS

Ņemot vērā HELCOM LOAD grupas ekspertu rekomendācijas, Latvijas Hidroekoloģijas institūta matemātiskās modelēšanas speciālisti ir veikuši Latvijas upju ūdens kvalitātes parametru trūkstošo novērojumu datu interpolāciju, pielietojot lineārās regresijas metodi WRTDS (Weighted Regressions on Time, Discharge, and Season; Hirsch, et al., (2010)), par pamatu ņemot pieejamos ūdens kvalitātes novērojumu un upju noteces datus no 1991. līdz 2012. gadam, ar kuriem nodrošināja LVGMC. Tādā veidā tika izveidota pilnīga Latvijas upju ūdens kvalitātes parametru ( $BOD_5$ ,  $NH_4$ ,  $NO_{2+3}$ ,  $PO_4$ , N-tot un P-tot) datu bāze. Izmantojot ar interpolētiem datiem papildināto datu bāzi, ir veikti biogēno vielu slodžu aprēķini laikā no 2009. līdz 2012. gadam.

Savukārt pieejamās smago metālu koncentrāciju datu rindas Latvijas upēm saturēja vairākas būtiskas nepilnības. Pirmkārt, no 1991. – 2012. gadam novērotajās upēs visiem smago metālu parametriem bija statistiski nepietiekams novērojumu skaits un nebija ievērota novērojumu nepārtrauktība, jo atsevišķos gados novērojumi nebija veikti 3 – 6 mēnešus pēc kārtas, līdz ar to, kā modeļa ieejas dati tie bija nepilnīgi, vai atsevišķos gadījumos nebija izmantojami vispār. Otrkārt, lielākā daļa smago metālu kvantitatīvie mērījumi, visbiežāk pēc 2000. gada, bija zem laboratorijas metodes kvantificēšanas robežas (LOQ), un tas nozīmēja, ka pieejamās datu rindas neatspoguļoja patieso situāciju par smago metālu piesārņojumu Latvijas upēs un iegūstamie interpolācijas modeļa rezultāti būtu ar zemu ticamības pakāpi. Izvērtējot esošo smago metālu datu kvalitāti un to lietderību interpolācijas veikšanā, bija pieņemts lēmums šo parametru interpolāciju un slodžu aprēķinus neveikt.

## SATURS

IEVADS .....	6
1. DATI UN METODEDES .....	7
1.1. Modeļa ieejas dati.....	7
1.1.1. Biogēno vielu dati.....	7
1.1.2. Smago metālu dati .....	7
1.2. Dati par punktveida avotiem.....	8
1.3. Interpolācijas modelis.....	10
1.4. Interpolācijas modeļa efektivitātes tests .....	11
1.5. Slodžu aprēķins .....	12
2. REZULTĀTI .....	12
2.1. Ūdens kvalitātes parametru interpolācija Latvijas upēs .....	12
2.2. Paraugu ņemšanas stratēģijas ietekme uz interpolācijas rezultātiem .....	21
2.3. Smago metālu interpolācijas dati un slodžu aprēķini .....	24
2.4. Dati par punktveida piesārņojuma avotiem .....	25
3. DISKUSIJA .....	26
Latvijas upju monitoringa programmas efektivitāte.....	26
4. REKOMENDĀCIJAS .....	28
4.1. Rekomendācijas par paraugu ņemšanas biežumu un laiku. ....	28
4.2. Ieteikumi monitoringa programmas uzlabošanai metālisko elementu slodžu noskaidrošanai. ....	29
4.3. Ieteikumi monitoringa programmai organisko vielu slodžu noskaidrošanai. ....	29
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	31
PIELIKUMI.....	33
I. PIELIKUMS. NO <sub>2+3</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs.....	34
II. PIELIKUMS. NO <sub>2+3</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm .....	38
III. PIELIKUMS. BOD <sub>5</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs .....	42
IV. PIELIKUMS. BOD <sub>5</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm.....	46
V. PIELIKUMS. NH <sub>4</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs.....	50
VI. PIELIKUMS. NH <sub>4</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm .....	54
VII. PIELIKUMS. PO <sub>4</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs.....	58
VIII. PIELIKUMS. PO <sub>4</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm .....	62
IX. PIELIKUMS. N – tot novērotā un interpolētā koncentrācija upēs .....	66
X. PIELIKUMS. N – tot novērotā un interpolētā slodze no upēm.....	70
XI. PIELIKUMS. P – tot novērotā un interpolētā koncentrācija upēs .....	74

XII. PIELIKUMS. P – tot novērotā un interpolētā slodze no upēm.....	78
XIII. PIELIKUMS. Relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas.....	82

## IEVADS

Jūras stratēģijas pamat direktīva (2008/56/EK) regulē Kopienas rīcību jūras vides politikas jomā. Tās mērķis ir līdz 2020. gadam panākt jūras ūdeņiem labu ekoloģisko stāvokli, Kopienai mazinot ietekmi uz jūras ūdeņiem neatkarīgi no tā, kur šī ietekme rodas. Šāds uzstādījums gan nav jauns, jo jau 1992. gadā pieņemtās Helsinku konvencijas mērķis ir samazināt un ierobežot Baltijas jūras piesārņojumu un eventuāli uzlabot tās ekoloģisko stāvokli līdz līmenim, kāds bijis tas pirms industriālā laikmeta (HELCOM, 2007). Lai šo mērķi sekmīgi izpildītu, Baltijas jūras piekrastes valstis ir vienojušās par Baltijas jūras rīcības plāna izpildi un sadarbību ar HELCOM. Galvenais priekšnosacījums uzstādīto mērķu izpildē ir efektīva nacionālā vides veselības programma, kuras sastāvdaļa ir kvalitatīvi monitoringa dati par piesārņojuma ieplūdi Baltijas jūrā un tā radīto slodzi, kā arī informācija par dažādu piesārņojuma avotu nozīmību. Galvenie barības vielu slodžu avoti no Latvijas uz Baltijas jūru (Rīgas līci un Austrumu Gotlandes baseinu) ir astoņas lielākās Latvijas upes – Daugava, Gauja, Lielupe, Salaca, Venta, Bārta, Saka un Irbe. Par šo upju monitoringu ir atbildīgs Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centrs (LVĢMC), un dati par šo upju noteci, kā arī barības un bīstamo vielu koncentrāciju ir pieejami LVĢMC arhīvos. Barības vielu monitoringa rezultāti no Latvijas upēm ar viena mēneša izšķirtspēju ir pieejami no 1977. gada, bet periodiski novērojumu dati pieejami no 1973. gada. Taču monitoringam atvēlētā budžeta samazinājuma rezultātā, sākot no 2009. gada, Rīgas līcī ieplūstošajās upēs samazinājās hidroķīmisko novērojumu biežums līdz 3-4 reizēm gadā, kas nav pietiekami, lai korekti aprēķinātu upju slodzes. Turklāt Austrumu Gotlandes baseinā ieplūstošo upju monitorings ir bijis neregulārs vismaz no 1991. gada (agrāks periods šajā pētījumā nav apskatīts).

Vispārpieņemtā prakse ir, ka datu (reālo novērojumu) trūkums tiek kompensēts ar modeļa aprēķiniem un tā kā situācija ar nepilnīgu monitoringa sistēmu ir aktuāla ne tikai Latvijā, HELCOM LOAD grupas eksperti rekomendē dažādas metodes trūkstošo ūdens kvalitātes parametru vērtību aplēsei, lai pie esošās monitoringa sistēmas regularitātes neciestu Baltijas jūras atveseļošanas programmas izpildes kvalitāte. Šeit gan jāatzīmē, ka modelēto vērtību ticamība ir atkarīga no modelēšanā izmantoto novērojumu biežuma un datu kvalitātes.

Tāpēc projekta mērķis bija izmantojot esošās iestrādes, attīstīt Latvijas upju barības un kaitīgo vielu slodžu modelēšanu ar statistisku modeli, aprēķināt slodzes tiem gadiem, kuros novērojumu biežums ir nepietiekams, kā arī novērtēt modelēto vērtību ticamības līmeni atkarībā no novērojumu biežuma.

## 1. DATI UN METODEDES

### 1.1. Modeļa ieejas dati

#### 1.1.1. Biogēno vielu dati

Trūkstošo ūdens kvalitātes parametru vērtību aplēsei, t.i., interpolācijai ieejas dati lineārās regresijas modelim ņemti no LVĢMC datu arhīva. Lineārās regresijas modelī izmantoti dati par ūdens kvalitātes parametriem BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2+3</sub>, PO<sub>4</sub>, N-tot un P-tot astoņās lielākajās Latvijas upēs, kuras ietek Baltijas jūrā un Rīgas līcī, iegūtiem novērojumu stacijās Daugavā pie Lipšiem, Gaujā pie Carnikavas, Lielupē pie Kalnciema, Salacā pie Salacgrīvas, Ventā pie Vendzavas, Bārtā pie Dukupjiem, Irbē pie Vičakiem, Sakā pie upes grīvas. Datu interpolēšanai izmantotas novērojumu datu rindas no 1991. – 2012. gadam, izņemot Ventu, kurā novērojumi sākti 1998. gadā. BOD<sub>5</sub> novērojumi nebija veikti 2001. gadā, savukārt N-tot novērojumi veikti, sākot no 1993. gada. P-tot novērojumi Lielupē arī sākti 1993. gadā. Tā kā upju noteces mērījumi ne visos gadījumos bija veikti tajā pat vietā, kur ūdens kvalitātes mērījumi, tādēļ upes notece tika koriģēta, izmantojot LVĢMC aprēķināto pielīdzināšanas koeficientu, kurš aplēsts, balstoties uz upes sateces baseina laukumu. Pielīdzināšanas koeficienti redzami 1.1. tabulā.

*1.1. tabula.*

#### *Pielīdzināšanas koeficienti*

<b>Upe</b>	<b>Pielīdzināšanas koeficients</b>
Daugava	1.19
Gauja	1.045
Lielupe	1.761
Salaca	1.108
Venta	1.322
Bārta	1
Irbe	1
Saka	4.92

#### 1.1.2. Smago metālu dati

Atbilstoši HELCOM norādījumiem, dzīvsudrabs (Hg), kadmījs (Cd), cinks (Zn), varš (Cu) un svins (Pb) ir tie smagie metāliskie elementi, kuri obligāti iekļaujami nacionālajās

monitoringa programmās. Bez minētajiem elementiem, uzraugāmām jābūt arī hroma (Cr) un niķeļa (Ni) slodzēm uz Baltijas jūru.

Apkopojot LVGMC datu bāzes, tika konstatēts, ka Cu un Zn koncentrāciju mērījumi uzsākti 1991.gadā, Cd un Pb koncentrāciju mērījumi – 1993.gadā, Ni koncentrāciju mērījumi sākti 1991.gadā un pārtraukti pēc diviem gadiem, tad atkal atsākti 2005.gadā, kad vienlaicīgi tika uzsākti arī Hg koncentrāciju mērījumi.

Novērojumu datu rindas par smago metālu koncentrācijām Latvijas upēs saturēja vairākas nepilnības. Pirmkārt, laikā no 1991. – 2012. gadam novērotajās upēs visiem smago metālu parametriem bija statistiski nepietiekams novērojumu skaits, nebija ievērota novērojumu nepārtrauktība, jo atsevišķos gados novērojumi nebija veikti 3 – 6 mēnešus pēc kārtas, kā arī Hg un Ni gadījumā koncentrāciju mērījumi sākās tikai 2005.gadā, līdz ar to, kā modeļa ieejas dati tie bija nepilnīgi, vai atsevišķos gadījumos nebija izmantojami vispār. Otrkārt, lielākā daļa smago metālu kvantitatīvie mērījumi, visbiežāk pēc 2000. gada, bija zem laboratorijas metodes kvantificēšanas robežas (LOQ), piemēram, visi Hg kvantitatīvās noteikšanas rezultāti Daugavas ūdenī. Tas nozīmēja, ka pieejamās smago metālu datu rindas neatspoguļoja patieso piesārņojuma līmeni vai tendenci Latvijas upēs un iegūstamie interpolācijas modeļa rezultāti būtu ar zemu ticamības pakāpi.

Pārskats par smago metālu datu kvalitāti Daugavā pie Lipšiem redzams 1.2. tabulā. Līdzīga situācija ir arī pārējās Latvijas upēs. Izvērtējot esošo smago metālu datu rindu kvalitāti un lietderību datu interpolācijas veikšanā, tika pieņemts lēmums šo parametru interpolāciju neveikt.

*1.2. tabula.*

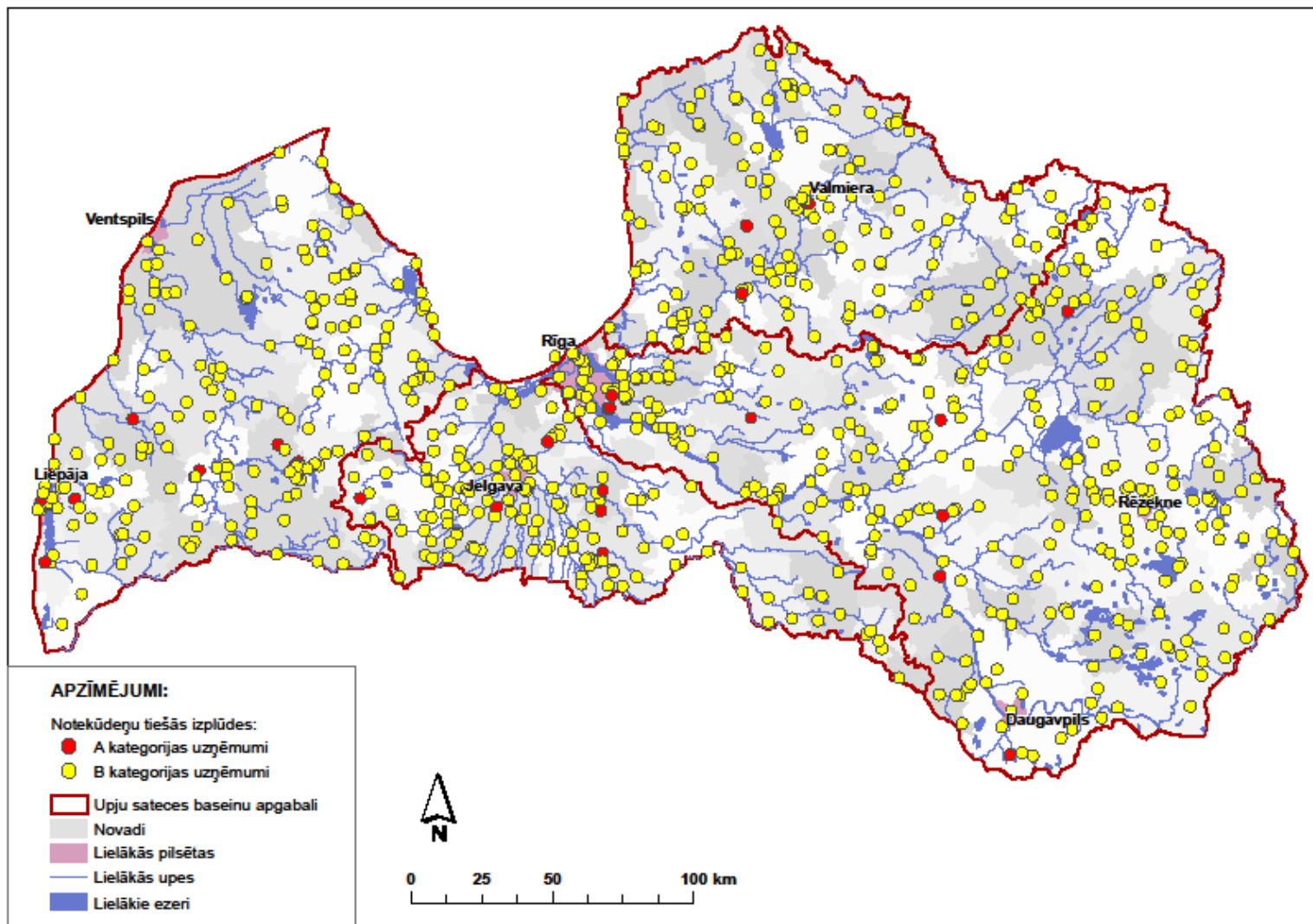
***Smago metālu novērojumu statistika Daugavā, laikā no 1991. – 2012. gadam.***

		<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>
Daugava	Novērojumu skaits	100	101	87	91	32	21	9
	% zem LOD	82	61	75	95	90	100	11

## **1.2. Dati par punktveida avotiem.**

Punktveida avoti veido ievērojamu Baltijas jūras piesārņojuma daļu, tādēļ tika apkopoti dati par punktveida avotiem Latvijas četros upju sateces baseinos, to kategoriju un komunālo notekūdeņu apsaimniekošanas principu. Ir sagatavots kartogrāfiskais materiāls par piesārņojuma punktveida avotiem Latvijā (1. attēls).





1.attēls. Piesārņojuma punktvēida avoti Latvijā.

### 1.3. Interpolācijas modelis

Baltoties uz HELCOM LOAD grupas ekspertu rekomendācijām, trūkstošo ūdens kvalitātes datu aprēķināšanai izvēlēta lineārās interpolācijas metode. Starp daudzajām šāda veida metodēm (Hirsch, 2014 un 1.3. tabula), kā vispiemērotākā tika atzīta laika, slodzes un sezonas svērtā regresija (*WRTDS - Weighted Regressions on Time, Discharge, and Season*; Hirsch, 2010). Metožu salīdzināšana veikta, interpolējot barības vielu slodzes laika posmam no 1991. - 2008. gadam, katru gadu simulējot datu iztrūkumu 9 mēnešiem. No iegūtajiem rezultātiem aprēķināta absolūtā atšķirība starp novērotajām un interpolētajām barības vielu slodžu datu rindām. Modeļu veiktspējas salīdzināšanai izmantoti Lielupes barības vielu un noteces novērojumu dati.

1.3. tabula.

*Vidējā modeļa novirze no novērojumiem ( $g\ s^{-1}$ ).*

	<b>NO<sub>2+3</sub></b>	<b>BOD<sub>5</sub></b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>N-tot</b>	<b>P-tot</b>
$c = \beta_0 + Gd + Mn + \beta_1 \ln(Q) + \varepsilon$	5.22	3.96	0.297	0.084	7.68	0.108
$\ln(c) = \beta_0 + Gd + Mn + \beta_1 \ln(Q) + \varepsilon$	10.25	2.97	0.300	0.075	9.05	0.095
$\ln(c) = \beta_0 + Gd + \beta_1 \ln(Q) + \beta_2 \sin(2\pi \times Gdd) + \beta_3 \cos(2\pi \times Gdd) + \varepsilon$	12.10	3.13	0.287	0.075	9.11	0.101
$\ln(c) = \beta_0 + s(Gd) + \beta_1 \ln(Q) + \beta_2 \sin(2\pi \times Gdd) + \beta_3 \cos(2\pi \times Gdd) + \varepsilon$	<b>3.39</b>	<b>2.92</b>	<b>0.225</b>	<b>0.047</b>	<b>6.29</b>	<b>0.072</b>

*c - koncentrācija,  $\beta_0$  - brīvais loceklis,  $\beta_1$  - noteces faktors,  $\beta_2, \beta_3$  - sezonas faktori, Gd - gada faktors, Mn - mēneša faktors, Gdd - gada diena/365, Q - notece, s() - gludā funkcija,  $\varepsilon$  - kļūda.*

Izvēlētās datu interpolācijas metodes pamatā ir ģeneralizēts lineārais modelis sezonālām datu rindām. WRTDS ir ērta interpolācijas metode gadījumiem, kad paraugu ievākšana ūdens kvalitātes noteikšanai nav notikusi regulāri, vai regulāra to ievākšana, dažādu iemeslu dēļ, ir kļuvusi neregulāra. Interpolācijas modelis balstās uz vēsturiskajiem noteces un ūdens kvalitātes parametru novērojumu datiem.

Barības vielu koncentrāciju interpolēšanai izmantotā modeļa pamatā ir trīs noteiktas komponentes, kā arī nejaušības faktors. *Tendences komponente* nosaka pakāpenisku, koncentrāciju ietekmējošo apstākļu attīstību no gada uz gadu. Tā ir vienmērīga laika funkcija, kas darbojas kā *slīdošais vidējais*, aptverot vairāku gadu intervālu. *Sezonālā komponente* nosaka ūdens kvalitātes sezonālo mainību, kas parasti saglabā nemainīgu tendenci viena gada ietvaros, taču var attīstīties vairāku gadu periodā. Sezonālai komponentei konkrētam gadam

raksturīga noteikta cikla funkcija, kas ne vienmēr atbilst sinusa vai kosinusa funkcijai. Šīs komponentes funkcijas amplitūda un fāze var pakāpeniski mainīties vairāku gadu ietvaros. Savukārt *slodzes komponente* nosaka upes noteces radīto ietekmi uz ūdens kvalitāti. Noteces ietekme laika gaitā var būt mainīga, ko nosaka dominējošie procesi, kas ietekmē ūdens kvalitāti. Piemēram, noteces ietekme ir mazāka situācijās, kad ūdens kvalitāti nosaka punktveida piesārņojuma avoti, savukārt noteces ietekme palielinās, dominējot gruntsūdeņu pieplūdei. Nejaušības faktora ietekme izpaužas, kā neizskaidrojamas, no tendences, sezonas un noteces neatkarīgas izmaiņas koncentrāciju novērojumu datus.

WRTDS modeļa struktūra un darbība detalizēti aprakstīta ASV Ģeoloģiskās izpētes centra (USGS) pārskatā par regresijas modeļu izmantošanu barības vielu koncentrāciju izmaiņu tendenču analizē (Moyer, et al., 2012).

#### 1.4. Interpolācijas modeļa efektivitātes tests

2010. gadā Latvijas lielākajās upēs paraugi ūdens kvalitātes noteikšanai ņemti 4 reizes gadā – jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī. Šāda stratēģija neatbilst vēlamajai praksei paraugus ņemt vismaz vienu reizi mēnesī, vai pat palielināt paraugu ņemšanas reizes sezonās ar lielāko upes noteci. Tādēļ, kā otrs scenārijs modeļa darbības efektivitātes pārbaudei, izmantots variants, kad paraugi tiek ņemti 3 reizes gadā, bet izvēloties tos mēnešus, kad novērojama upes noteces palielināšanās - martā, aprīlī un oktobrī. Savukārt trešais scenārijs - izņemt no paraugu ņemšanas stratēģijas mēnešus ar gada zemāko upes noteci – jūliju, augustu un septembri, veidots, balstoties uz citu Baltijas jūras piekrastes valstu praksi paraugus neņemt sezonās mazu upes noteci (privāta komunikācija ar Antti Räike un Minna Pyhälä), lai gan šāds scenārijs biežāk tiek izmantots mazajām upēm.

Ņemot vērā iepriekš aprakstīto, laika, sezonas un noteces svērtās regresijas (WRTDS) modeļa efektivitāte testēta, izmantojot trīs dažādus ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas scenārijus:

- 1) šobrīd praktizētā paraugu ņemšana tikai 3 – 4 reizes gadā,
- 2) ja tiek saglabāts esošais paraugu ņemšanas biežums, bet paraugi ņemti mēnešos, kad visbiežāk novērojama lielākā upes notece,
- 3) ja paraugi tiek ņemti 9 reizes gadā, izslēdzot vasaras mēnešus ar mazu upes noteces apjomu.

Modeļa veiktspēja noteikta pie attiecīgā paraugu ņemšanas scenārija, izmantojot noteces un barības vielu koncentrāciju datus laika posmam no 1991. – 2008. gadam, kad ūdens kvalitātes paraugu ņemšana Latvijas lielākajās upēs tika veikta regulāri, 12 reizes gadā. Novērojumu datu rindai šajā laikā periodā, secīgi pa gadiem, tiek radīts mākslīgs datu

iztrūkums, bastoties uz izvēlēto paraugu ņemšanas stratēģiju. Datu iztrūkums aizstāts ar interpolācijas rezultātiem, kam seko attiecīgā gada vidējās slodzes aprēķināšana attiecīgajam ūdens kvalitātes parametram. Interpolācijas modeļa efektivitāte noteikta, aprēķinot relatīvo atšķirību (*bias*) starp perioda interpolēto ( $L_{int}$ ) un reālo ( $L_i$ ) slodzi attiecīgajam gadam, pēc 1.1. vienādojuma:

$$bias = \frac{(L_{int} - L_i)}{L_i} \quad (1.1.)$$

Ja relatīvās novirzes vērtība ir negatīva, tad interpolētās slodzes vērtība ir mazāka nekā novērojumiem, savukārt ja relatīvās novirzes vērtība ir pozitīva – interpolētās slodzes vērtība ir lielāka par novērojumiem.

### 1.5. Slodžu aprēķins

Ūdens kvalitātes parametru slodzes no Latvijas upēm uz Baltijas jūru aprēķinātas, balstoties uz pieejamajiem ūdens kvalitātes parametru novērojumiem un upju noteces rezultātiem:

$$L = c \times Q$$

L – ūdens kvalitātes parametra slodze;

c - kvalitātes parametra koncentrācija ( $\text{mg l}^{-1}$ );

Q – upes notece ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ).

Tā kā novērotā upes ūdens kvalitātes parametru koncentrācija raksturo situāciju konkrētā mēnesī, tad attiecīga parametra slodze izteikta tonnās mēnesī.

## 2. REZULTĀTI

### 2.1. Ūdens kvalitātes parametru interpolācija Latvijas upēs

Izvēlētā interpolācijas modeļa rezultātu atbilstība novērojumiem pārbaudīta, veicot korelācijas testu, iekļaujot tajā datus no 1991. - 2012. gadam. 2.1. tabulā redzams, ka labākie korelācijas testa rezultāti raksturīgi  $\text{NO}_{2+3}$  un N-tot parametriem, kas starp interpolāciju un novērojumiem uzrāda augstu sakarību. Savukārt salīdzinoši sliktākie rezultāti raksturīgi  $\text{BOD}_5$  gadījumā, taču arī šī parametra korelācijas testa rezultāti, ņemot vērā novērojumu skaitu, uzskatāmi par statistiski nozīmīgiem, un tādejādi veido vidēji ciešu saistību starp interpolāciju un novērojumiem.

Interpolēto rezultātu atbilstību novērojumiem lielā mērā ietekmē arī katra konkrētā parametra kvantitātes noteikšanas metode, koncentrāciju izmaiņu raksturs un to ietekmējošie

faktori. Tādēļ arī novērojama interpolācijas datu precizitātes atšķirība gan starp parametriem, gan upēm.

Pārējo parametru korelācijas rezultāti raksturojami kā augsti, ar nelielām izmaiņām konkrētas upes gadījumā.

2.1. tabula.

*Korelācija (Pearson's R) starp ūdens kvalitātes parametru novērojumiem un interpolāciju lielākajās Latvijas upēs.*

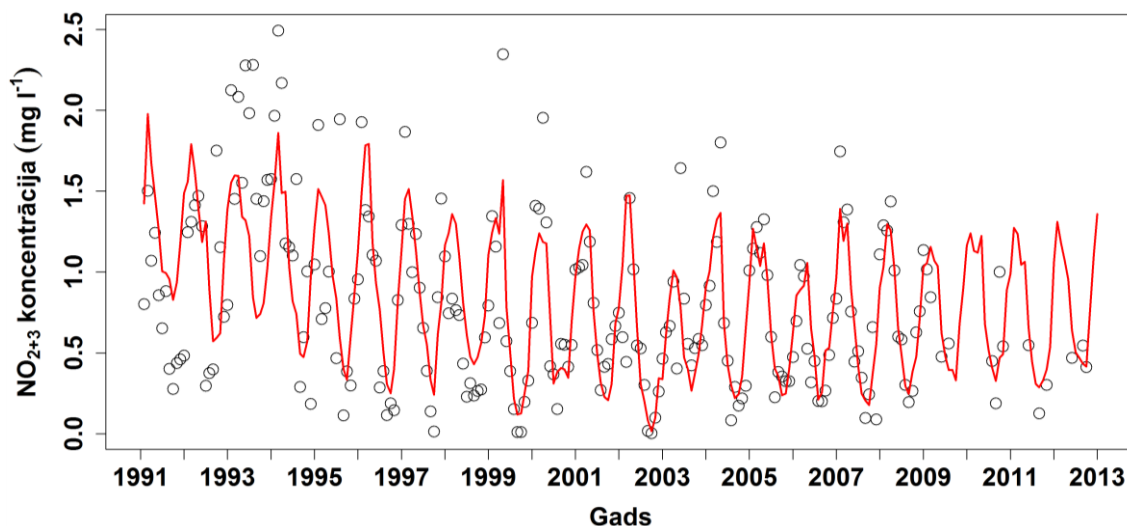
	Daugava	Gauja	Lielupe	Salaca	Bārta	Irbe	Saka	Venta
<b>BOD<sub>5</sub></b>	0.58	0.64	0.61	0.53	0.46	0.48	0.22	0.57
<b>NO<sub>2+3</sub></b>	0.74	0.81	0.87	0.70	0.81	0.64	0.81	0.86
<b>NH<sub>4</sub></b>	0.65	0.70	0.57	0.64	0.69	0.57	0.62	0.56
<b>PO<sub>4</sub></b>	0.58	0.53	0.82	0.68	0.62	0.51	0.65	0.65
<b>N-tot</b>	0.77	0.82	0.80	0.59	0.81	0.71	0.77	0.86
<b>P-tot</b>	0.58	0.74	0.76	0.69	0.56	0.60	0.66	0.54

**Nitrīti un nitrāti**(I un II pielikums). Reāli noteiktās **NO<sub>2+3</sub>** koncentrācijas Daugavā mainījās robežās no 0.0026 līdz 2.493 mg l<sup>-1</sup>, bet interpolācijā iegūtas koncentrācijas – diapazonā no 0.016 līdz 1.97 mg l<sup>-1</sup>. Novērojumos līdz 2000. gadam tika novērota **NO<sub>2+3</sub>** koncentrāciju samazināšanās tendence, kas turpmākajā periodā līdz 2009. gadam bija stabila, neuzrādot pozitīvas vai negatīvas izmaiņas. Arī interpolētā **NO<sub>2+3</sub>** koncentrācijas uzrādīja tādu pašu koncentrāciju izmaiņu dinamiku kā reāli novērojumi. Periodā no 2009. – 2012. gadam, kad monitoringa novērojumu skaits tika būtiski samazināts, nebija iespējams noteikt konkrētu koncentrāciju izmaiņu tendenci, taču interpolēto **NO<sub>2+3</sub>** koncentrāciju tendence uzrādīja nelielu pieaugumu.

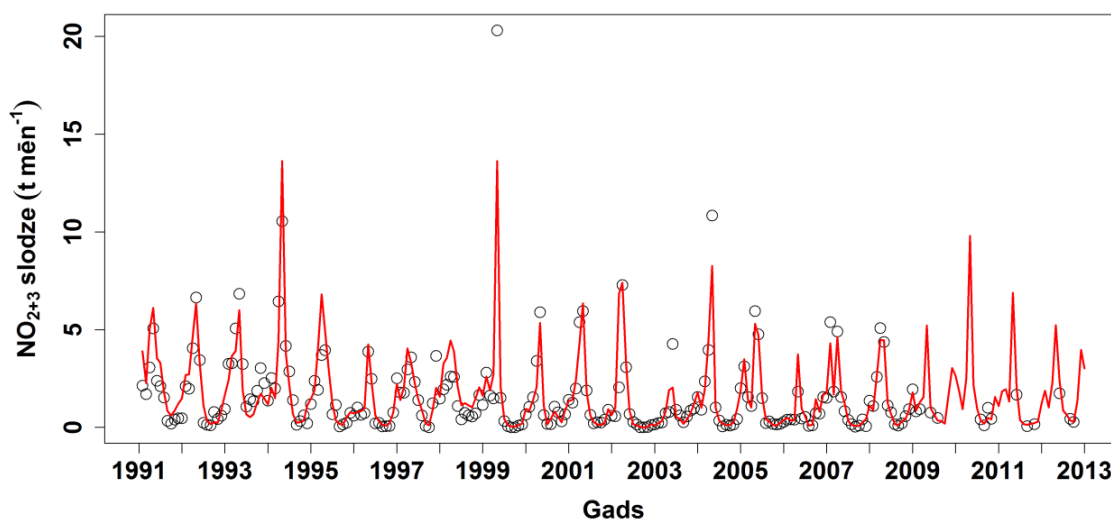
Interpolētās **NO<sub>2+3</sub>** koncentrācijas līdz 1996. gadam aptvēra novērojumu tikai vidējo diapazonu, nesasniedzot lielumus līdzīgus mērījumu maksimālām un minimālām vērtībām. Šī tendence izlīdzinājās pēc 1996. gada, kad interpolētās vērtības bija jau tuvākas novērojumu datiem. Tā kā korelācija starp interpolētajiem un novērotajiem **NO<sub>2+3</sub>** koncentrāciju rezultātiem ir samērā cieša, varētu izteikt pieņēmumu, ka interpolētās vērtības samērā labi, bet ne precīzi, apraksta reālo situāciju pēc 2009. gada, jo **NO<sub>2+3</sub>** koncentrācijas upēs mainījās izteikti sezonāli un tieši sezonālitate un upes noteces apjoms ir parametri, uz ko balstās interpolācijas modelis.

Daugavas **NO<sub>2+3</sub>** slodzes, kas aprēķinātas balstoties uz interpolētajiem rezultātiem, mainījās robežās no 0.003 – 13.62 tonnām mēnesī; uz novērojumiem balstītās slodzes

mainījās diapazonā no 0.00035 – 20.31 tonnai mēnesī (2.2. attēls). Interpolētās  $\text{NO}_{2+3}$  slodzes novērojumu iztrūkuma periodā palielinājās 2010. gadā, salīdzinot ar 2009. gadu, taču turpmākajos gados interpolētā slodze samazinājās. Daugavas noteces apjoms nosaka šādu  $\text{NO}_{2+3}$  slodzes izmaiņu tendenci 2009. – 2012. gadā. Līdzīga tendence raksturīga arī pārējiem interpolētajiem ūdens kvalitātes parametriem Daugavā, taču atšķirībā no fosfora savienojumu parametriem interpolētās  $\text{NO}_{2+3}$  slodzes pēc 2009. gada saglabājās iepriekšējo gadu diapazonā, kad tika veikti biežāki un regulārāki novērojumi.



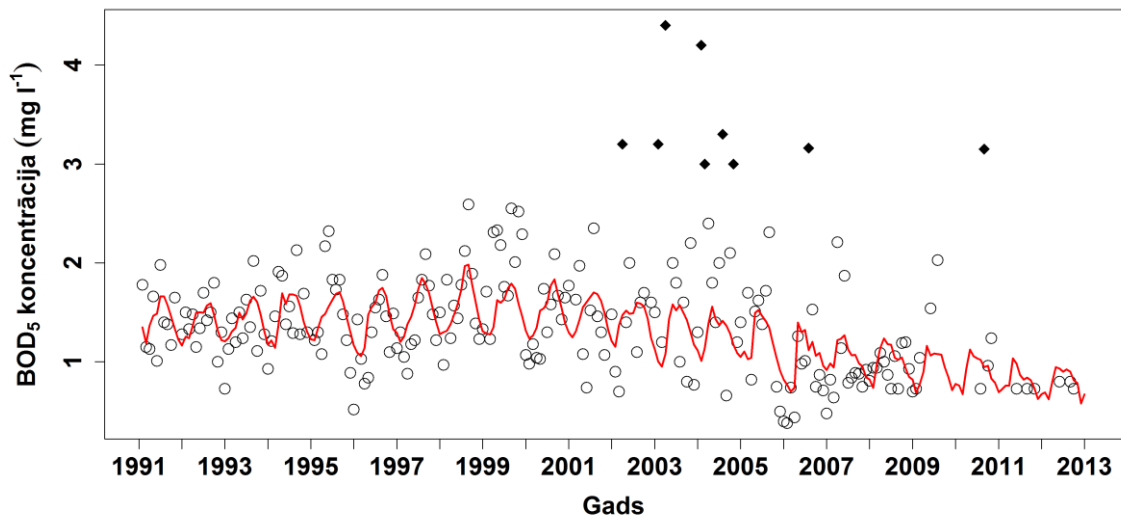
2.1. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



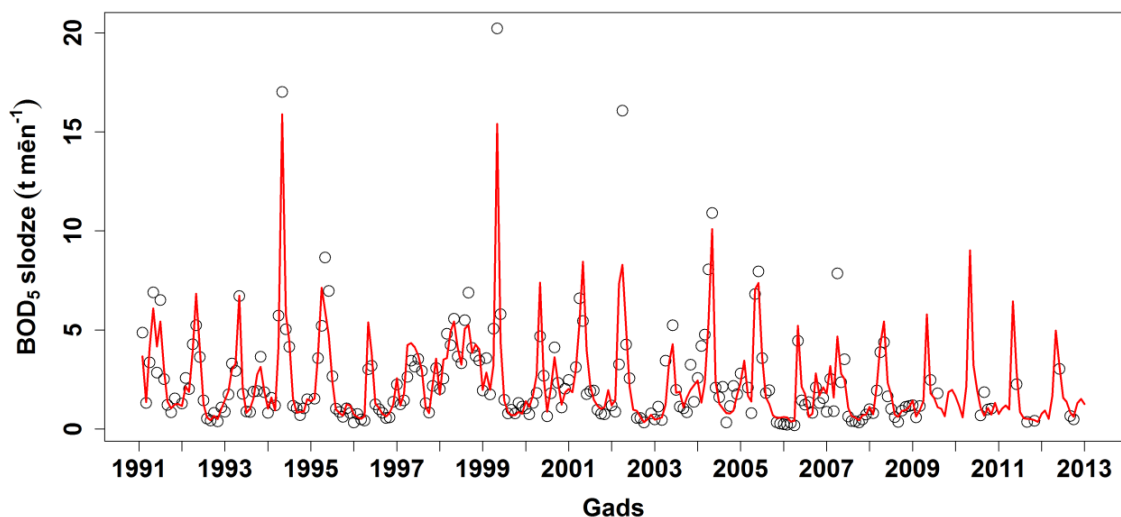
2.2. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

**Bioloģiskā skābekļa patēriņš ( $\text{BOD}_5$ )** (III un IV Pielikums) mainījās no 0.38 – 4.4  $\text{mg l}^{-1}$ , savukārt interpolētais  $\text{BOD}_5$  mainījās robežās no 0.43 līdz 1.97  $\text{mg l}^{-1}$ . Interpolēto vērtību

aplēsēs netika izmantoti mērījumos noteiktie ekstrēmie lielumi, kuri bija lielāki par  $3.0 \text{ mg l}^{-1}$ , jo tie radīja bažas par rezultātu pareizību, īpaši, ja šādi ekstrēmi lielumi attiecīgajā laika posmā parādās visās novērojumu stacijās Latvijā. Līdz 2000. gadam novērota bioloģiskā skābekļa patēriņa pieauguma tendence, taču pēc 2000. gada – samazināšanās tendenci, lai arī pieauga maksimālās vērtības visās astoņās novērojumu vietās. Periodā no 2009. – 2012. gadam novērojumu datu iztrūkuma dēļ konkrēta  $\text{BOD}_5$  vērtību izmaiņu tendence nebija nosakāma, bet interpolētie  $\text{BOD}_5$  dati uzrādīja samazinājuma tendenci.



2.3. attēls.  $\text{BOD}_5$  novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.  $\text{BOD}_5$  vērtības lielākas par  $3 \text{ mg l}^{-1}$  (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.



2.4. attēls.  $\text{BOD}_5$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

Tā kā noteiktajai bioloģiskā skābekļa patēriņa vērtību dinamikai līdz 2009. gadam nebija raksturīga sezonālitate, tādēļ arī interpolētiem rezultātiem nebija cieša korelācija ar

mērījumu datiem. Līdz ar to, interpolētos rezultātu visticamāk nevar izmantot reālās situācijas raksturošanai pēc 2009. gada, kā arī aprēķinātās slodzes uz Baltijas jūru un Rīgas līci var uzskatīt par neprecīzām un mazākas par reālajām.

Bioloģiskā skābekļa patēriņa slodze Daugavā, kas aprēķināta no novērojumiem, mainījās robežās no 0.18 – 20.23 tonnām mēnesī, savukārt interpolētās slodzes – no 0.35 – 15.9 tonnām mēnesī (2.4. attēls).

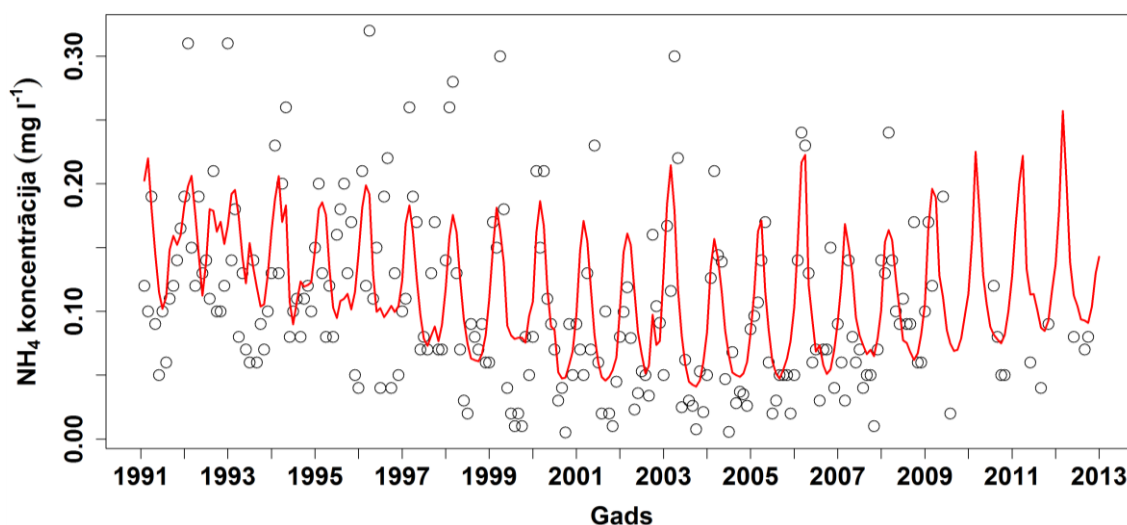
Organisko vielu pieplūdums bieži ir atkarīgs no ūdens baseina dinamikas un specifiskas – upes straumes ātruma, meža apauguma, lauksaimniecības zemju un purvu platībām un citām īpatnībām. Tiek uzskatīts, ka BOD<sub>5</sub> testu rezultāti tikai pastarpināti norāda uz organiskā materiāla koncentrāciju upes ūdenī, turklāt analīžu kvalitāti var ietekmēt dažādi ārējie faktori – ūdens pH, traucējošo sāļu klātbūtne, mikrobioloģiskās vides dinamika un homogenitāte. No BOD<sub>5</sub> novērojumu rezultātiem var iegūt tikai aptuvenu priekšstatu par organisko vielu koncentrāciju ūdenī, līdz ar to, precīzi neapraksta organisko vielu slodzes. Daudz precīzāk ūdenī izšķīdušo organisko vielu daudzumu raksturo kopējais organiskais ogleklis (TOC), ko nosaka ar tiešām oglekļa kvantificēšanas metodēm. Tādēļ, organisko vielu monitoringam Latvijas upēs rekomendējam izraudzīties TOC kvantitatīvo noteikšanu ūdenī BOD<sub>5</sub> vietā. Lai arī TOC noteikšanai lietotās analītiskās metodes ir dārgākas, toties mazāk laikietilpīgas, viegli atkārtojamas un ūdens testēšanas rezultātā tiek iegūti nepastarpināti dati par organisko vielu oglekļa koncentrāciju ūdenī, no kuriem iespējams sarēķināt precīzas slodzes.

**Amonijs** (V un VI Pielikums). Novērotās NH<sub>4</sub> koncentrācijas Daugavā mainījās robežās no 0.005 – 0.32 mg l<sup>-1</sup>, savukārt interpolētās koncentrācijas – no 0.041 līdz 0.25 mg l<sup>-1</sup>. Kopumā vērtējot mērījumu datus, NH<sub>4</sub> koncentrāciju izmaiņām upē nebija izteiktas sezonālātes. Laikā līdz 2000. gadam mērīto koncentrāciju izmaiņu tendence nebija skaidri saskatām un novērojumu datu vērtības bija izkliedētas plašā amplitūdā. No 1998. gada mērījumu minimālās vērtības samazinājās, kuras attiecīgā līmenī saglabājas līdz 2008. gadam, bet pēc tam līdz 2012.gada beigām atkal palielinājās. Interpolēto NH<sub>4</sub> koncentrāciju izmaiņu dinamika mainījās līdz ar novērojumu minimālo vērtību izmaiņām. Līdz ar to, laikā no 2009. – 2012. gadam, kad novērojumu datus bija iztrūkums, interpolētie dati uzrāda koncentrāciju pieauguma tendenci. Taču, ņemot vērā, ka interpolētie rezultāti nerasniedz minimālos mērījumu rezultātus, iespējams, ka interpolētie dati par periodu pēc 2009. gada nesniedz objektīvu informāciju un aprēķinātās amonija slodzes ir lielākas par reālajām.

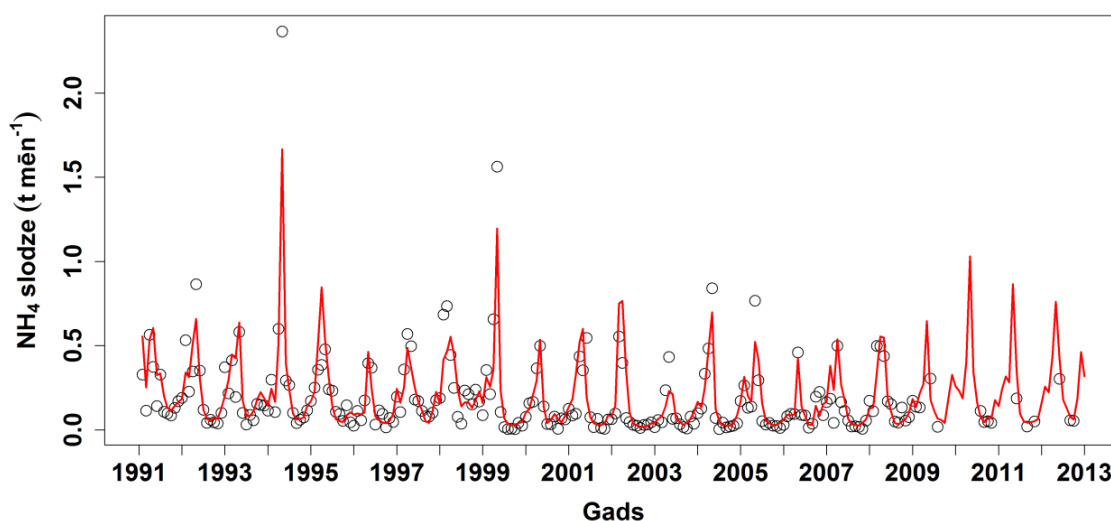
Novērotās NH<sub>4</sub> slodzes Daugavā mainījās robežās no 0.004 – 2.36 tonnām mēnesī (2.6. attēls). Novēroto NH<sub>4</sub> slodžu izmaiņas saglabāja relatīvi stabilu tendenci, ar paaugstinātām



slodzēm 1994. un 1999. gadā. Tādu pašu izmaiņu tendenci uzrādīja arī interpolētās  $\text{NH}_4$  slodzes, kas mainījās robežās no 0.018 – 1.66 tonnām mēnesī.



2.5. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.

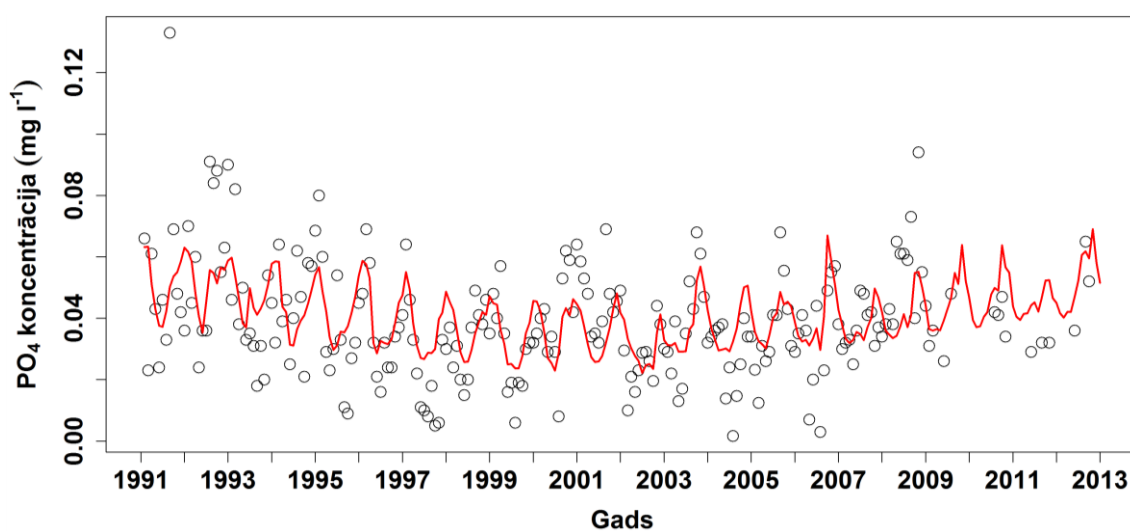


2.6. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

**Fosfāti** (VII un VIII Pielikums). Daugavā novērotās  $\text{PO}_4$  koncentrāciju vērtības mainījās robežās no 0.0016 – 0.133  $\text{mg l}^{-1}$ , savukārt interpolētās vērtības – no 0.022 līdz 0.069  $\text{mg l}^{-1}$  (2.7. attēls). Mērītajām  $\text{PO}_4$  koncentrācijām no 1991. – 2000. gadam bija tendence samazināties, savukārt pēc 2000. gada tās no jauna pieauga. Novēroto koncentrāciju pieaugšanas tendence tika novērota līdz 2009. gadam, taču pēc tam izmaiņu tendence skaidri nebija nosakāma datu trūkuma dēļ. Interpolētās  $\text{PO}_4$  koncentrāciju līdz 2009. gadam uzrādīja līdzīgu izmaiņu tendenci kā kvantitatīvi noteiktās, taču pēc 2009. gada, balstoties uz

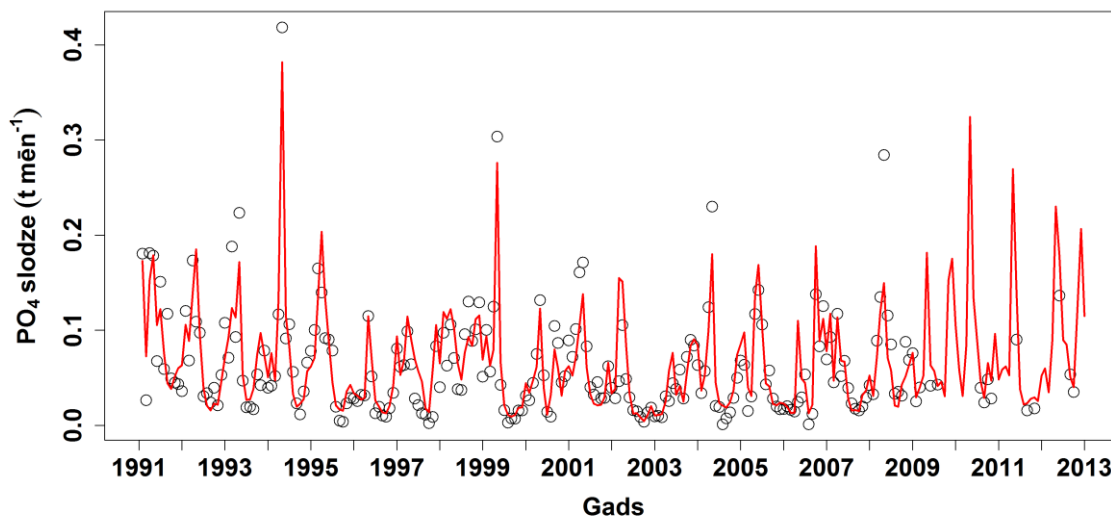
iepriekšējos gados novēroto koncentrāciju izmaiņu attīstību, interpolēto PO<sub>4</sub> koncentrāciju pieauguma tendence turpinājās.

Lai arī kopumā PO<sub>4</sub> koncentrācijas izmaiņām upēs bija sezonāls raksturs, ar augstām vērtībām ziemas periodā un to samazināšanos, iestājoties siltajai sezonai, taču Daugavā PO<sub>4</sub> koncentrācijām nebija novērojama izteikta sezonālitate visā apskatītajā periodā, vien atsevišķus gadus, kas liek domāt par citiem PO<sub>4</sub> koncentrāciju upē ietekmējošiem faktoriem, nesaistītiem ar sezonāliti un upes noteci. Tādēļ interpolētās PO<sub>4</sub> koncentrācijas Daugavā neaptver visu kvantitatīvi noteikto vērtību diapazonu un, salīdzinot ar Lielupi, neuzrāda augstu precizitāti (2.1. tabula). Līdz ar to, interpolētie rezultāti var tikai attālināti atspoguļot PO<sub>4</sub> koncentrāciju diapazonu un tendences Daugavā, turpretim Lielupes gadījumā interpolētie rezultāti ir tuvāki reālai situācijai.



2.7. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.

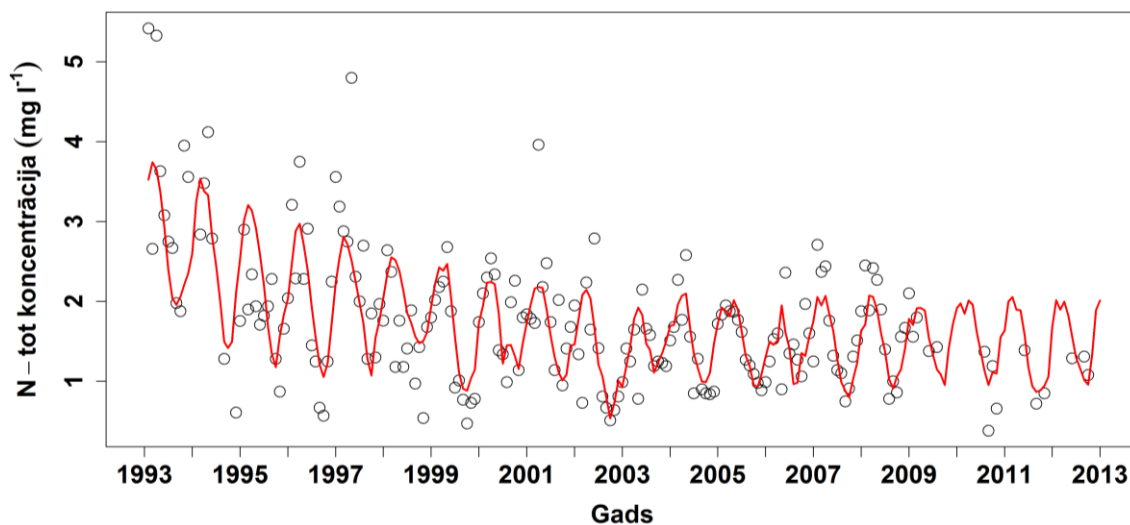
PO<sub>4</sub> slodzes, kas aprēķinātas pēc novērojumu datiem, mainījās robežās no 0.001 – 0.42 tonnām mēnesī, savukārt interpolētās slodzes – no 0.004 – 0.38 tonnām mēnesī (2.8. attēls). Pēc 2009. gada, kad monitoringa novērojumu apjums samazinājās, interpolētās PO<sub>4</sub> slodzes Daugavā ir būtiski palielinājušās, salīdzinot ar periodu, kad novērojumi ir reāli veikti.



2.8. attēls.  $\text{PO}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

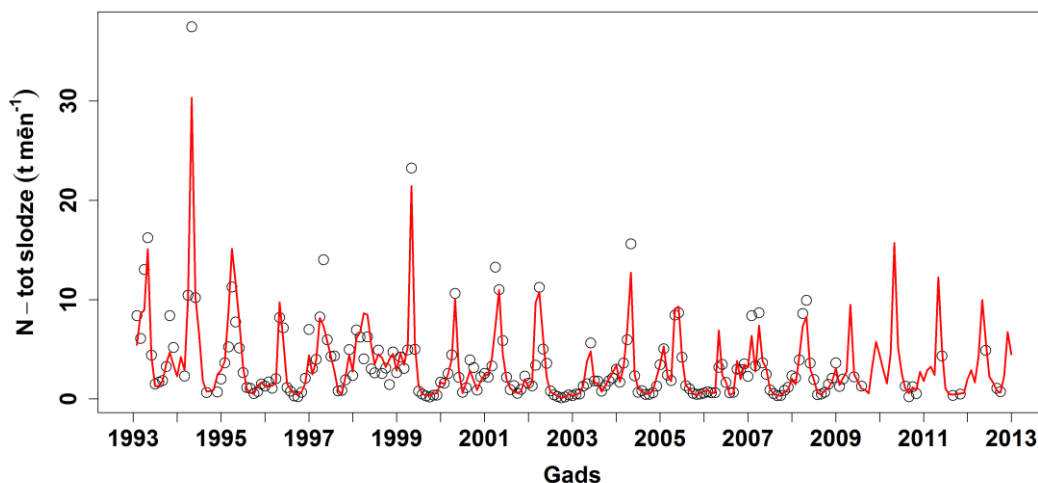
**Kopējais slāpeklis** (IX un X Pielikums). Novērotās kopējā slāpekļa koncentrācijas mainījās robežās no  $0.38 - 5.42 \text{ mg l}^{-1}$ , savukārt interpolācijas rezultāti – no  $0.53$  līdz  $4.49 \text{ mg l}^{-1}$ . Gan novērojumu, gan interpolācijas rezultāti (2.9. attēls) parādīja skaidru N-tot koncentrācijas samazināšanās tendenci no 1993. – 2003. gadam, pēcāk kopējā slāpekļa koncentrācijas izmaiņu tendence saglabājās stabila.

Līdzīgi kā  $\text{NO}_{2+3}$  gadījumā mērījumos noteikto kopējā slāpekļa koncentrāciju mainībai Daugavā bija raksturīga izteikta sezonālitate, un likumsakarīgi, ka arī interpolētie Ntot rezultāti lielā mērā sakrita ar novērojumiem un varētu samērā labi atainot reālo situāciju pēc 2009. gada, kad samazinājās monitoringa novērojumu biežums.



2.9. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.

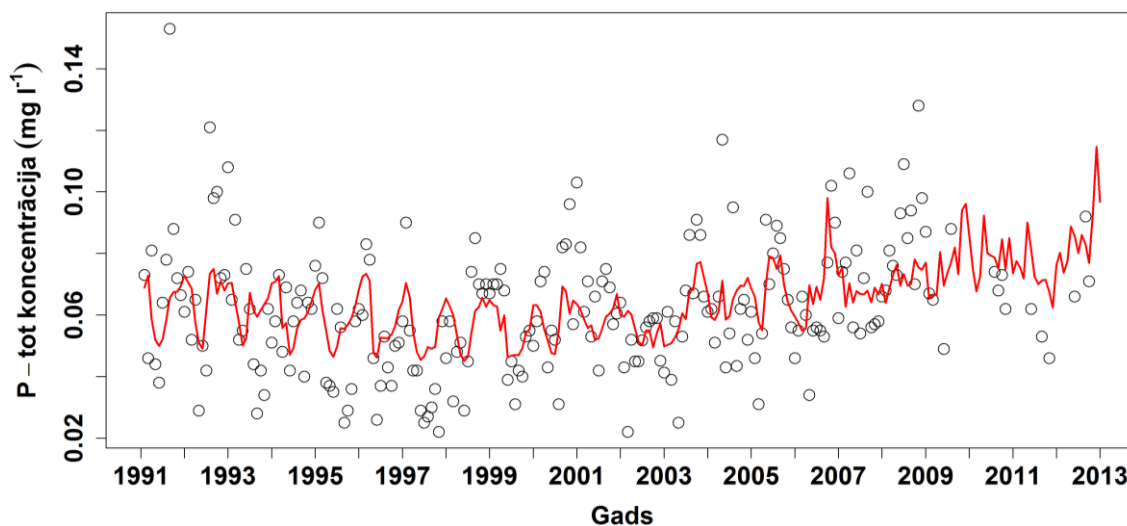
Kopējā slāpekļa novērotā slodze no Daugavas uz Rīgas līci (2.10. attēls) mainījās robežās no 0.097 – 37.5 tonnām mēnesī, savukārt interpolētā – no 0.10 – 30.33 tonnām mēnesī. Gan novērotās, gan interpolētās N-tot slodzes reālo novērojumu periodā uzrādīja līdzīgas tendences, kas liek domāt, ka interpolētās slodzes pēc 2009. gada aprakstīja situāciju tuvu reālajai.



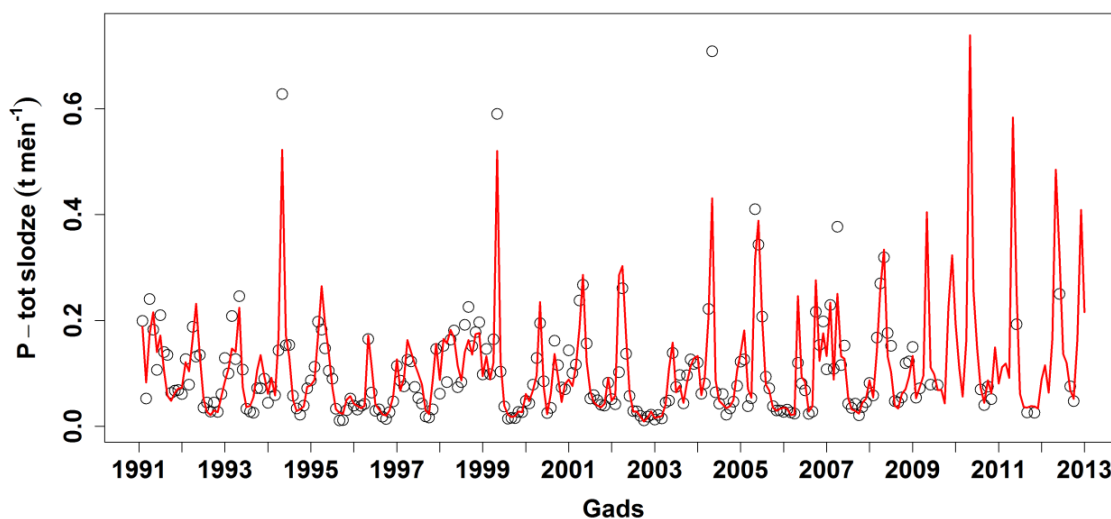
2.10. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

**Kopējais fosfors** (XI un XII Pielikums). Kopējā fosfora novērotās koncentrācijas Daugavā (2.11. attēls) mainījās robežās no 0.022 – 0.153 mg l<sup>-1</sup>, savukārt interpolēto rezultātu amplitūda bija šaurāka, un tā bija robežās no 0.045 līdz 0.114 mg l<sup>-1</sup>. Kopējā koncentrāciju izmaiņu tendence līdz 2003. gadam bija stabila, taču pēc 2003. gada līdz perioda beigām bija vērojama koncentrāciju palielināšanās. Laikā no 2009. – 2012. gadam, aizvietojo trūkstošos novērojumu datus ar interpolētajiem, tika konstatēts, ka kopējā fosfora koncentrācijas palielināšanās tendence turpinājās. Tā kā mērījumu rezultātiem nebija sezonālītātes iezīmes, līdz ar to, varētu uzskatīt modeļa interpolētie rezultāti slikti apraksta reālo situāciju upē, jo kopējā fosfora koncentrāciju upē ietekmē ar sezonālītāti un upes noteci nesaistīti faktori.

Novēroto un interpolēto kopējā fosfora slodžu vērtību diapazons (2.12. attēls) bija gandrīz vienāds, un tas mainījās attiecīgi robežās no 0.011 – 0.70 un 0.009 līdz 0.73 tonnām mēnesī, taču laika posmā no 2009. – 2012. gadam uzrādīja slodžu palielināšanos, un to maksimālās vērtības pārsniedza iepriekšējos gados novērotās. Interpolēto kopējā fosfora slodžu vērtības pēc 2009. gada visdrīzāk ir maz ticamas, jo, kā jau iepriekš minēts, korelācija starp interpolētiem un mērījumu rezultātiem nav cieša.



2.11. attēls. P - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



2.12. attēls. P - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.

## 2.2. Paraugu ņemšanas stratēģijas ietekme uz interpolācijas rezultātiem

Paraugu ņemšanas stratēģijas efektivitāte un ietekme uz interpolācijas modeļa rezultātu precizitāti novērtēta, balstoties uz relatīvo novirzi starp gada vidējām interpolētajām un novērotajām slodzēm (XIII Pielikums).

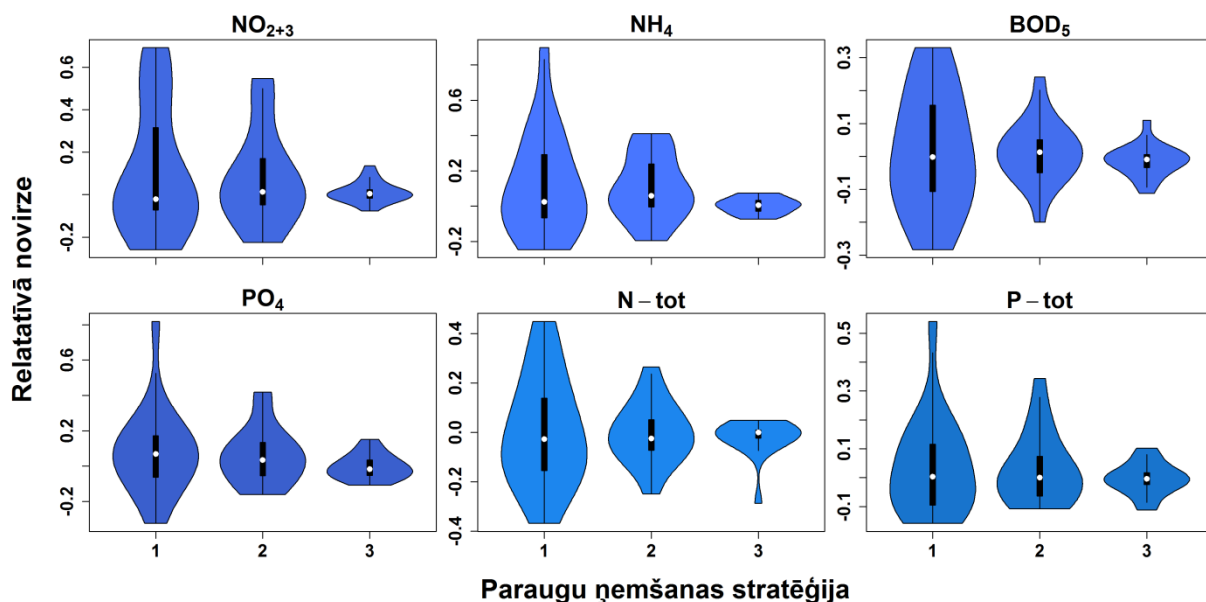
Piemēram, ja saglabā pašreizējo paraugu ņemšanas stratēģiju un, izmantojot interpolētās koncentrāciju vērtības, aprēķina Daugavas gada vidējo  $\text{NO}_{2+3}$  slodzi ( $L_{int}$ ), tad relatīvā novirze (*bias*) var sasniegt no -25 līdz pat 69 % no reālās attiecīgā gada vidējās slodzes ( $L_i$ ) (attēls 2.13). Ja tiek ņemti trīs paraugi gadā, izvēloties mēnešus ar augstu upes noteci, minimālā un maksimālā relatīvā novirze samazinās par attiecīgi 3.4 un 15.5 %. Savukārt, palielinot gadā ņemto paraugu skaitu līdz deviņiem, izlaižot vienīgi vasaras mēnešus ar zemu upes noteci,

gada vidējās slodzes, kas aprēķinātas, izmantojot interpolētās  $\text{NO}_{2+3}$  koncentrācijas, minimālā un maksimālā relatīvā novirze no reālās gada vidējās slodzes ir attiecīgi tikai 7 un 13 %.

Interpolēto  $\text{NH}_4$  koncentrāciju novirze, simulējot datu iztrūkumu atbilstoši 2010. gada paraugu ņemšanas stratēģijai, var sasniegt -24 līdz par 89% no novērojumiem. Minimālā un maksimālā interpolācijas novirzes amplitūda samazinās līdz attiecīgi -19 un 41% no novērojumiem, ja ūdens paraugi  $\text{NH}_4$  koncentrācijas noteikšanai tiek ņemti mēnešos ar lielu upes noteci. Savukārt paraugu ņemšanas stratēģija, kas paredz paraugus ņemt 9 reizes gadā, samazina minimālo un maksimālo interpolēto slodžu novirzi par attiecīgi -7 un 7% no novērotās slodzes.

Nedaudz mazāka interpolēto rezultātu novirze no novērojumiem novērojama  $\text{BOD}_5$  gadījumā, kas mainās amplitūdā no -28 līdz 33 %. Ja paraugi  $\text{BOD}_5$  apjoma noteikšanai tiktu ņemti mēnešos ar augstu upes noteci, minimālā un maksimālā interpolēto rezultātu novirze samazinātos līdz attiecīgi -19 un 24%. Savukārt paraugus ņemot 9 reizes gadā, izņemot mēnešus ar zemu upes noteci, interpolēto rezultātu novirze samazinās līdz -11 un 10% no novērojumiem.

Ar pašreizējo paraugu ņemšanas stratēģiju iegūtie  $\text{PO}_4$  koncentrāciju interpolētie rezultāti veidotu novirzi -32 un 81% robežās no novērotajām slodzēm. Ja paraugi tiktu ņemti mēnešos ar augstu upes noteci, interpolēto slodžu novirze samazinātos divas reizes, savukārt, paraugus ņemot 9 reizes gadā, interpolēto  $\text{PO}_4$  slodžu novirzes amplitūda samazinās līdz -10 – 15% no novērotajām slodzēm.



2.13. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Daugavā. (1 – paraugu ņemšana jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī; 2 – paraugu ņemšana martā, aprīlī un oktobrī; 3 – paraugu ņemšana 9 reizes gadā, izņemot jūliju, augustu un septembri).

Kopējā slāpekļa interpolēto vērtību novirze, paraugus ņemot pēc pašreizējās shēmas, mainās robežās no -36 līdz 45% no novērojumiem. Ņemot N-tot paraugus 3 reizes gadā, mēnešos ar augstu upes noteci, interpolēto slodžu novirze ir no -25 – 26% no novērojumiem, bet paraugus ņemot 9 reizes gadā, izlaižot mēnešus ar zemu noteci, minimālā un maksimālā interpolēto slodžu novirze mainītos robežās no -28 līdz 4 procentiem no novērotajām slodzēm.

Kopējā fosfora interpolēto slodžu veidotā novirze no novērojumiem, monitoringu veicot pašreizējā režīmā, mainās robežās no -15 līdz 54%. Paraugus ņemot 3 reizes gadā mēnešos ar augstāko upes noteci, P-tot interpolēto slodžu novirze samazinātos līdz -10 – 34% no novērojumiem. Taču ja P-tot tiek noteikts 9 reizes gadā, izņemot mēnešus ar zemu upes noteci, interpolēto slodžu novirze veido -11 – 10% no novērojumiem.

Relatīvo noviržu vērtību izklīdes samazinās, ir tuvākas nullei, un tas nozīmē mazāku atšķirību starp novērotajām un interpolētajām ūdens kvalitātes parametru slodzēm arī citās upēs, ja paredz alternatīvas paraugu ņemšanas stratēģijas pašreiz piedāvātās vietā.

Simulējot novērojumu iztrūkumu gada mēnešos ar mazu upes noteci, labāki rezultāti iegūti lielajām Latvijas upēm – Daugavai, Gaujai un Lielupei. Šādu tendenci lielā mērā nosaka novērojumu datu pieejamība, kas lielajās upēs ir pietiekama (>200 novērojumi katram parametram) modeļa sekmīgai darbībai (Hirsch, et al., 2010). Savukārt mazajās upēs ūdens kvalitātes parametru novērojumu skaits ir nedaudz mazāks nekā 200.

Problēmas, izmantojot monitoringa programmu ar mazu ikgadējo paraugu ņemšanas skaitu, parādījās Salacas gadījumā visiem parametriem, izņemot BOD<sub>5</sub>. Tā kā 2004. – 2007. gadā Salacas ūdens kvalitātes parametru mērījumu rezultāti bija 2 – 4 reizes augstāki (III pielikums) nekā pirms un pēc šī perioda, interpolēto koncentrāciju vērtības 2008. gadam bija līdz pat 5 reizes augstākas nekā novērojumos konstatētās (III pielikums). Šāda situācija skaidrojama ar interpolācijas modeļa uzbūvi, kas ir lineārs attiecībā pret laika funkciju, un tādēļ retu novērojumu gadījumā saglabā koncentrāciju augšupejošo tendenci visā novērojumu periodā no 1991. – 2008. gadam.

Iegūtās interpolēto rezultātu relatīvās novirzes aprēķinātas pret 12 novērojumiem gadā, kas uzskatāms par minimālo apmierinošo novērojumu daudzumu. Aprēķinātā relatīvā novirze potenciāli būtu vēl augstāka, ja to vērtētu pret citu Baltijas jūras piekrastes valstu iekšējo ūdeņu monitoringa programmām, kur ūdens kvalitātes paraugu ņemšana notiek pat 30 reizes gadā (3.1. tabula),.

### 2.3. Smago metālu interpolācijas dati un slodžu aprēķini

Sākotnēji, lai sagatavotu smago metālu ieejas datu bāzi, tika pārskatīti un analizēti no LVĢMC saņemtie smago metālu kvantitatīvo mērījumu rezultāti upēs. Ņemot vērā 2009/90/EK direktīvu, kas nosaka tehniskās specifikācijas ūdens stāvokļa ķīmiskajām analizēm un monitoringam, kvantitatīvās noteikšanas robežai ir jābūt vienāgai ar vai mazākai par 30% vērtību no atbilstīgā vides kvalitātes standarta vērtības, kas noteikta Bīstamo vielu direktīvā 2008/105/EK. Metālisko elementu koncentrācijas ūdenī Latvijas upēs noteica, izmantojot tobrīd labākos pieejamos paņēmienus un metodes. Spriežot pēc 2010. gada LVĢMC Vides laboratorijas kvantitatīvo metodiku parametriem un karogotajām vērtībām (mazāks par MDL vai LOQ) datu bāzē, metālisko elementu kvantitatīvai noteikšanai ūdenī saskaņā ar direktīvas 2009/90/EK prasībām atbilda Cd, (AAS/ET metode), Ni un Pb kvantitatīvās noteikšanas metodes, bet neatbilda – Cd (ICP/MS metode) un Hg kvantitatīvās noteikšanas metodes (2.2.tabula). Ņemot vērā 2002. gada 12. marta LR Ministru kabineta noteikumus Nr. 118 Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti, tad kvantitatīvai As, Cr, Cu un Zn noteikšanai ūdenī bija izmantotas atbilstošas metodes.

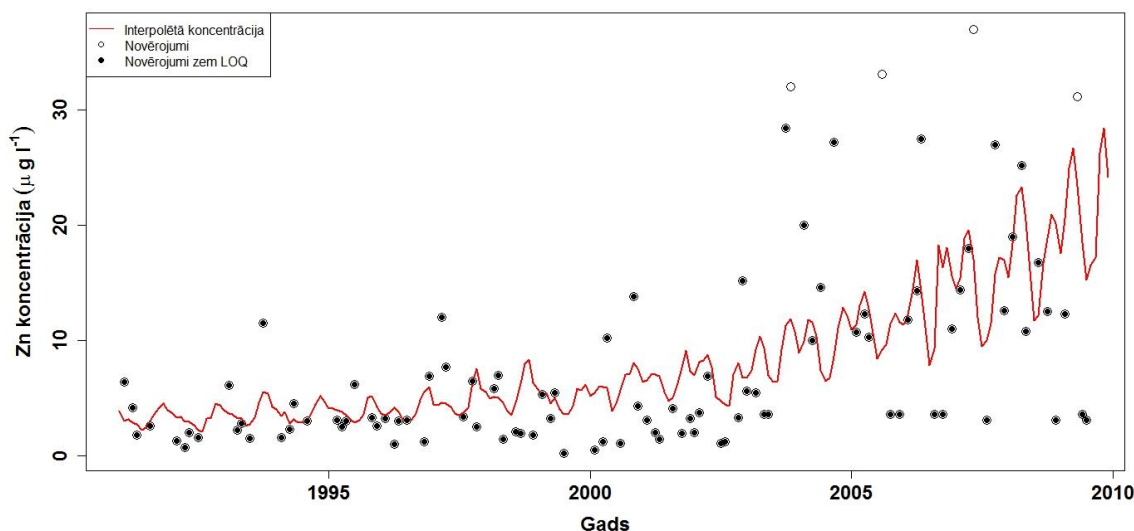
2.2. tabula.

**LVĢMC Vides laboratorijas testēšanas metodes apakšēja noteikšanas robeža (MDL), mazākā kvantificēšanas robeža (QL), precizitāte no 22.03.2010., kā arī atbilstība 70 % no vides kvalitātes standarta (VKS) noteiktam Bīstamo vielu direktīvā 2008/105/EK.**

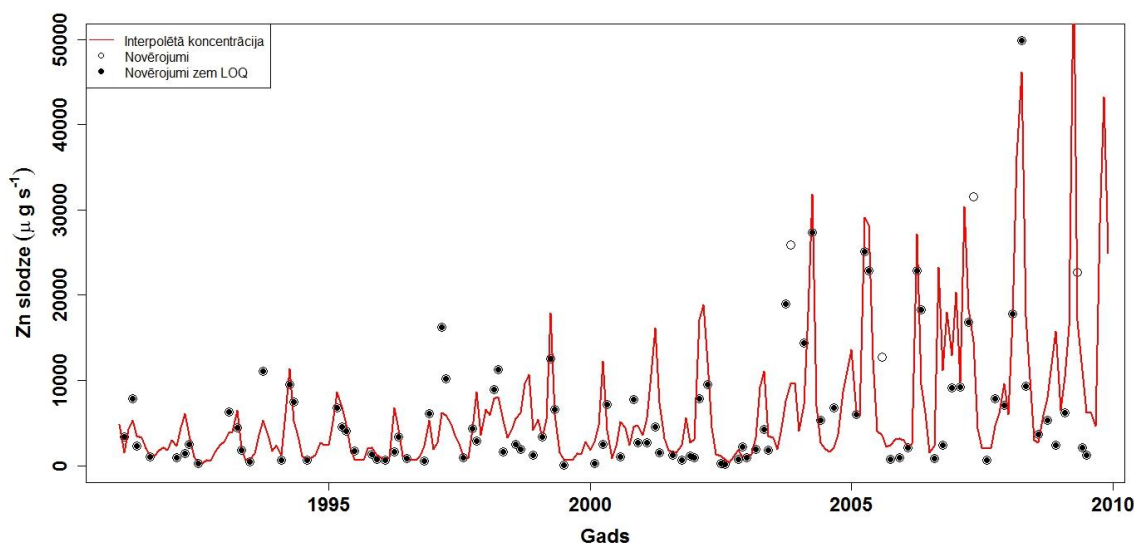
Rādītājs	Normatīvi-tehniskās dokumentācijas Nr.	MDL	QL	70 % no VKS	Mērvienība	Precizitāte, %	Metode
<b>As</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	0.3	1	105	µg/l	4	ICP/MS
<b>As</b>	LVS EN ISO 15586:2003	0.8	3	105	µg/l	5	AAS/ET
<b>Cd</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	0.06	0.2	0.06	µg/l	6	ICP/MS
<b>Cd</b>	LVS EN ISO 15586:2003	0.02	0.06	0.06	µg/l	8	AAS/ET
<b>Cu</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	1	4	6	µg/l	3	ICP/MS
<b>Cu</b>	LVS EN ISO 15586:2003	0.4	2	6	µg/l	7	AAS/ET
<b>Hg</b>	LVS EN 1483:2007	0.06	0.21	0.04	µg/l	3	Aukstā tvaika AAS
<b>Ni</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	0.9	3	14	µg/l	4	ICP/MS
<b>Ni</b>	LVS EN ISO 15586:2003	0.9	3	14	µg/l	6	AAS/ET
<b>Pb</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	0.4	1.3	5.0	µg/l	3	ICP/MS
<b>Pb</b>	LVS EN ISO 15586:2003	0.4	2	5.0	µg/l	6	AAS/ET
<b>Zn</b>	LVS EN ISO 17294-2:2005	8	26	84	µg/l	3	ICP/MS
<b>Zn</b>	LVS ISO 8288: 1986	10	30	84	µg/l	9	AAS/L



Tā kā datu rinda par Zn koncentrāciju Daugavas ūdenī bija vispilnīgākā, tad tika izmēģināta Zn datu interpolēšana un slodžu aprēķini (2.14. un 2.15. attēls).



2.14.attēls. Novēroto un interpolēto Zn koncentrāciju izklide Daugavā. Melnie punkti ir rezultāti zem kvantificēšanas robežas, baltie punkti ir rezultāti virs kvantificēšanas robežas.



2.15.attēls. Zn slodzes Daugavā. Melnie punkti ir rezultāti zem kvantificēšanas robežas, baltie punkti ir rezultāti virs kvantificēšanas robežas.

## 2.4. Dati par punktveida piesārņojuma avotiem

Ieguldot investīcijas komunālās ūdenssaimniecības attīstībā, tiek panākta no punktveida piesārņojuma avotiem vidē novadītā piesārņojuma būtiska samazināšanās. Kopumā visā valstī centralizētās ūdensapgādes pakalpojumu pieejamība 2012.gadā sasniegusi 61,96%. 2012.gada beigās dzeramā ūdens sagatavošana un notekūdeņu attīrīšana atbilst normatīvo aktu prasībām 62 no 89 aglomerācijām ar cilvēku ekvivalentu (CE) lielāku par 2000 (FM, 2014).

Uz 2015.gadu Latvijā būs 22 aglomerācijas, kas izpildīs ES direktīvas 91/271/EEC „Par pilsētu notekūdeņu attīrīšanu” prasības, savukārt 67 aglomerācijās būs vēl nepieciešams veikt investīcijas notekūdens sistēmu tālākai sakārtošanai (VARAM, 2013a). Apdzīvoto vietu grupā, kur CE 200 – 2000, ir noteiktas 14 apdzīvotas vietas, kurās jāveic papildu pasākumi notekūdeņu attīrīšanas iekārtu darbību uzlabošanai (FM, 2014).

Tiek paredzēts, ka 2015.gadā vidējais pieslēgumu līmenis ar centralizētu notekūdeņu savākšanu sasniegs 69,3 %, kur reģionos:

- Lielupes upju baseinā – 71,99 %;
- Gaujas upju baseinā – 67,68 %;
- Piekrastes objektos – 39,35 %;
- Ventas upju baseinā – 76,55 %;
- Daugavas upju baseinā – 62,74 %.

Taču neatbilstošas jaudas vai attīrīšanas kvalitātes notekūdeņu attīrīšanas iekārtas visos baseinos 2015.gadā vidēji samazināsies līdz 35,6 % jeb 68 apdzīvotās vietās, kur uzskaitot pa reģioniem (VARAM, 2013b):

- Lielupes upju baseinā – 36 %;
- Gaujas upju baseinā – 27,6 %;
- Piekrastes objektos – 61,5 %;
- Ventas upju baseinā – 34,6 %;
- Daugavas upju baseinā – 32,5 %.

### **3. DISKUSIJA**

#### **Latvijas upju monitoringa programmas efektivitāte**

Līdz 2008. gadam Latvijas lielāko upju grīvās, kas veido piesārņojuma slodzi no Latvijas uz Baltijas jūru, biogēno elementu koncentrācijas tika noteiktas vienu reizi mēnesī. Šāds novērojumu temporālais nodrošinājums, atbilstoši HELCOM ekspertu izstrādātajām vadlīnijām, ir uzskatāms par nepieciešamo minimumu, lai būtu iespējams novērtēt upes bioķīmisko stāvokli tās nesto piesārņojuma slodzi uz Baltijas jūru. Turklāt, šāds laika pārklājums upes ūdens kvalitātes monitoringa datiem ļauj noteikt tās radīto barības vielu slodzi uz Baltijas jūru ar pietiekamu precizitāti.

Sākot ar 2009. gadu, Latvijas upju monitoringa sistēmā ūdens kvalitāti raksturojošo parametru mērījumu skaits tika samazināts līdz 3-4 reizēm gadā. Šāds datu temporālais nodrošinājums nav uzskatāms par pietiekamu, lai nodrošinātu detalizētu informāciju par Latvijas upju nesto piesārņojumu Baltijas jūrā. Šobrīd no visām Baltijas jūras piekrastes

valstīm Latvija ir valstis, kurai ir problēmas ar upju ūdens kvalitātes monitoringa sistēmu, kamēr visās pārējās valstīs upju ūdens kvalitāte tiek novērota vismaz katru mēnesi (3.1. tabula). Rezultātā, pēdējā HELCOM publicētajā pārskatā par Baltijas jūras piesārņojuma slodzēm (HECLOM, 2013), no Latvijas upēm nestās barības vielu slodzes 2009. – 2010. gadam aplēstas, balstoties uz iepriekšējā perioda datiem, jo barības vielu un noteces dati no Latvijas, periodam no 2009. – 2010. gadam, HELCOM rīcībā netika nodoti. Šī iemesla dēļ nav bijis iespējams noteikt reālo, no Latvijas radīto slāpekļa un fosfora piesārņojuma slodzi uz Baltijas jūru minētajā laika periodā, kā arī Latvijas upju radīto slodžu izmaiņas attiecībā pret atskaites periodu.

3.1. tabula.

**Monitoringa programma Baltijas jūras piekrastes valstīs.**

<b>Valsts</b>	<b>Novērojamo upju skaits</b>	<b>Ūdens kvalitātes paraugu skaits gadā</b>
Dānija	95	12 - 30
Igaunija	38	12
Krievija	4	12
<b>Latvija</b>	<b>8</b>	<b>3 – 4</b>
Lietuva	5	12
Polija	12	12
Somija	29	13 – 22
Vācija	13	12 – 24
Zviedrija	49	12 – 24

Atbildīgie dienesti no citām Baltijas jūras piekrastes valstīm, piemēram Somijas, savu monitoringa programmu upju ūdens kvalitātes noteikšanai, ir veidojuši, balstoties uz upju noteces sezonālītāti (privāta komunikācija ar Antti Rāike), no kā ūdens kvalitātes parametru koncentrācija, ir tieši atkarīga. Ņemot vērā savas finansiālās iespējas, Latvijas atbildīgajām institūcijām, upju ūdens kvalitātes monitoringa programmu būtu vēlams veidot, balsoties uz noteces sezonālītāti.

HELCOM primāri ieteiktā metode iztrūkstošo upju slodžu datu aprēķināšanai ir lineārā regresija. WRTDS interpolācijas modelis ir uzskatāms par vienu no efektīvākajām šāda veida metodēm (1.3. tabula; Hirsch, 2014; Moyer, et al., 2012), un šīs metodes efektivitāti nosaka ņemto paraugu skaits un to daudzums sezonā ar augstu upes noteci.

Ņemot vērā HELCOM ieteikumus iztūkstošo ūdens kvalitātes parametru novērojumu datu aprēķināšanā, citu valstu praktizēto metodiku iekšējo ūdeņu monitoringa programmas izstrādei, kā arī WRTDS interpolācijas darbības pamatprincipus un īpatnības, turpmākā

Latvijas upju ūdens kvalitātes monitoringa stratēģija būtu piemērojama upes noteces režīmam, un līdzšinējais gada laikā ņemto paraugu skaits ūdens kvalitātes noteikšanai būtu palielināms līdz vismaz deviņiem paraugiem.

## 4. REKOMENDĀCIJAS

### 4.1. Rekomendācijas par paraugu ņemšanas biežumu un laiku.

Vērtējot citu valstu upju monitoringa programmas realizācijas pieredzi, nākas secināt, ka Latvijas upju monitoringa programma tiek īstenota nekvalitatīvi, līdz ar to, pēc 2009. gada arī upju nestā piesārņojuma slodžu aprēķini nav uzskatāmi par precīziem. Barības vielu gada vidējo slodžu relatīvās novirzes, kuras aprēķinātas pašreiz realizētam paraugu ņemšanas scenārijam, ir samērā lielas. Lai varētu sniegt pārliecinošus ziņojumus un pierādīt, ka Latvijā veiktās preventīvās darbības slodžu mazināšanai ir rezultatīvas un orientētas laba vides stāvokļa sasniegšanai līdz 2020. gadam, ir nepieciešams mainīt un būtiski uzlabot upju monitoringa programmu un paraugu ņemšanas stratēģiju. Rekomendācijas paraugu ņemšanas stratēģijas uzlabošanai ir aprakstītas zemāk.

**I.** Ļoti ieteicams ir atjaunot paraugu ņemšanas maksimuma programmu, kāda bija līdz 2008.gadam. Tie būtu astoņu Latvijas upju, kuras ietek Baltijas jūrā un Rīgas līcī, ikmēneša (12 reizes gadā) novērojumi atbilstoši ES direktīvas (2000/60/EC) prasībai stacijās, kurās veiktie novērojumi tiek ņemti vērā upju nestā piesārņojuma slodžu aprēķinos, kopā 96 paraugi gadā. Datu apjoms ir pietiekams, lai aprēķinātu gada vidējo slodzi ar augstu ticamības pakāpi.

**II.** Mazas upju noteces Latvijā ir novērotas lielākoties periodā no jūlija līdz septembrim. Šajā laikā upju nestā piesārņojuma slodze ir vismazākā, kā arī kopējais ieguldījums gada griezumā ir ļoti mazs. Monitoringa līdzekļu taupīšanas nolūkos varētu atteikties no novērojumiem jūlijā, augustā un septembrī un īstenot paraugu ņemšanu 9 reizes gadā, kopā 72 paraugi gadā. Spriežot pēc relatīvās novirzes diagrammām 2.7. attēlā, datu apjoms ir pietiekams, lai, izmantojot datu interpolēšanas metodi, vēl ar pietiekami augstu ticamības pakāpi varētu aprēķināt gada vidējo slodzi uz jūru, taču jāņem vērā, ka vidējie slodžu rezultāti varētu būt nedaudz lielāki par reāliem.

**III.** Paraugu ņemšanas stratēģija, kas Latvijā tiek realizēta pēc 2009. gada, sniedz neskaidru un dažreiz aplamu priekšstatu par upju nestā piesārņojuma slodzi uz jūru. Paraugu kopīgais apjoms gada laikā bija 24 – 32 paraugi, turklāt ņemti sezonā, kad upju notece bija vismazākā. Spriežot pēc relatīvās novirzes diagrammām 2.7. attēlā, kvalitatīvāki gada vidējo slodžu aprēķinu rezultāti būtu sagaidāmi, ja paraugu vākšana notiktu mēnešos, kad upju notece ir vislielākā – martā, aprīlī un oktobrī. Tomēr šāda novērojumu stratēģija sniegs tikai uzlabotu alternatīvu risinājumu, nemainot paraugu skaitu. Interpolētie dati tuvināsies reāliem,

taču upju slodžu gada vidējo lielumu relatīvā novirze saglabāsies liela, salīdzinot ar divām iepriekš minētajām paraugu ņemšanas stratēģijām.

#### **4.2. Ieteikumi monitoringa programmas uzlabošanai metālisko elementu slodžu noskaidrošanai.**

Ūdens struktūrdirektīvā (2000/60/EK) ir noteikts, ka bīstamo vielu monitorings ir veicams, ņemot vērā ūdens objekta sezonālo mainību, kura var būtiski ietekmēt novērojumu rezultātus. Lai raksturotu smago metālu slodzes Latvijas upēs ir nepieciešams veikt regulārus ikmēneša novērojumus, kopā 12 reizes gadā, un jāuzlabo laboratoriju tehniskās spējas ūdens ķīmisko analīžu veikšanai un upju nestā piesārņojuma slodžu monitoringam. Lai arī līdz šim izmantotās metālu kvantificēšanas metodes ir salīdzinoši nedārgas, taču iegūtie dati tikai raksturo ūdeņu ķīmisko stāvokli un atbilstību vides kvalitātes standartam (2008/105/EK), un tie nav derīgi slodžu aprēķiniem, jo lielākā daļa mērījumu ir zem kvantificēšanas robežas. Atbildīgajām institūcijām būtu jāpievērš pastiprināta uzmanība, lai nacionālā virszemes ūdeņu monitoringa programma attiecībā uz smagajiem metāliem būtu efektīva izvirzīto mērķu un pieņemto saistību sasniegšanā saistībā ar slodžu aplēsēm un novērtējumu.

Bīstamo vielu direktīvā 2013/93/ES, kura pieņemta 2013. gadā un groza Direktīvu 2000/60/EK un direktīvu 2008/105/EK, vairs nepiemēro Hg koncentrācijas ūdenī gada vidējo lielumu par vides kvalitātes standartu, saglabājusies ir maksimāli pieļaujamās koncentrācijas vides kvalitātes standarts, taču uzsvars ir likts uz biotas monitoringu un biotai piemēroto vides kvalitātes standartu. Upju nestā Hg slodžu aplēses varētu veikt divējādi:

- 1) uzlabojot laboratoriju ūdens testēšanas veiktspēju un kapacitāti, kā arī palielinot novērojumu skaitu līdz 12 reizēm, kā iepriekš aprakstīts;
- 2) gada vidējo slodžu aprēķiniem izmantot Hg satura datus biotā, t.i., zivīs, aprēķinus veicot saskaņā ar EK vadlīnijām par metālu vides kvalitātes standartu atvasināšanu dažādu matricu testa objektiem no koncentrācijas ūdenī (EC Guidance document No.27, 2011), lai gan nav apstiprināšu faktu, ka šāda metode ir piemērota gada vidējo slodžu aprēķiniem, līdz ar to, ir nepieciešams atsevišķs pētījums par Hg gada vidējo slodžu aprēķinu iespējām, izmantojot biotas datus.

#### **4.3. Ieteikumi monitoringa programmai organisko vielu slodžu noskaidrošanai.**

Organisko vielu pieplūdums bieži ir atkarīgs no ūdens baseina dinamikas un specifikas – upes straumes ātruma, meža apauguma, lauksaimniecības zemju un purvu platībām un citām īpatnībām. Tiek uzskatīts, ka BOD<sub>5</sub> testu rezultāti tikai pastarpināti norāda uz organiskā materiāla koncentrāciju upes ūdenī, turklāt analīžu kvalitāti var ietekmēt dažādi ārējie faktori

– ūdens pH, traucējošo sāļu klātbūtne, mikrobioloģiskās vides dinamika un homogenitāte. No BOD<sub>5</sub> novērojumu rezultātiem var iegūt tikai aptuvenu priekšstatu par organisko vielu koncentrāciju ūdenī, līdz ar to, precīzi neapraksta organisko vielu slodzes. Daudz precīzāk ūdenī izšķīdušo organisko vielu daudzumu raksturo kopējais organiskais ogleklis (TOC), ko nosaka ar tiešām oglekļa kvantificēšanas metodēm. Tādēļ, organisko vielu monitoringam Latvijas upēs rekomendējam izraudzīties TOC kvantitatīvo noteikšanu ūdenī BOD<sub>5</sub> vietā. Lai arī TOC noteikšanai lietotās analītiskās metodes ir dārgākas, toties mazāk laukietilpīgas, viegli atkārtojamas un ūdens testēšanas rezultātā tiek iegūti nepastarpināti dati par organisko vielu oglekļa koncentrāciju ūdenī, no kuriem iespējams sarēķināt precīzas slodzes.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

European Commission, 2011. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 27. Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards.

FM, 2014. LR Finanšu Ministrija. Partnerības līgums Eiropas Savienības investīciju fondu 2014.–2020.gada plānošanas periodam. Rīga.

HELCOM, 2011. The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5), Baltic Sea Environ. Proc. No. 128

HELCOM, 2013. Review of the Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation for the 2013 HELCOM Ministerial Meeting. Balt. Sea Environ. Proc. No. 141

Henriksen, K., Kemp, M.W., 1988. Nitrification in estuarine and coastal marine sediments. In: Blackburn, T.H., Sorensen, J. (ed.) *Nitrogen cycling in coastal marine environments*. John Wiley & Sons, Chichester, 451 p.

Hirsch, R. M., 2014. Large Biases in Regression-Based Constituent Flux Estimates: Causes and Diagnostic Tools. *Journal of the American Water Resources Association*. 1-24. DOI: 10.1111/jawr.12195

Hirsch, R. M., Moyer, D. L. and Archfield, S.A., 2010. Weighted Regressions on Time, Discharge, and Season (WRTDS), With an Application to Chesapeake Bay River Inputs. *Journal of the American Water Resources Association*. 46(5): 857-880. DOI: 10.1111 / j.1752-1688.2010.00482.x

Moyer, D.L., Hirsch, R.M., and Hyer, K.E., 2012, Comparison of two regression-based approaches for determining nutrient and sediment fluxes and trends in the Chesapeake Bay watershed: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2012–5244, 118 p. (Available online at <http://pubs.usgs.gov/sir/2012/5244/>)

Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centrs, 2009. Daugavas baseina apsaimniekošanas plāna vides pārskats.

VARAM, 2013a. LR Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas ziņojums. Līgums „Aktivitātes 3.4.1.1. „Ūdenssaimniecības infrastruktūras sistēmas attīstība apdzīvotās vietās

līdz 2000 iedzīvotājiem” ieviešanas un citu apdzīvoto vietu (200 – 2000) ūdenssaimniecības situācijas izvērtējums un metodoloģijas izstrāde izmaksu noteikšanai vēl nepieciešamām investīcijām”. 1.daļa „Aglomerāciju >2000 CE analīze”. SIA Ismade. Rīga 22.11.2013.

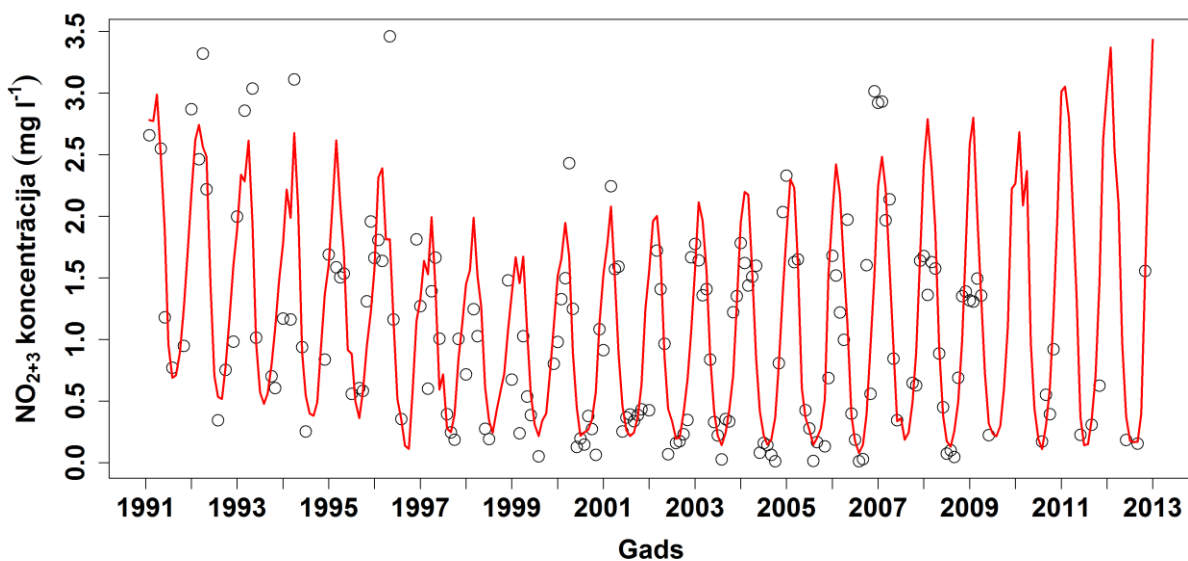
VARAM, 2013b. LR Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas ziņojums. Līgums „Aktivitātes 3.4.1.1. „Ūdenssaimniecības infrastruktūras sistēmas attīstība apdzīvotās vietās līdz 2000 iedzīvotājiem” ieviešanas un citu apdzīvoto vietu (200 – 2000) ūdenssaimniecības situācijas izvērtējums un metodoloģijas izstrāde izmaksu noteikšanai vēl nepieciešamām investīcijām”. 2.daļa „Apdzīvoto vietu no 200 – 2000 analīze”. SIA Ismade. Rīga 22.11.2013.



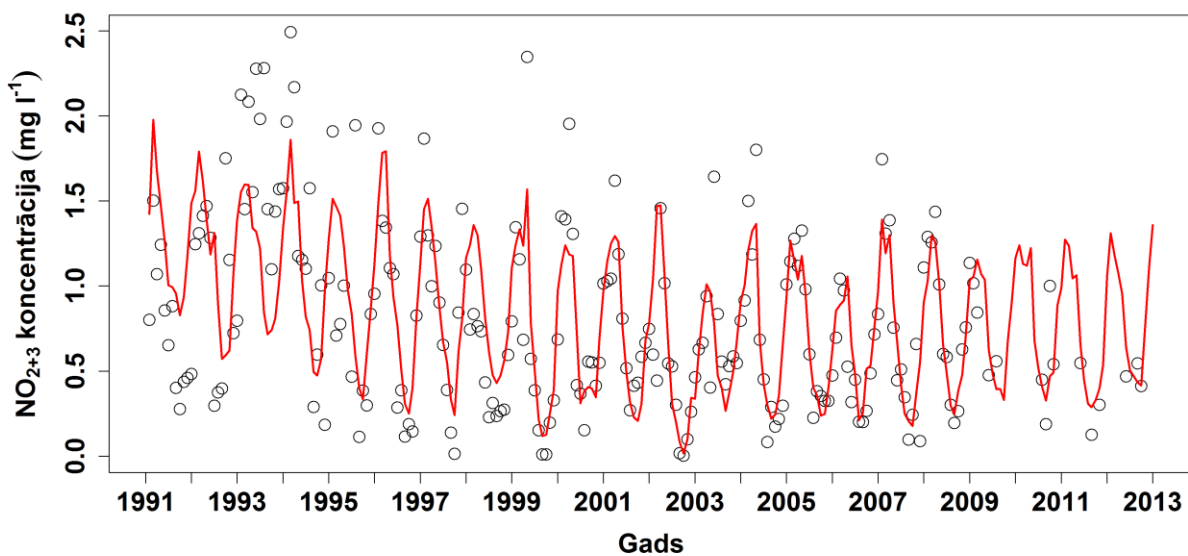
## **PIELIKUMI**

- I. PIELIKUMS. **NO<sub>2+3</sub>** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- II. PIELIKUMS. **NO<sub>2+3</sub>** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- III. PIELIKUMS. **BOD<sub>5</sub>** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- IV. PIELIKUMS. **BOD<sub>5</sub>** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- V. PIELIKUMS. **NH<sub>4</sub>** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- VI. PIELIKUMS. **NH<sub>4</sub>** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- VII. PIELIKUMS. **PO<sub>4</sub>** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- VIII. PIELIKUMS. **PO<sub>4</sub>** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- IX. PIELIKUMS. **N – tot** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- X. PIELIKUMS. **N – tot** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- XI. PIELIKUMS. **P – tot** novērotā un interpolētā koncentrācija upēs
- XII. PIELIKUMS. **P – tot** novērotā un interpolētā slodze no upēm
- XIII. PIELIKUMS. **Relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas**

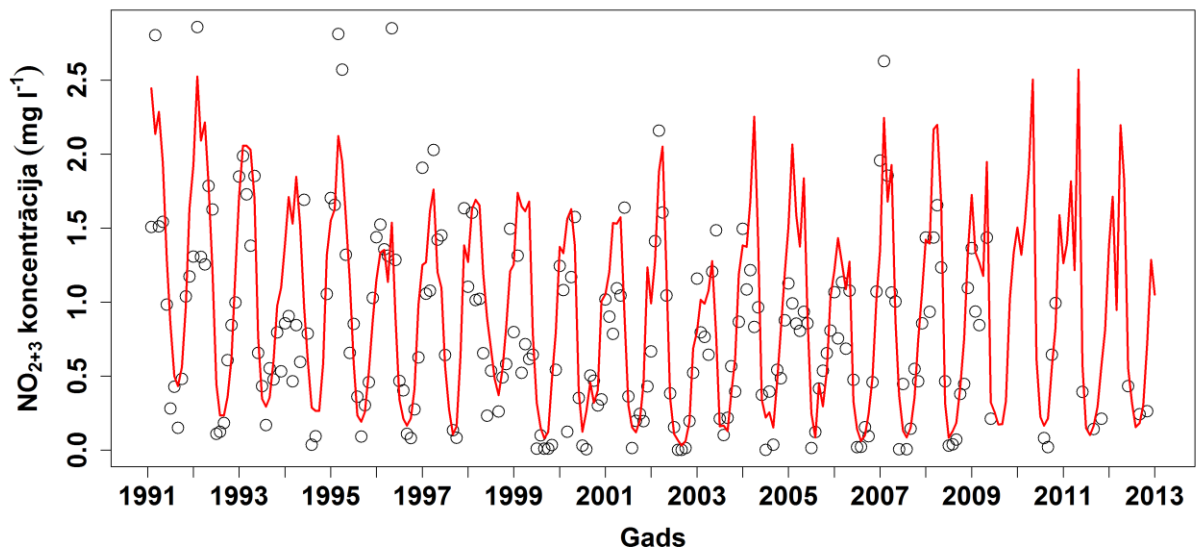
## I. PIELIKUMS. $\text{NO}_{2+3}$ novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



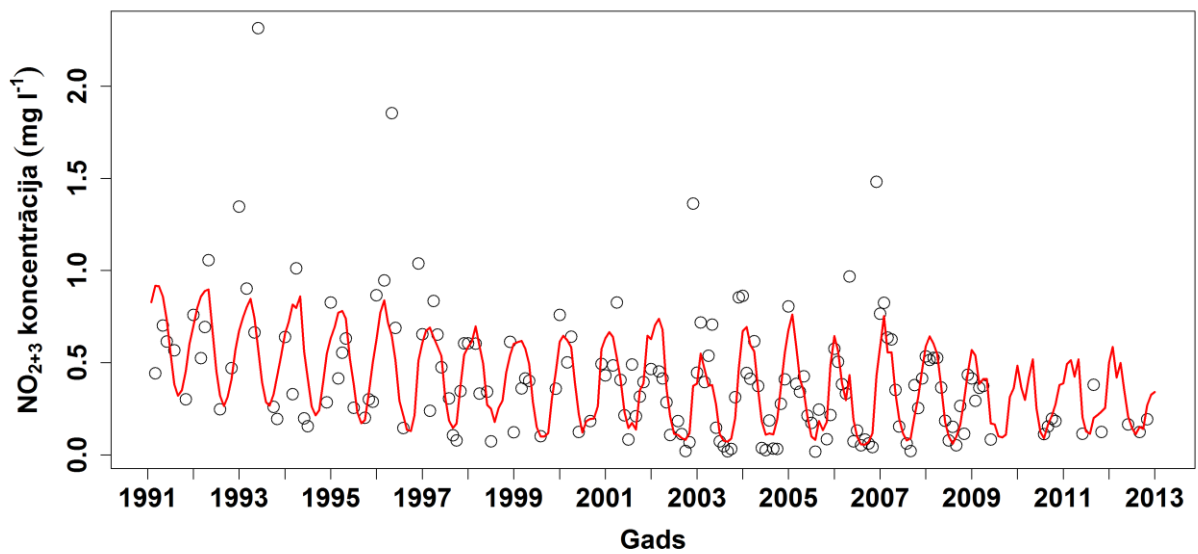
I.P.1. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1991. – 2012. gadam.



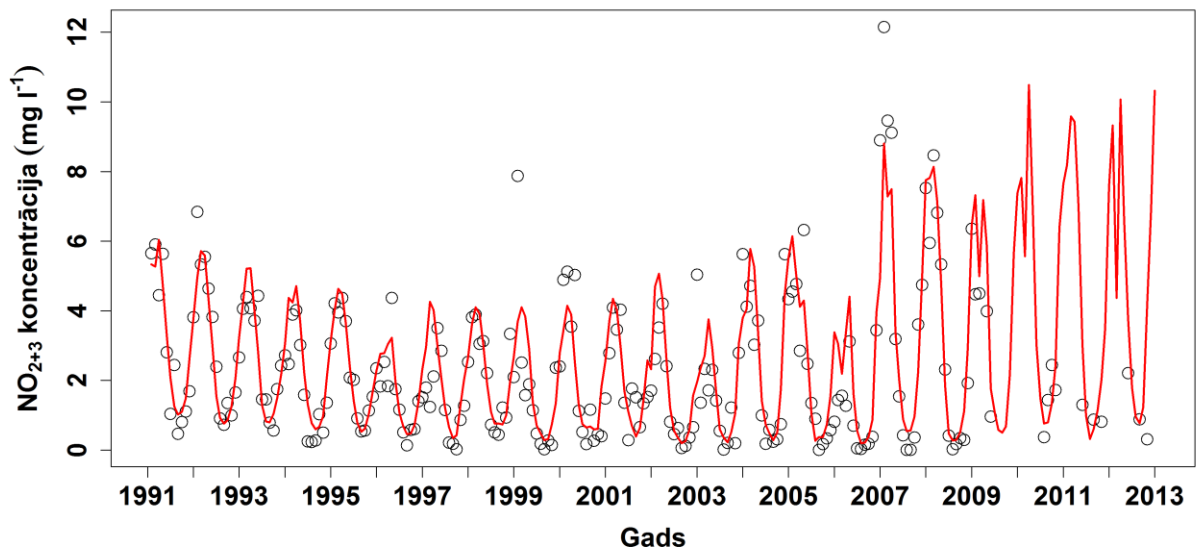
I.P.2. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



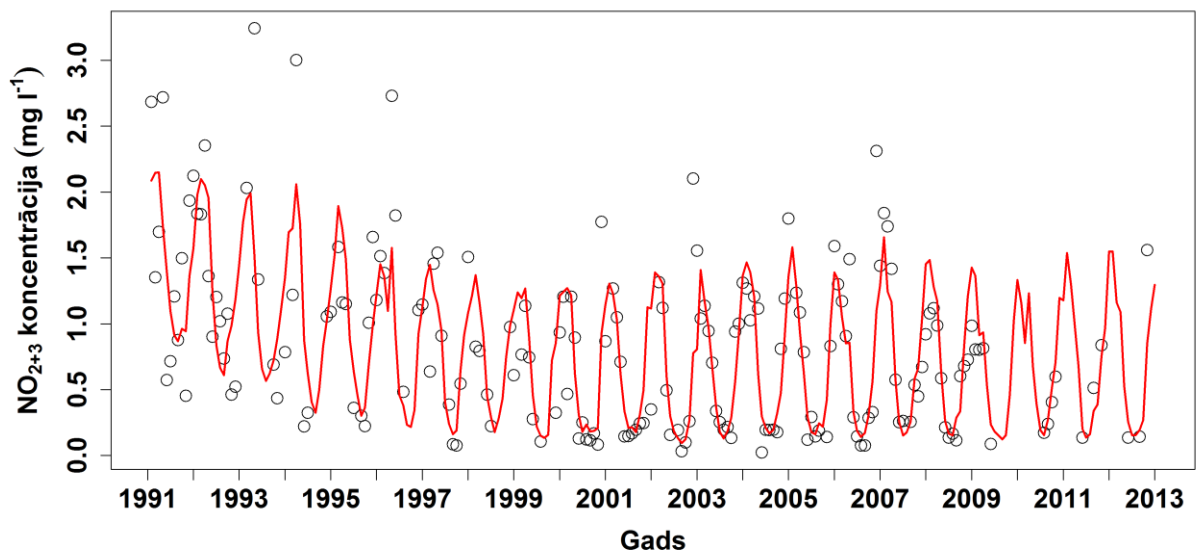
I.P.3. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā no 1991. – 2012. gadam.



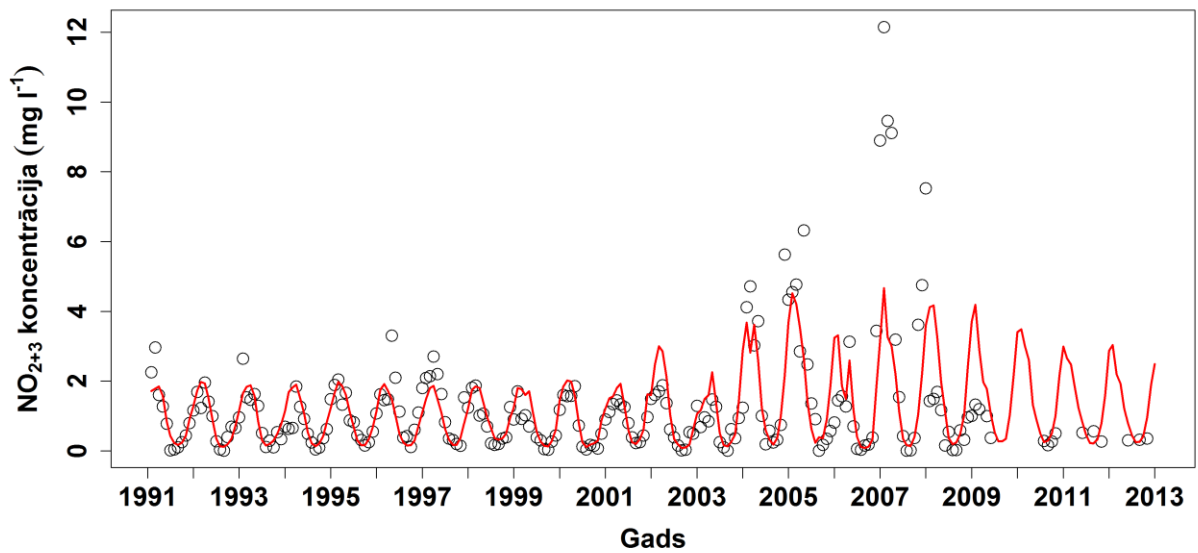
I.P.4. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē no 1991. – 2012. gadam.



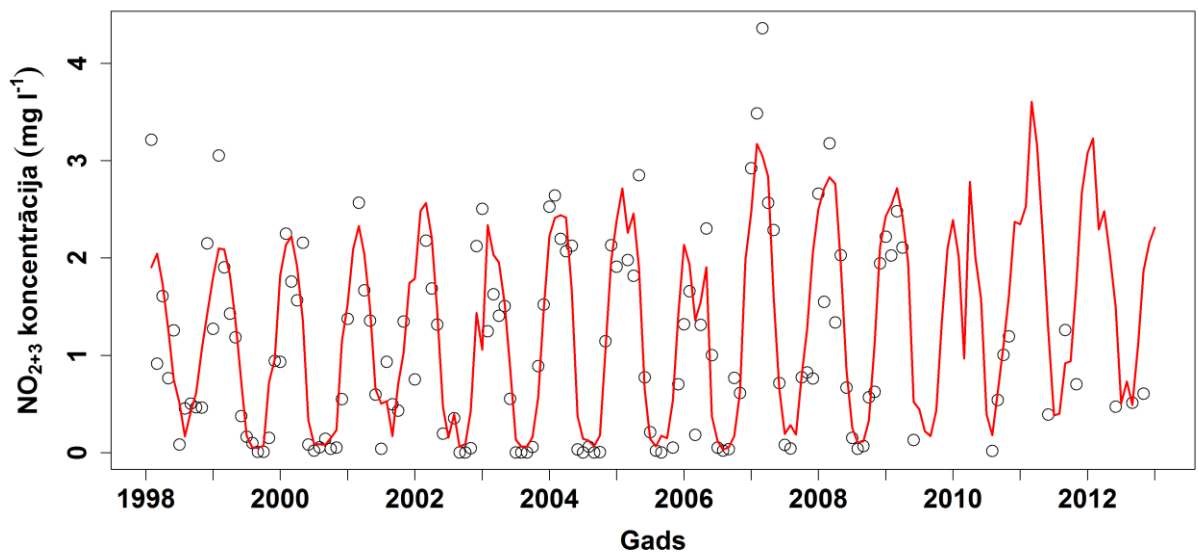
*I.P.5. attēls. NO<sub>2+3</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē no 1991. – 2012. gadam.*



*I.P.6. attēls. NO<sub>2+3</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā no 1991. – 2012. gadam.*

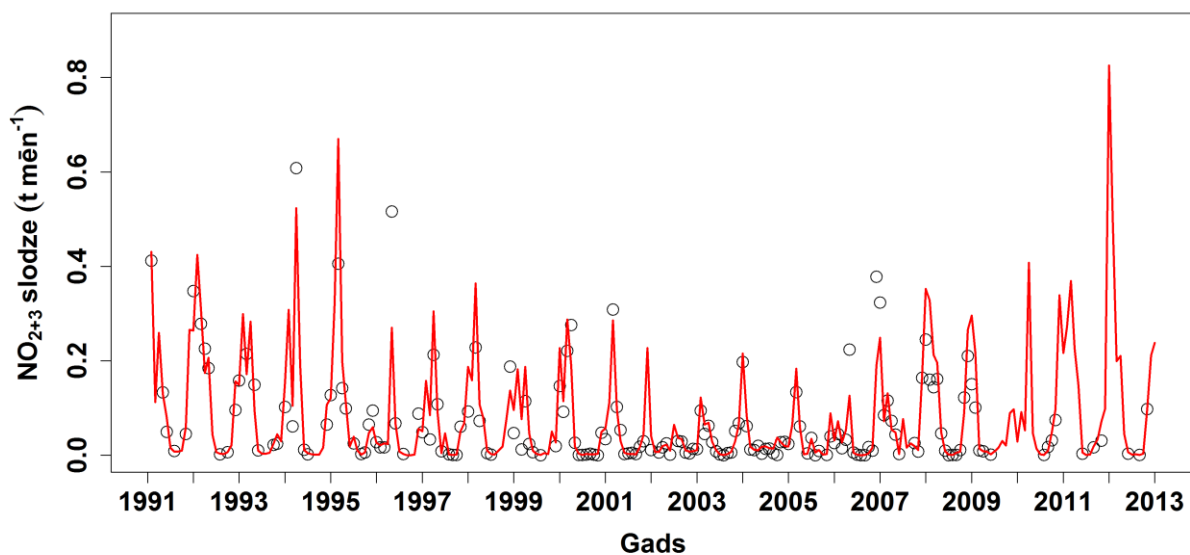


*I.P.7. attēls.*  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā no 1991. – 2012. gadam.

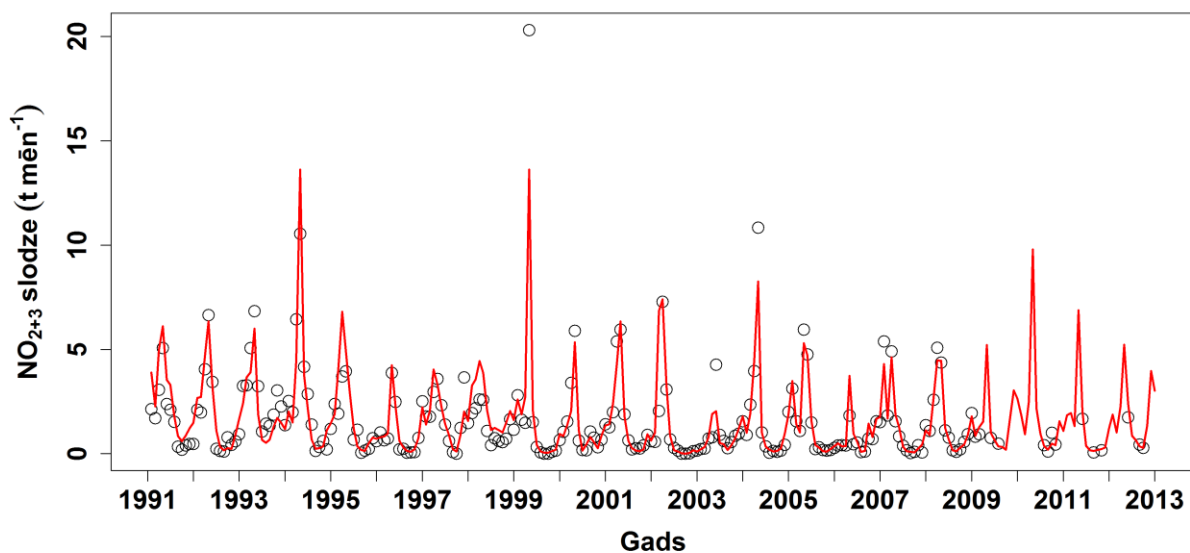


*I.P.8. attēls.*  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā no 1998. – 2012. gadam.

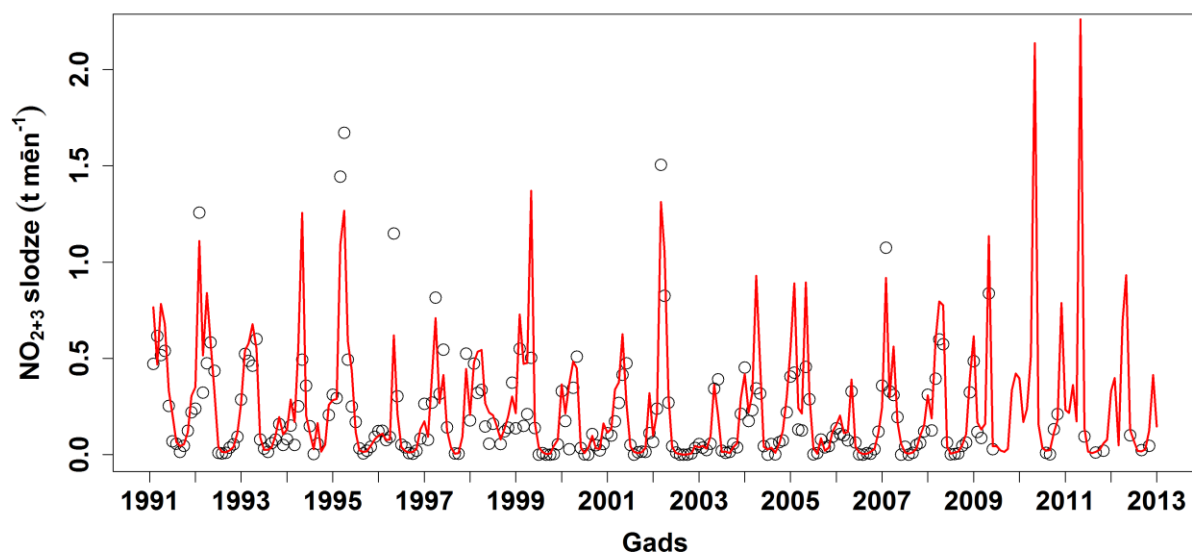
## II. PIELIKUMS. $\text{NO}_{2+3}$ novērotā un interpolētā slodze no upēm



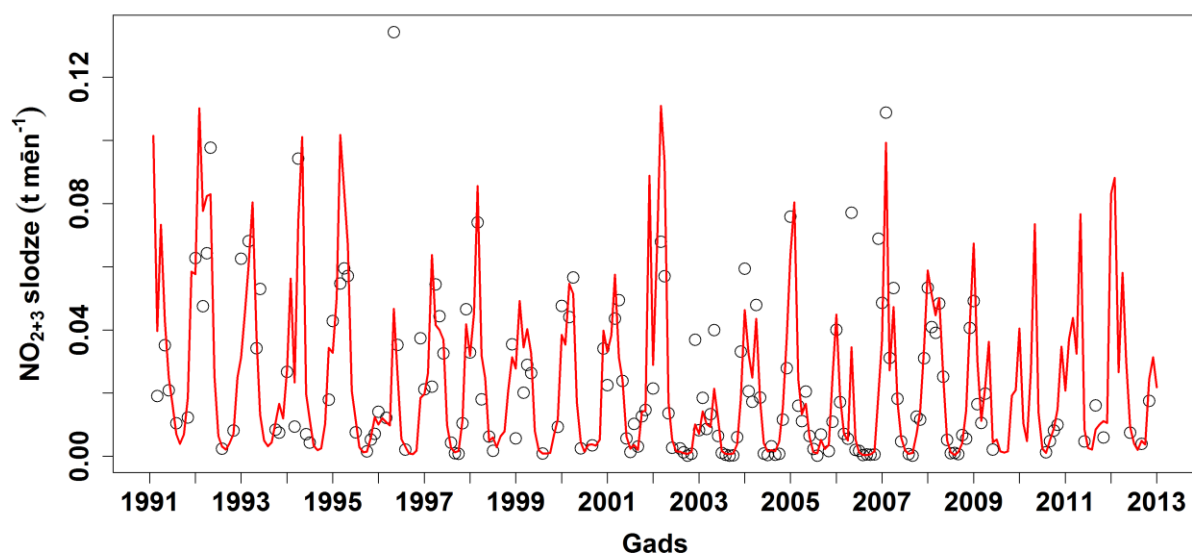
II.P.1. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1991. – 2012. gadā.



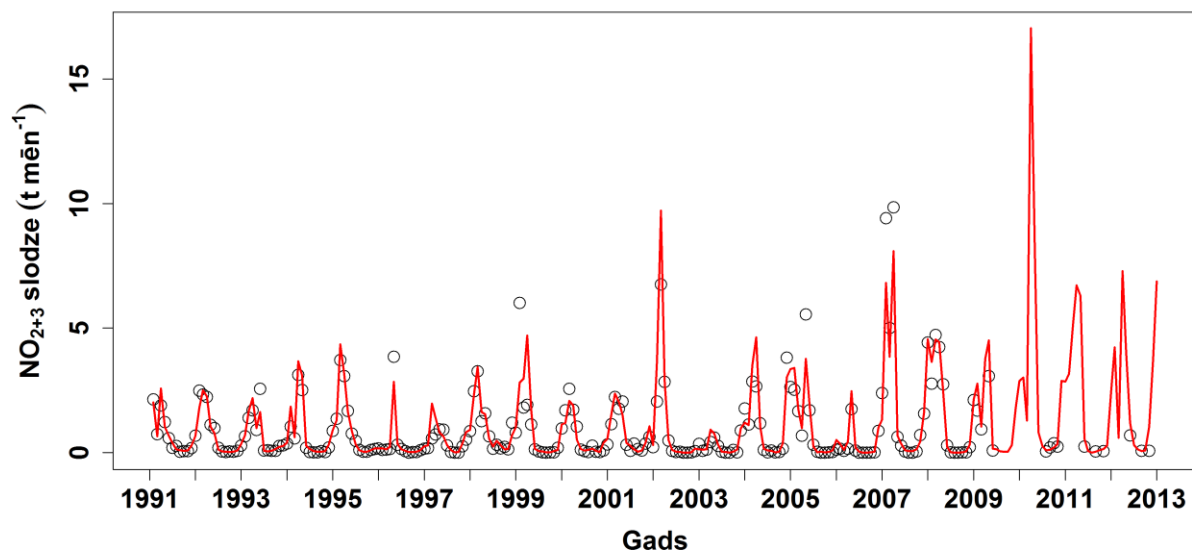
II.P.2. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.



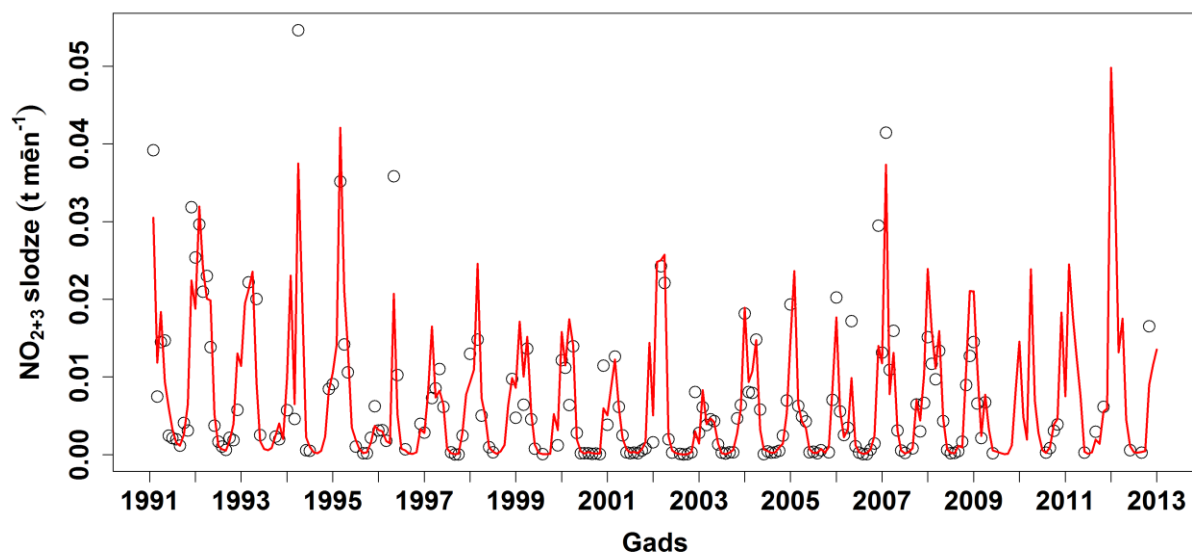
II.P.3. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1991. – 2012. gadā.



II.P.4. attēls.  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1991. – 2012. gadā.

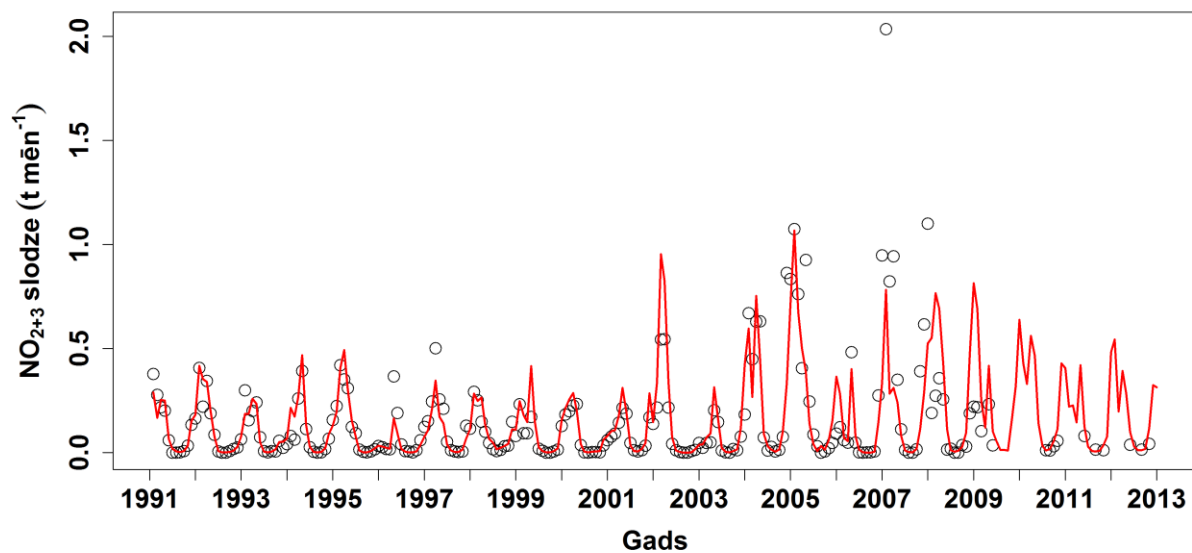


*II.P.5. attēls. NO<sub>2+3</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1991. – 2012. gadā.*

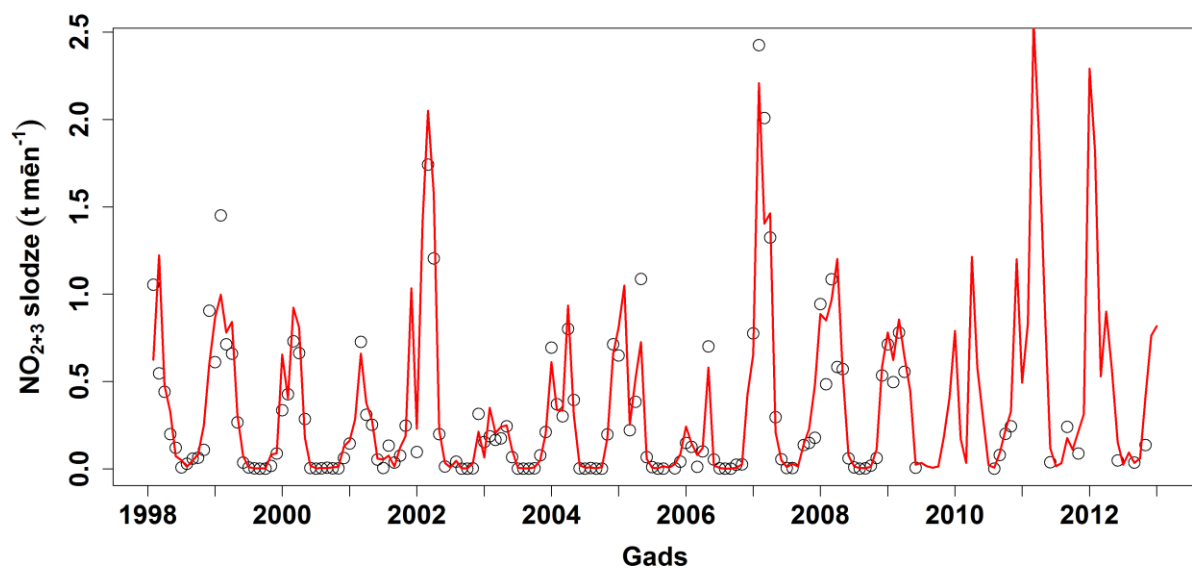


*II.P.6. attēls. NO<sub>2+3</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1991. – 2012. gadā.*



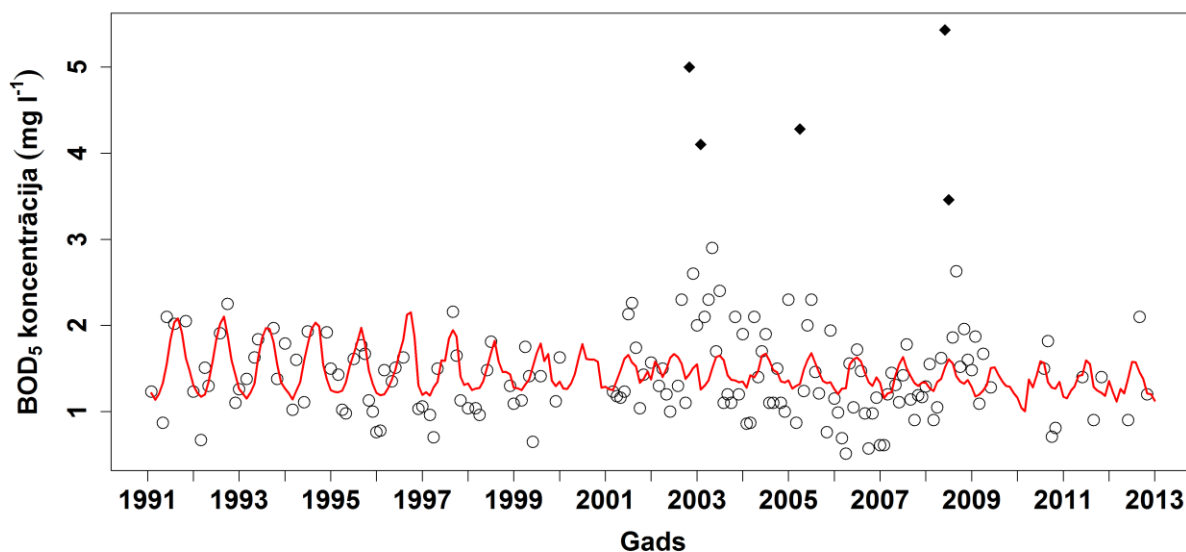


*II.P.7. attēls.*  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1991. – 2012. gadā.

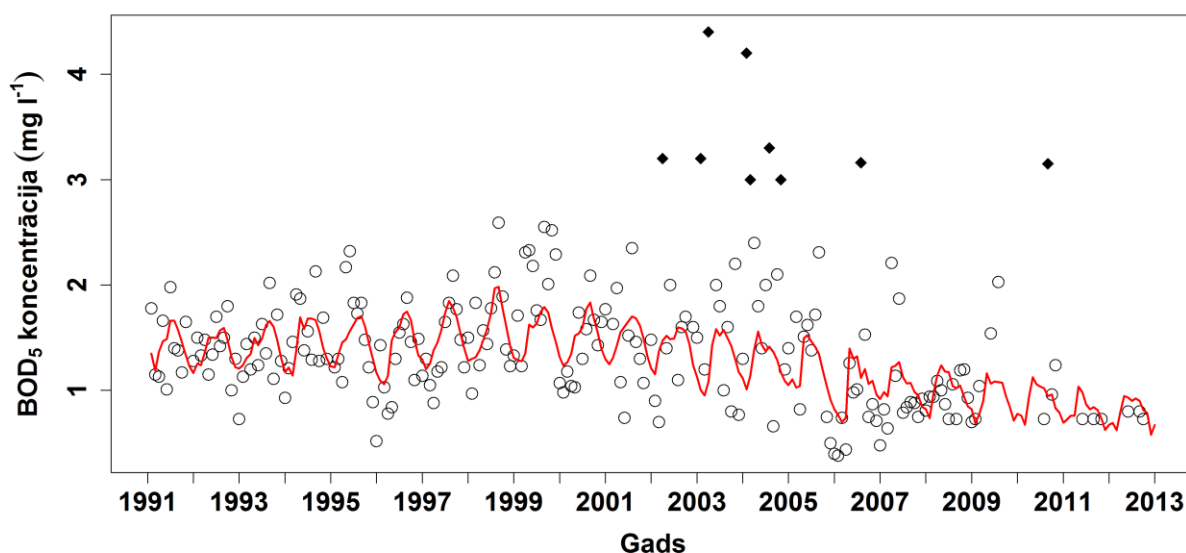


*II.P.8. attēls.*  $\text{NO}_{2+3}$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

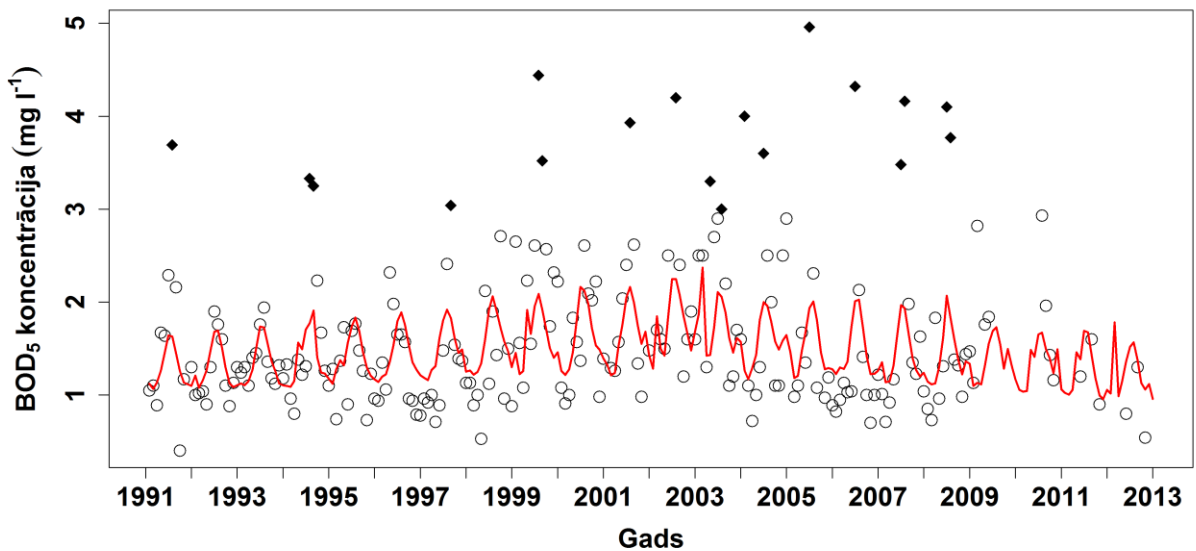
### III. PIELIKUMS. BOD<sub>5</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



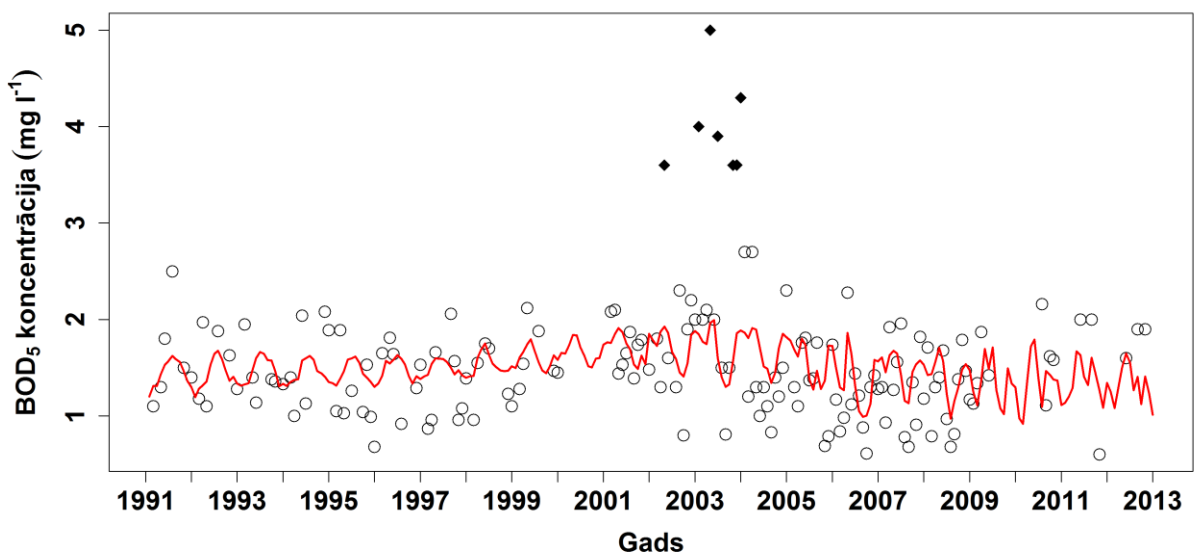
III.P.1. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.



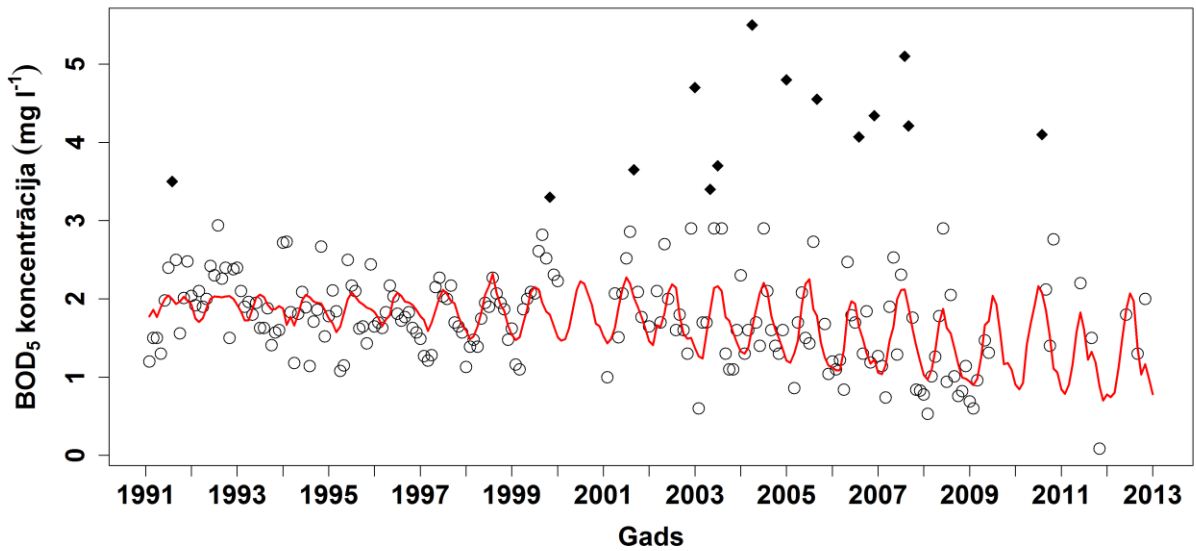
III.P.2. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.



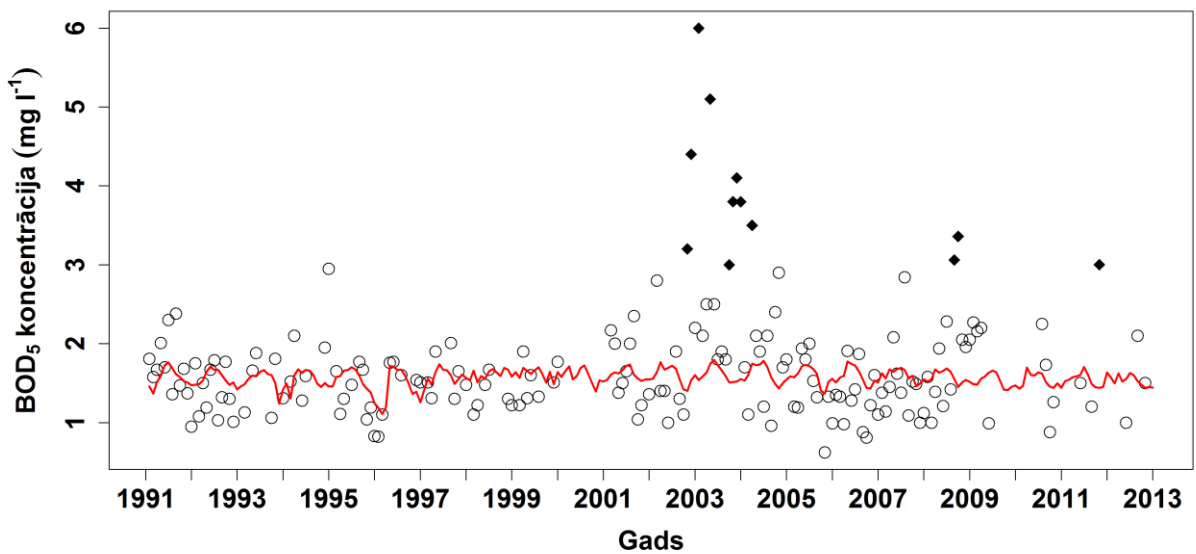
*III.P.3. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.*



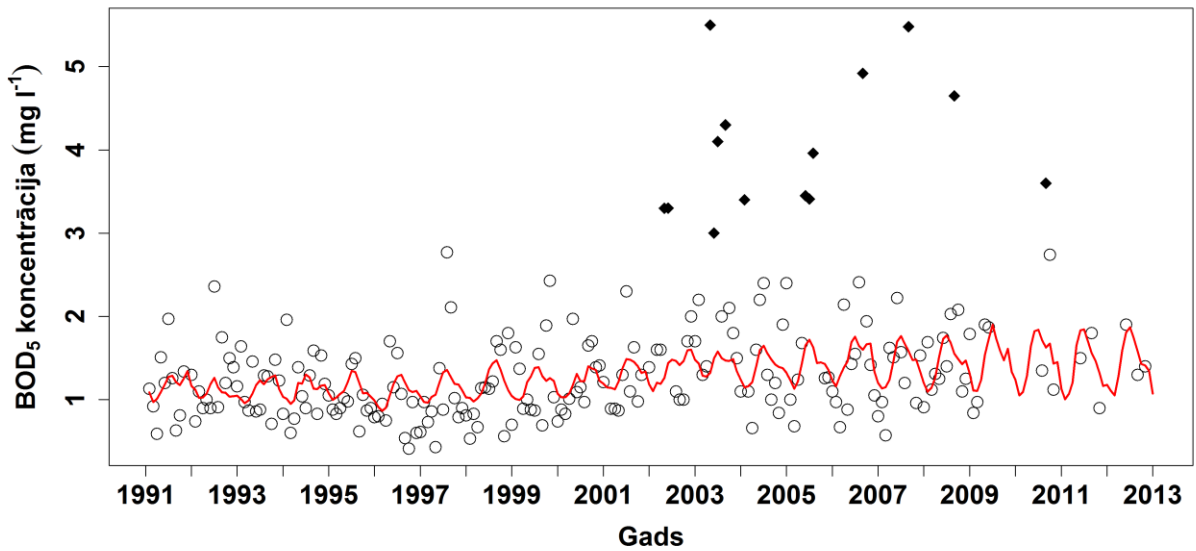
*III.P.4. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.*



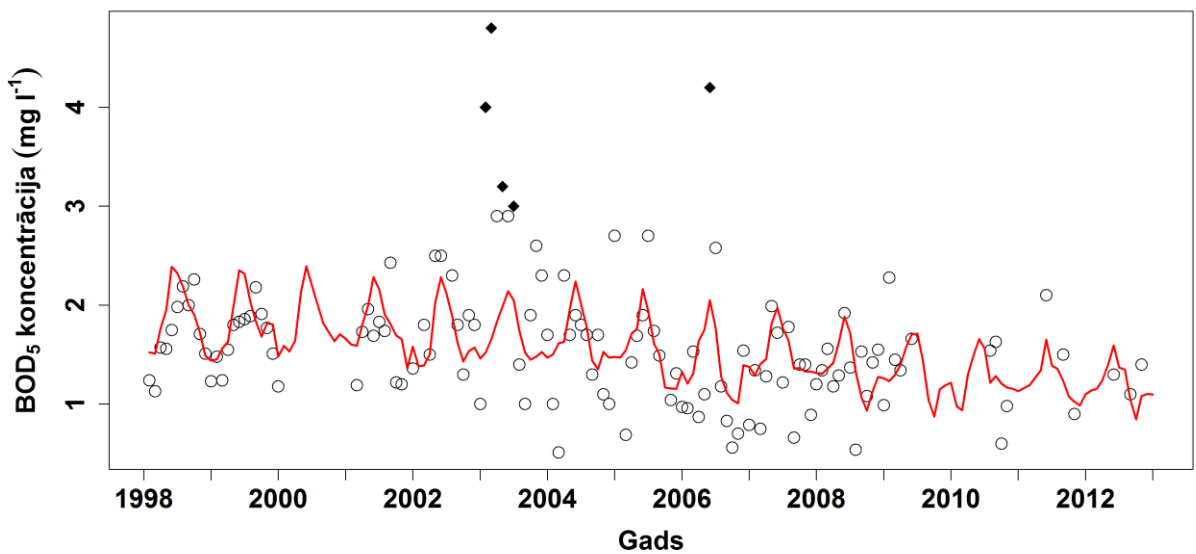
*III.P.5. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.*



*III.P.6. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.*

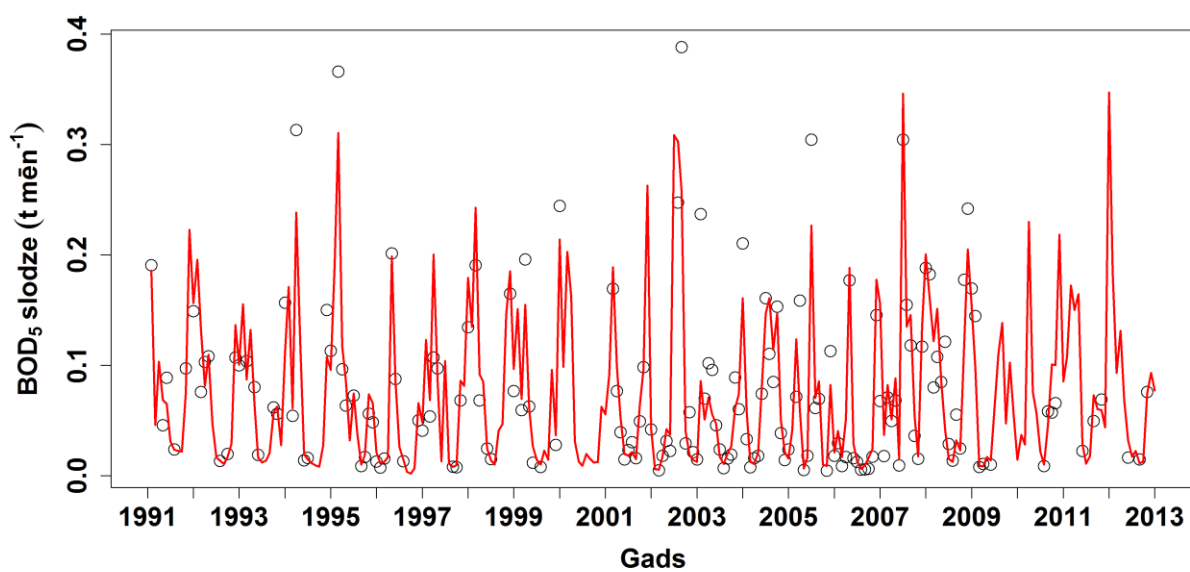


III.P.7. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā 1991. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.

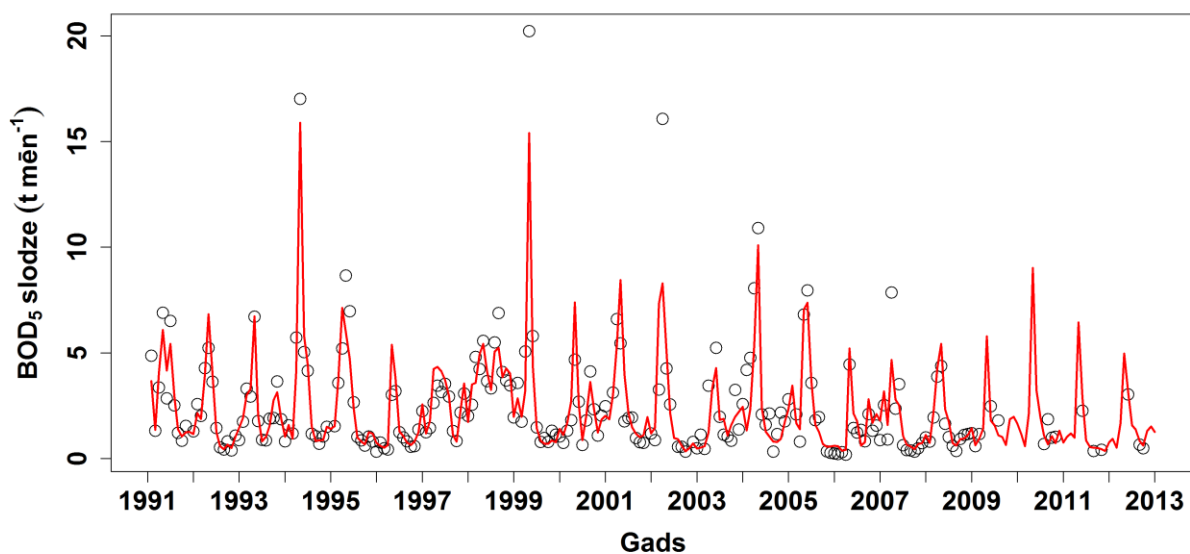


III.P.8. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (baltie punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā 1998. – 2012. gadam. BOD<sub>5</sub> vērtības lielākas par 3 mg l<sup>-1</sup> (melnie punkti) aplēsēs nav izmantotas.

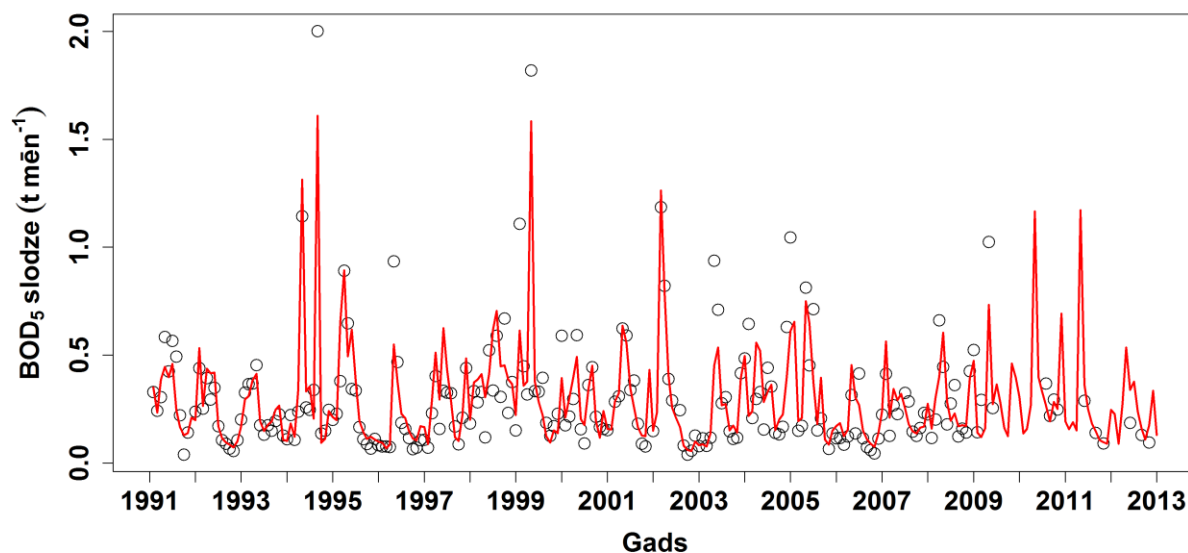
#### IV. PIELIKUMS. BOD<sub>5</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm



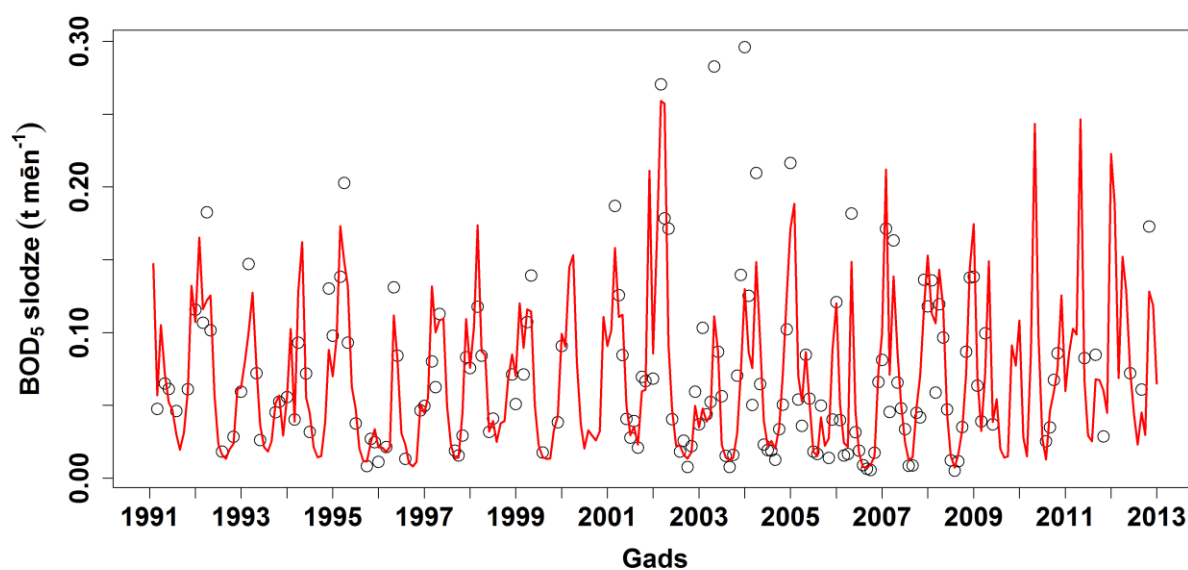
IV.P.1. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1991. – 2012. gadā.



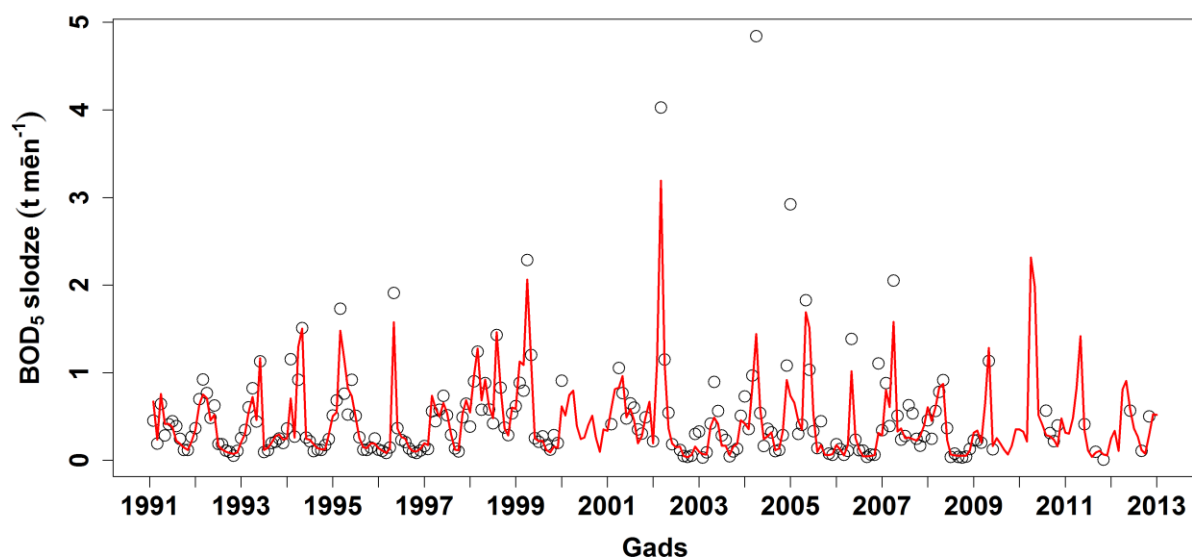
IV.P.2. attēls. BOD<sub>5</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.



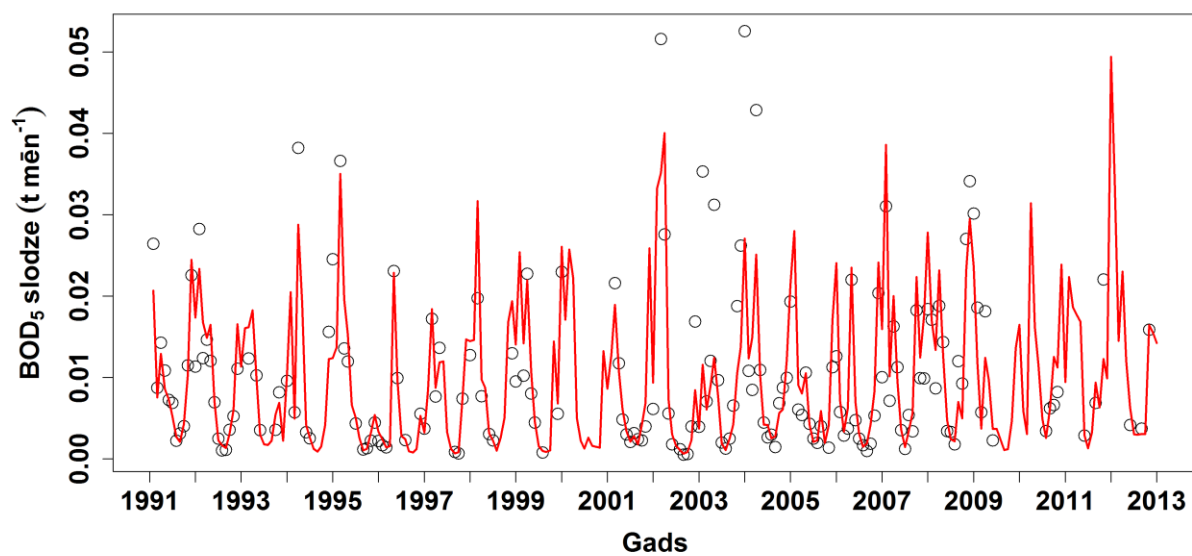
IV.P.3. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1991. – 2012. gadā.



IV.P.4. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1991. – 2012. gadā.

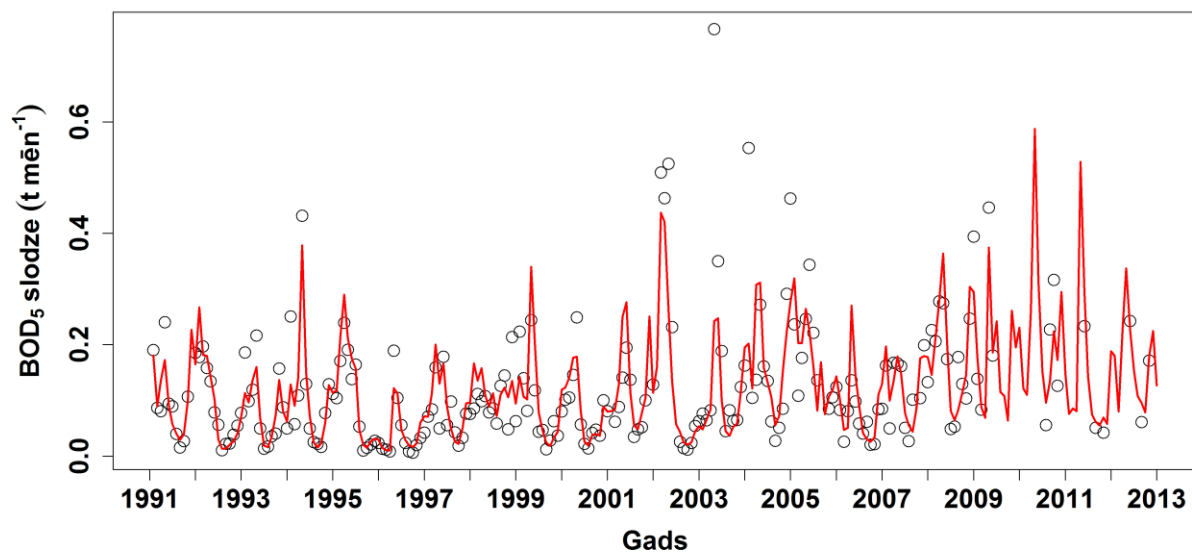


IV.P.5. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1991. – 2012. gadā.

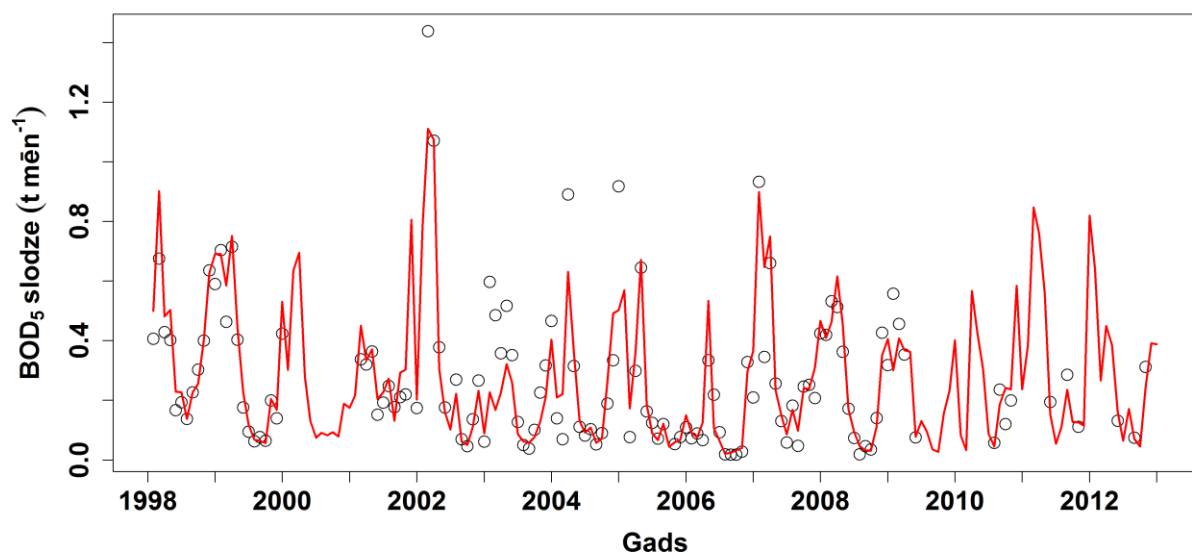


IV.P.6. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1991. – 2012. gadā.



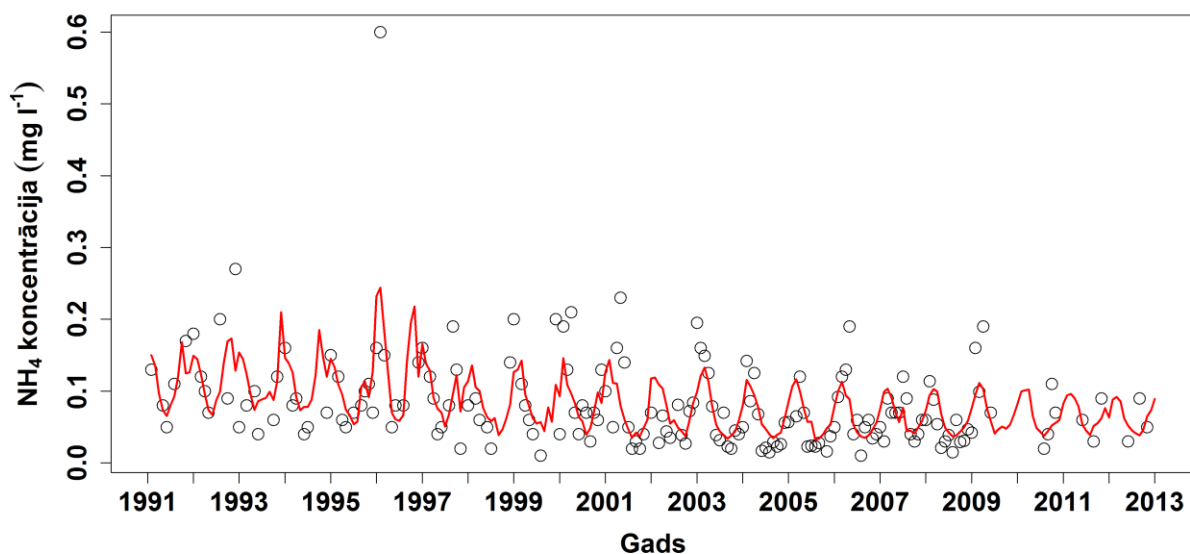


IV.P.7. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1991. – 2012. gadā.

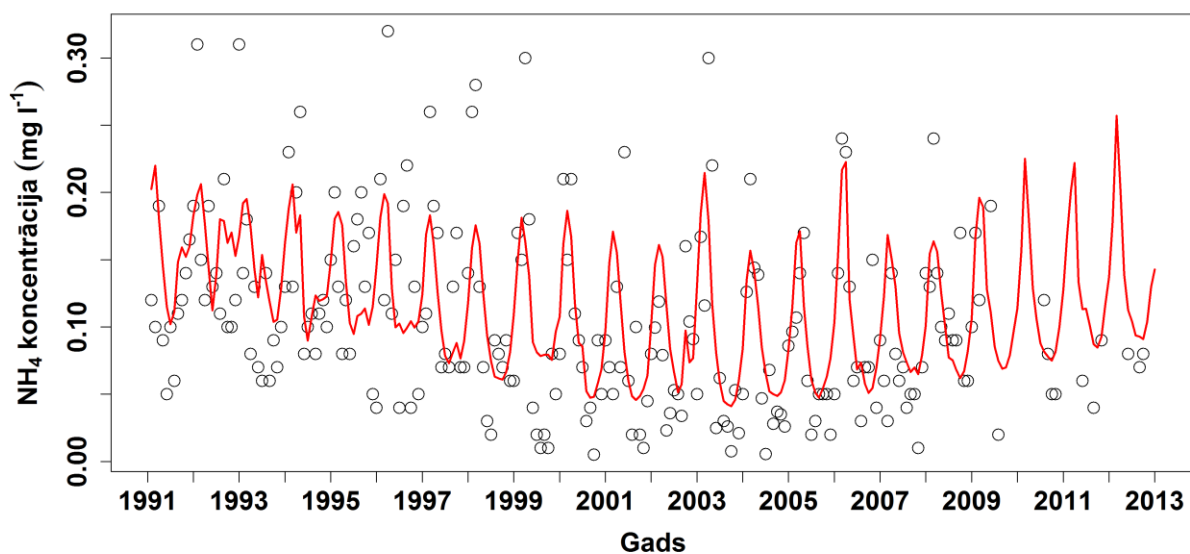


IV.P.8. attēls. **BOD<sub>5</sub>** novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

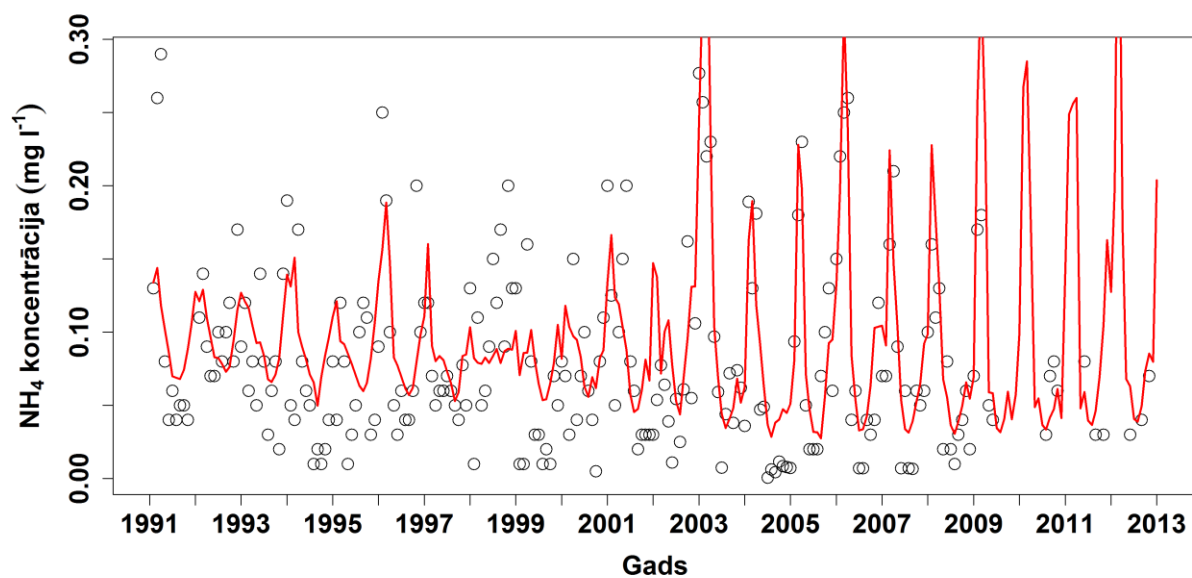
## V. PIELIKUMS. $\text{NH}_4$ novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



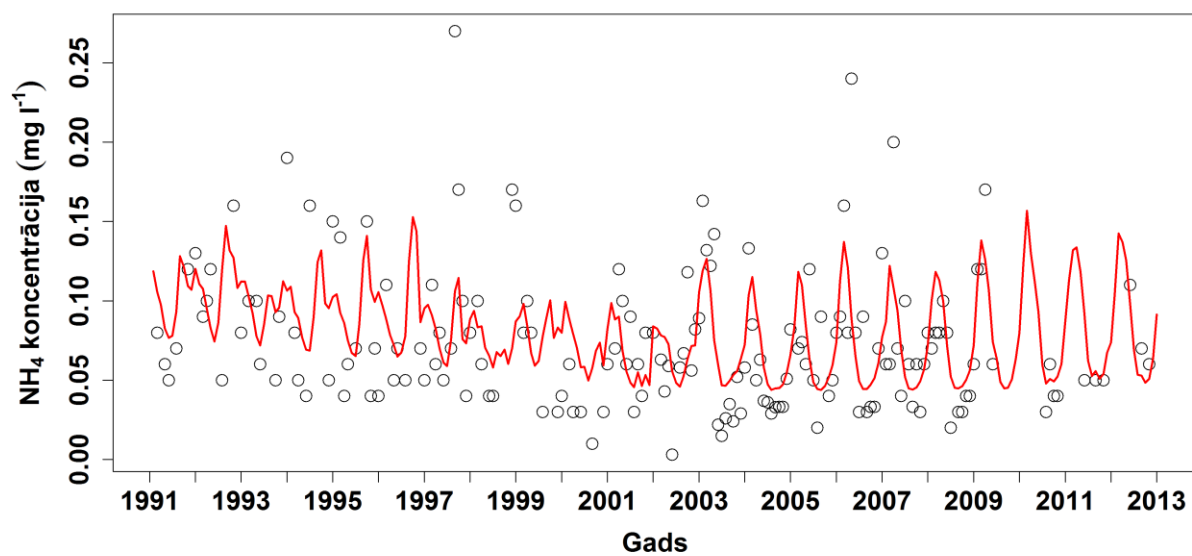
V.P.1. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1991. – 2012. gadam.



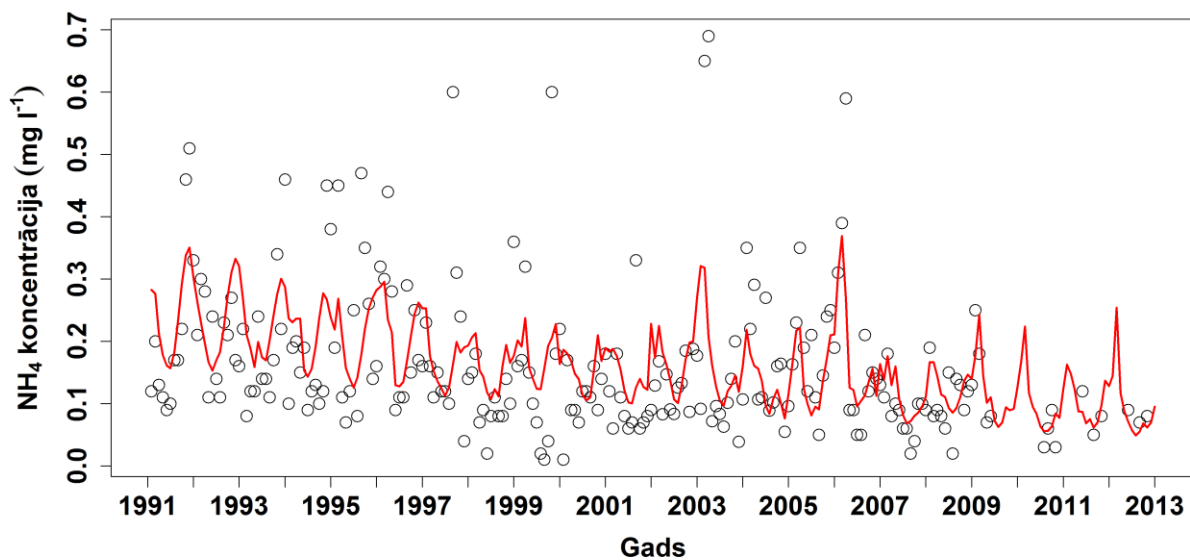
V.P.2. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



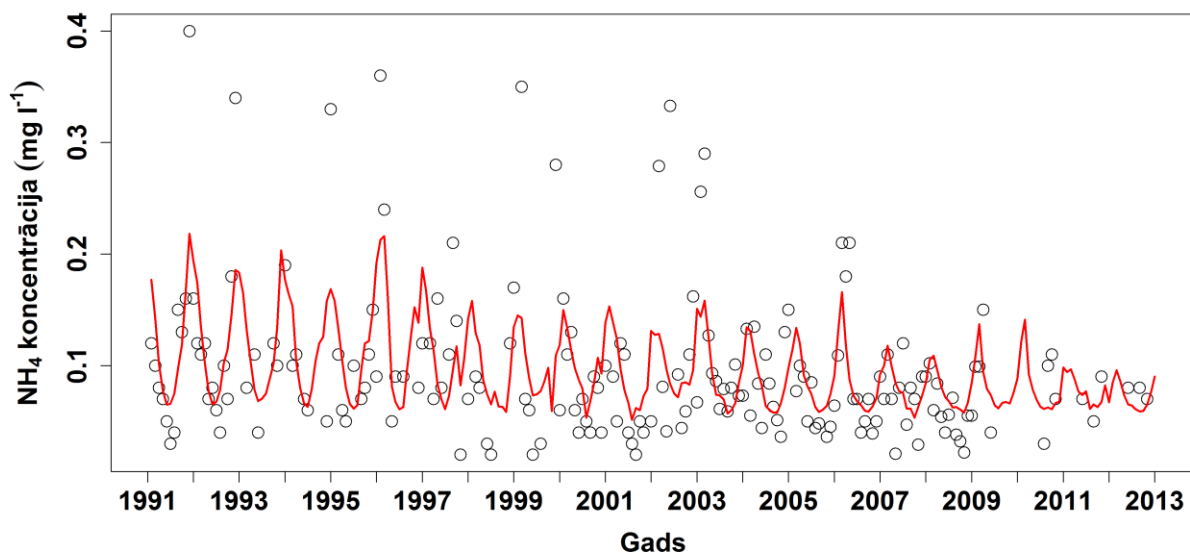
V.P.3. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā 1991. – 2012. gadam.



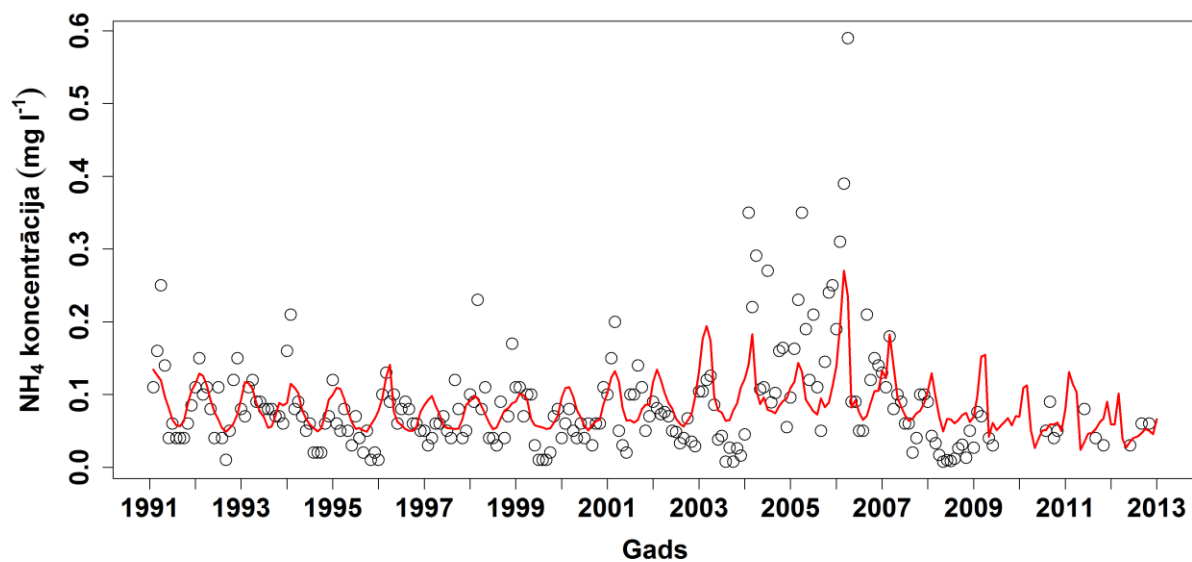
V.P.4. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē 1991. – 2012. gadam.



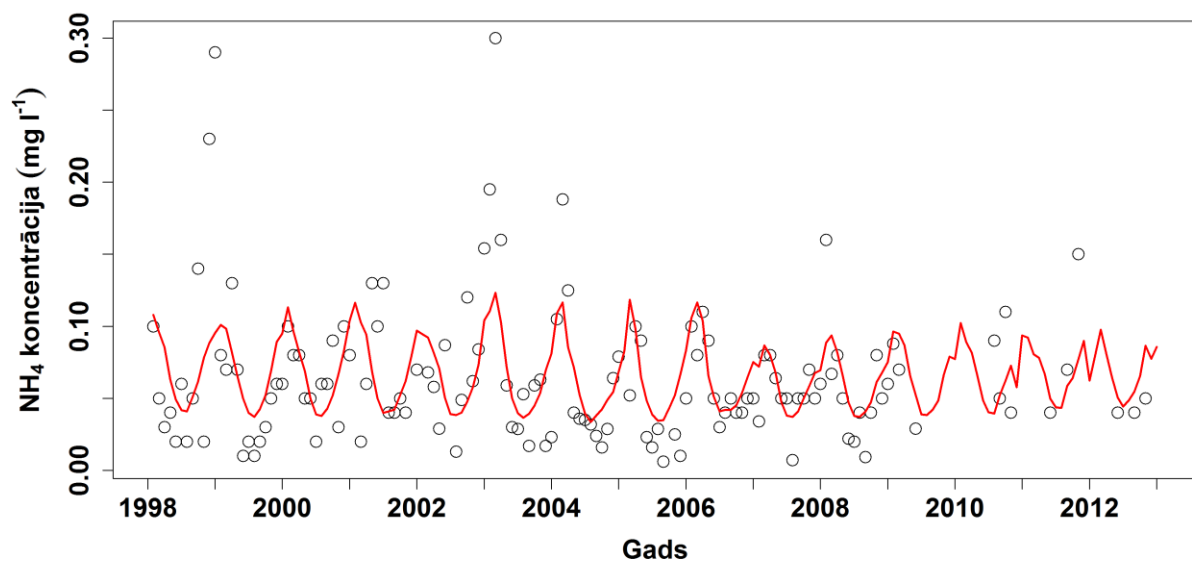
V.P.5. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē 1991. – 2012. gadam.



V.P.6. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā 1991. – 2012. gadam.

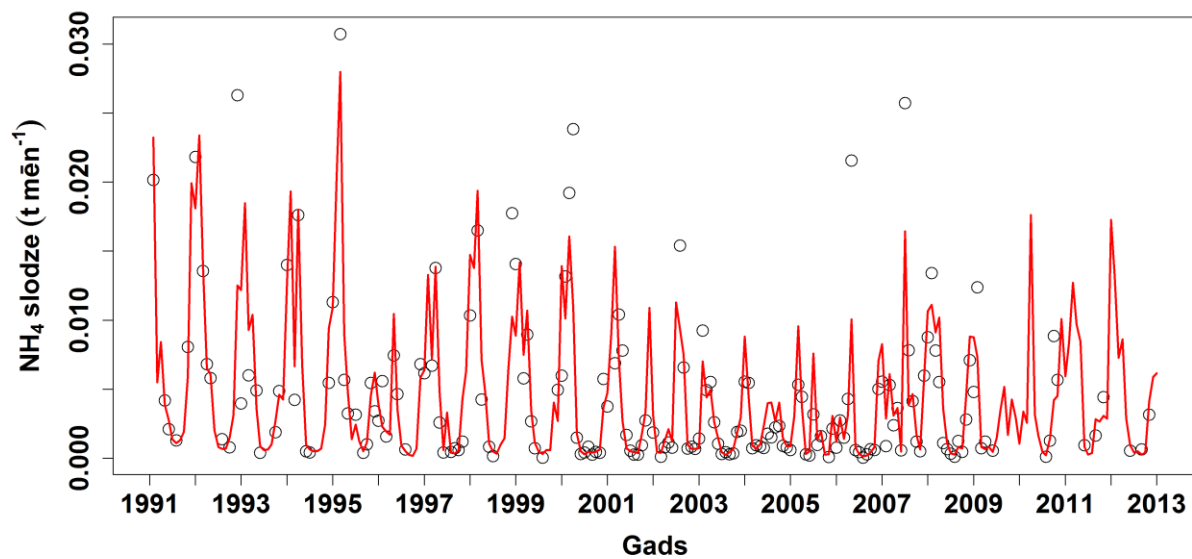


V.P.7. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā 1991. – 2012. gadam.

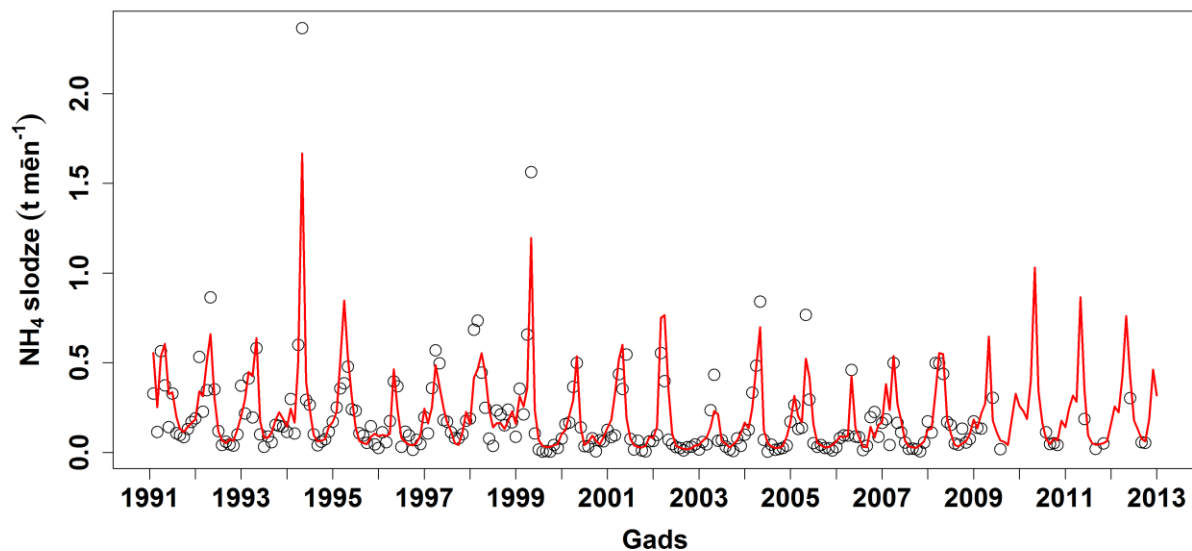


V.P.8. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā 1998. – 2012. gadam.

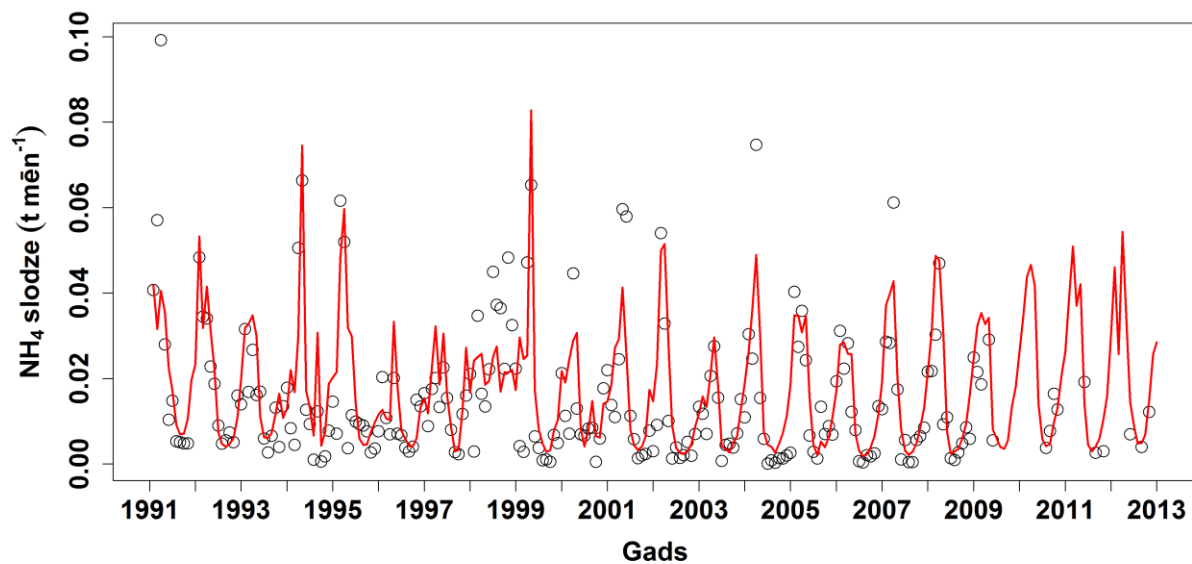
## VI. PIELIKUMS. $\text{NH}_4$ novērotā un interpolētā slodze no upēm



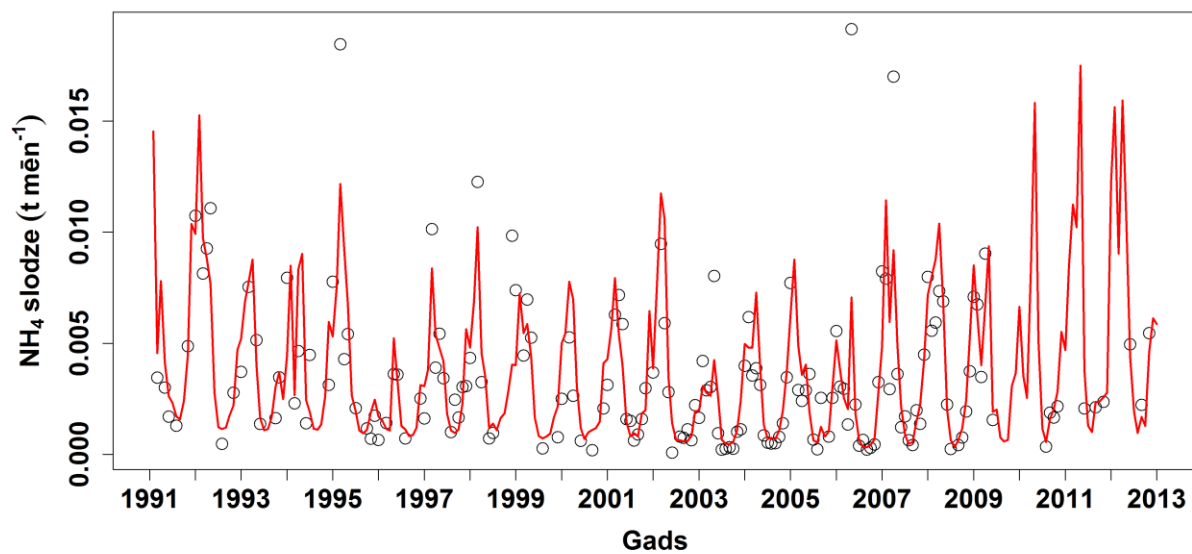
VI.P.1. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1991. – 2012. gadā.



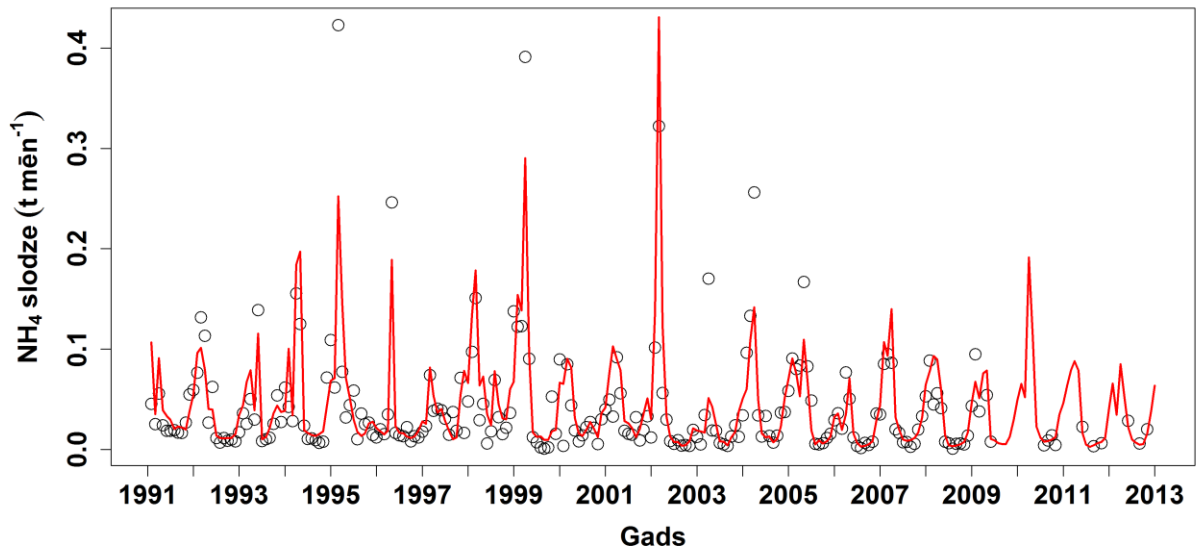
VI.P.2. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.



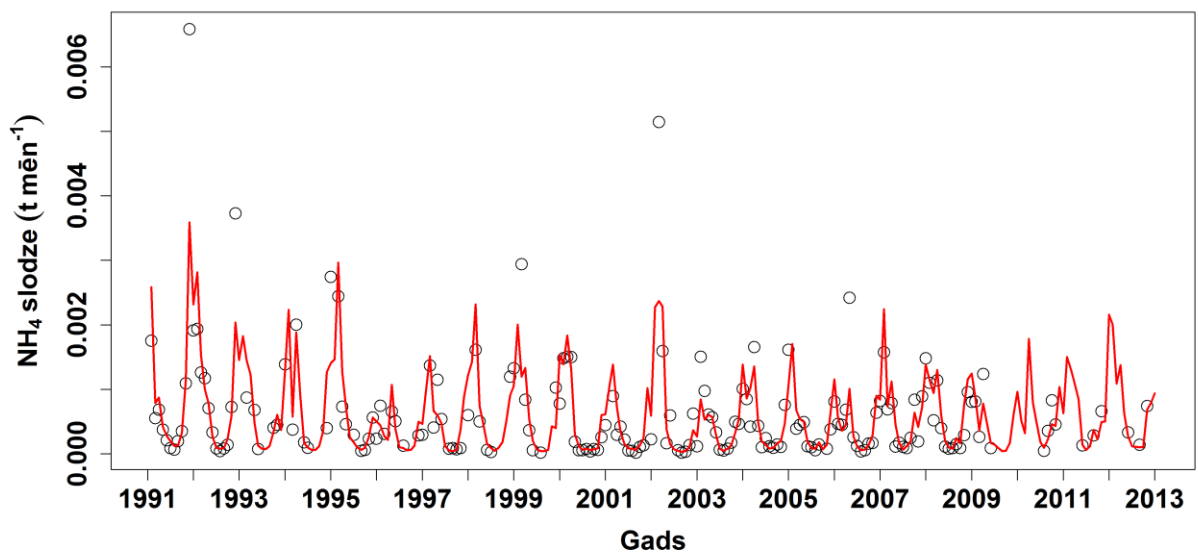
VI.P.3. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1991. – 2012. gadā.



VI.P.4. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1991. – 2012. gadā.

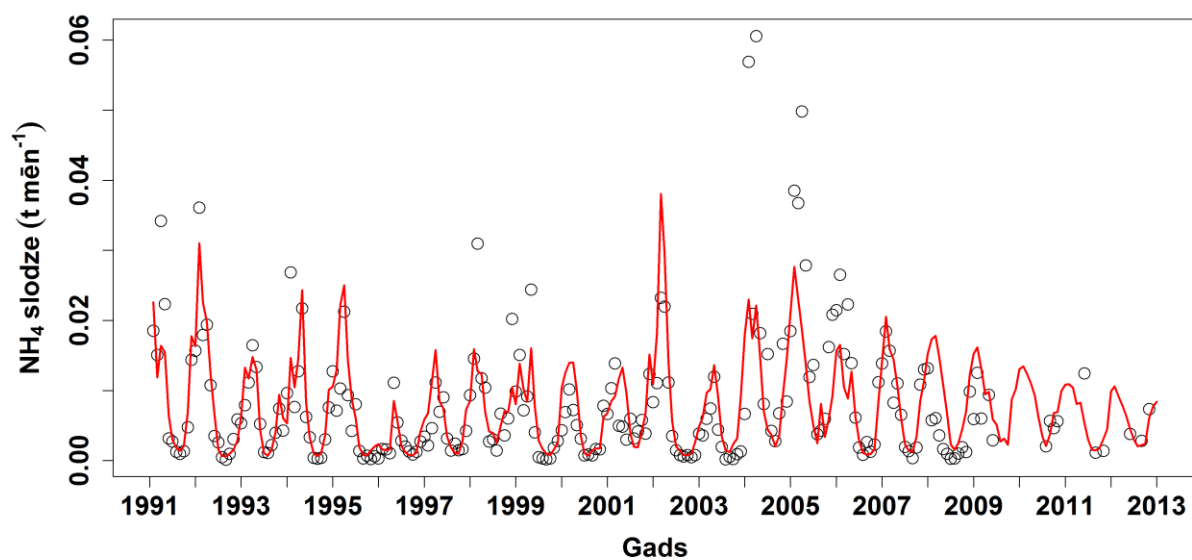


VI.P.5. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1991. – 2012. gadā.

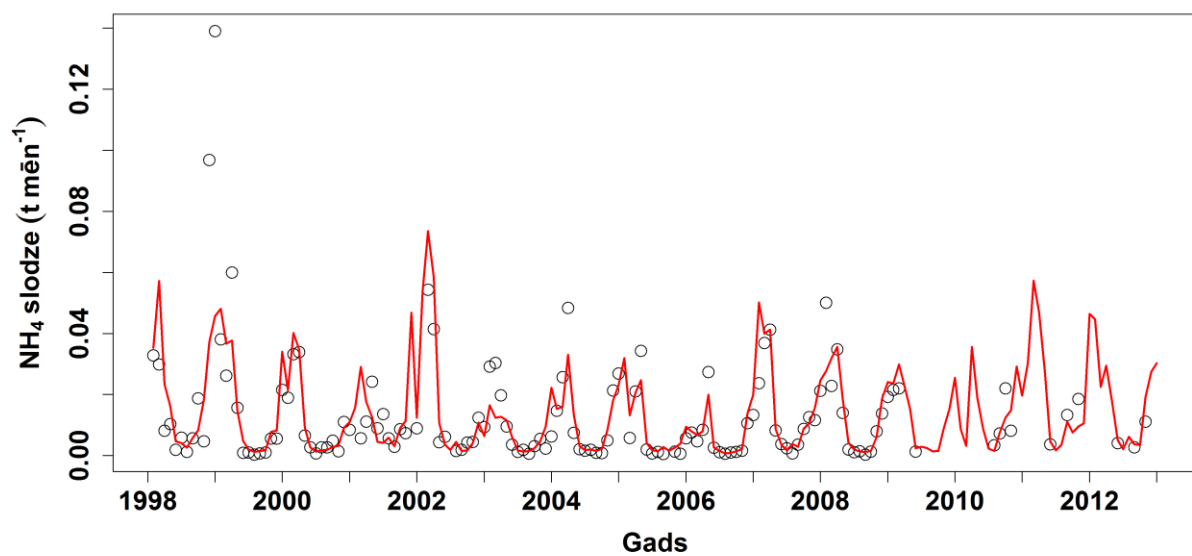


VI.P.6. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1991. – 2012. gadā.



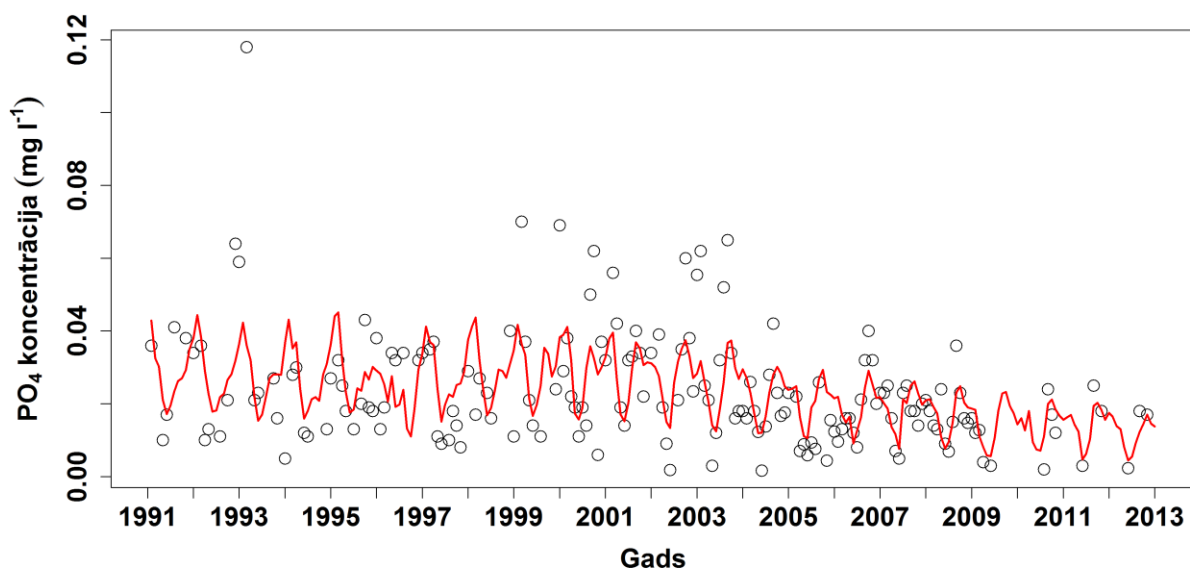


VI.P.7. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1991. – 2012. gadā.

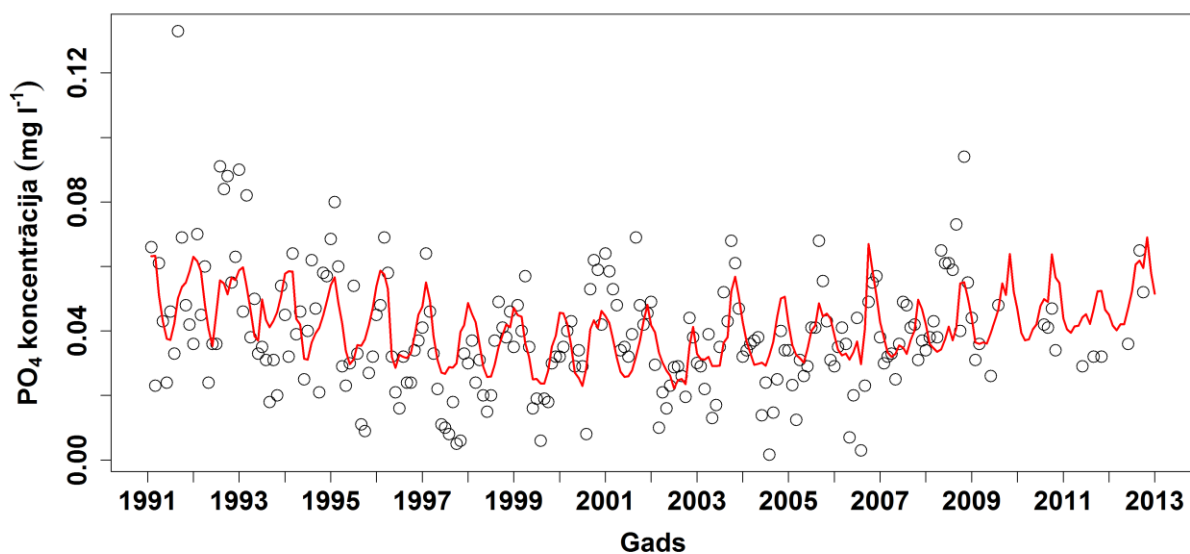


VI.P.8. attēls.  $\text{NH}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

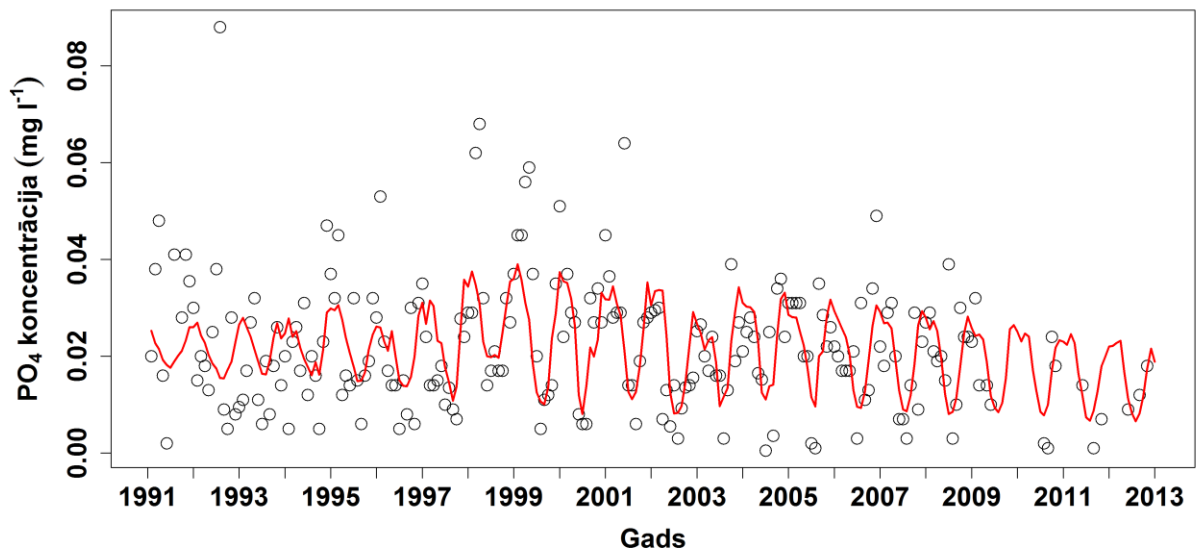
## VII. PIELIKUMS. PO<sub>4</sub> novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



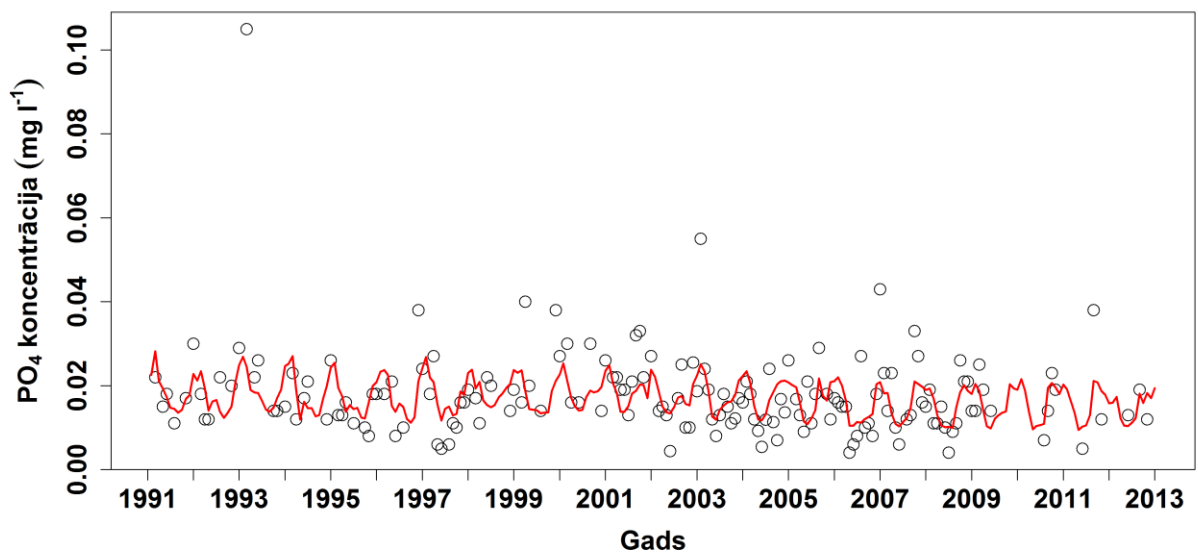
VII.P.1. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1991. – 2012. gadam.



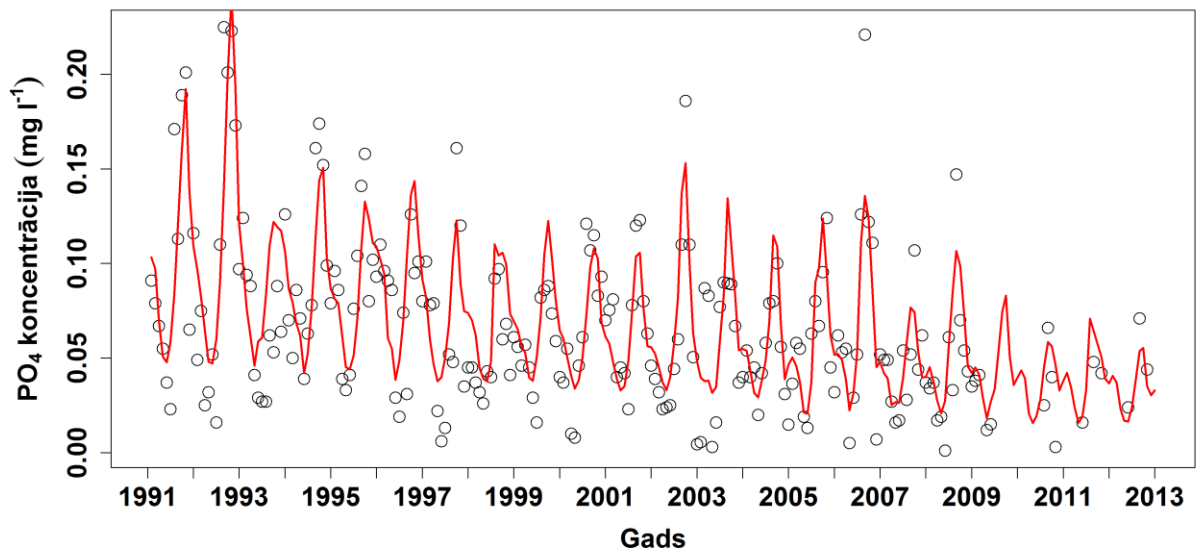
VII.P.2. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



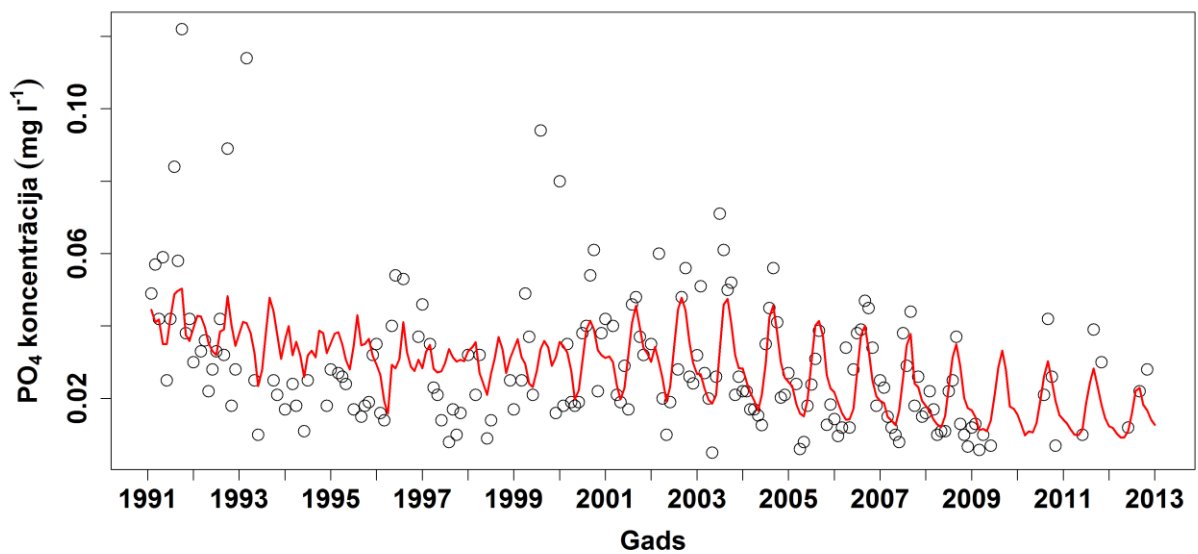
VII.P.3. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā 1991. – 2012. gadam.



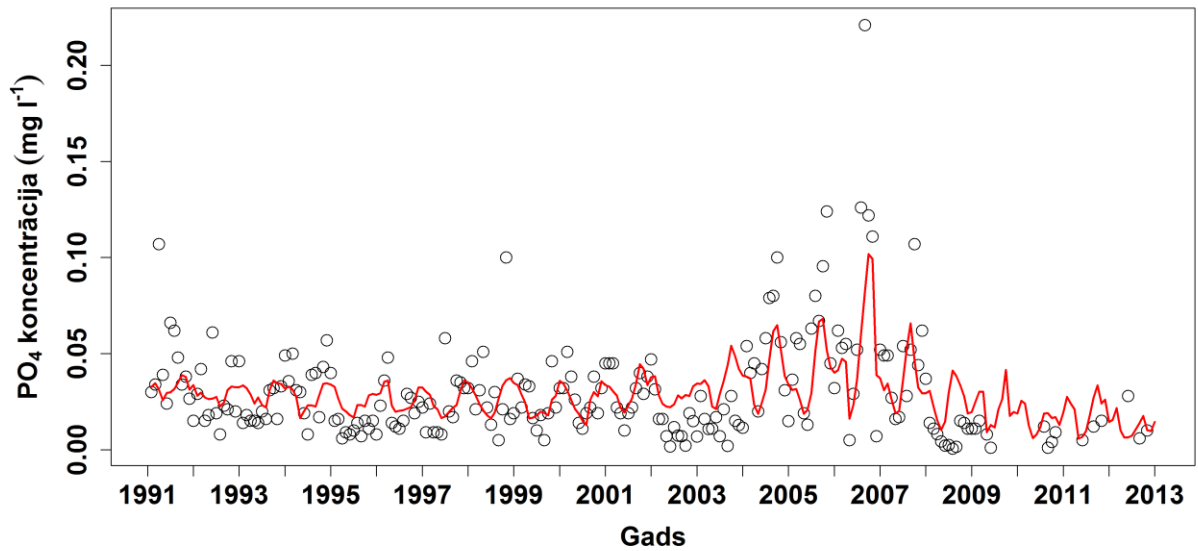
VII.P.4. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē 1991. – 2012. gadam.



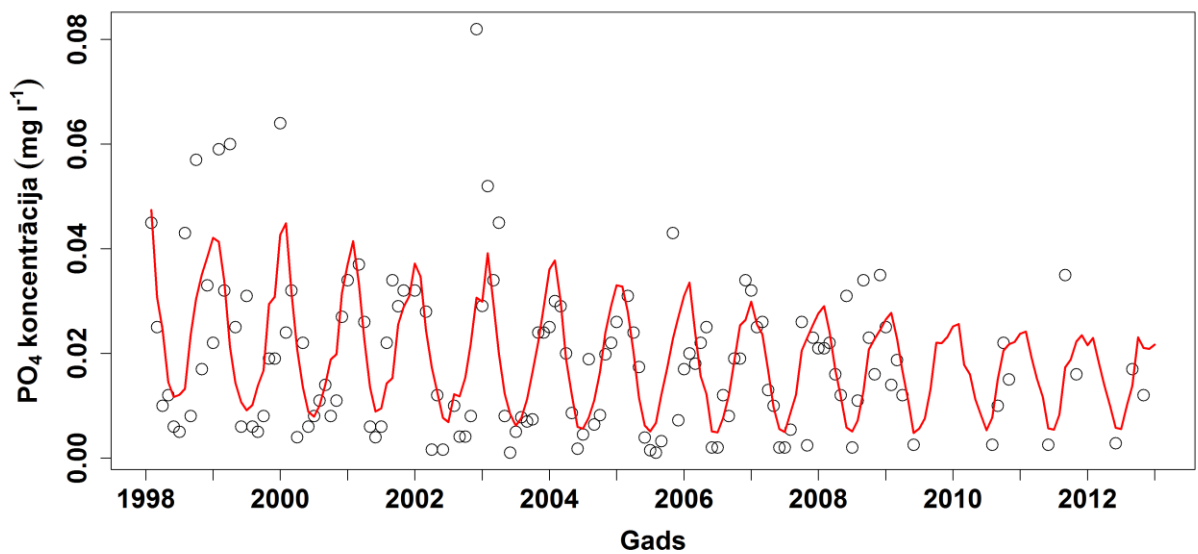
VII.P.5. attēls.  $\text{PO}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē 1991. – 2012. gadam.



VII.P.6. attēls.  $\text{PO}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā 1991. – 2012. gadam.

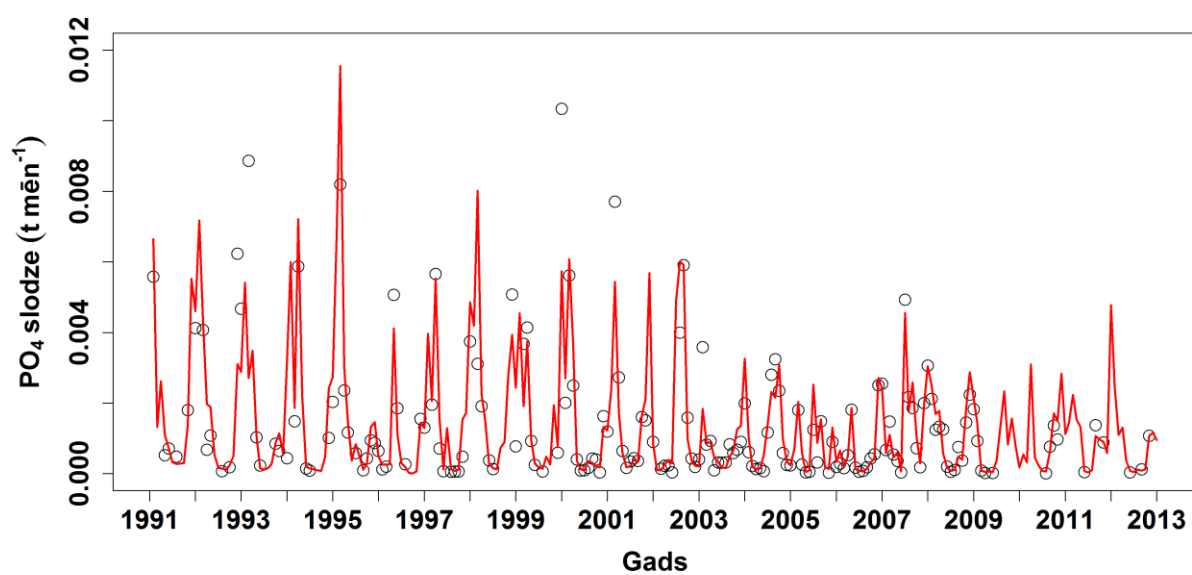


VII.P.7. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā 1991. – 2012. gadam.

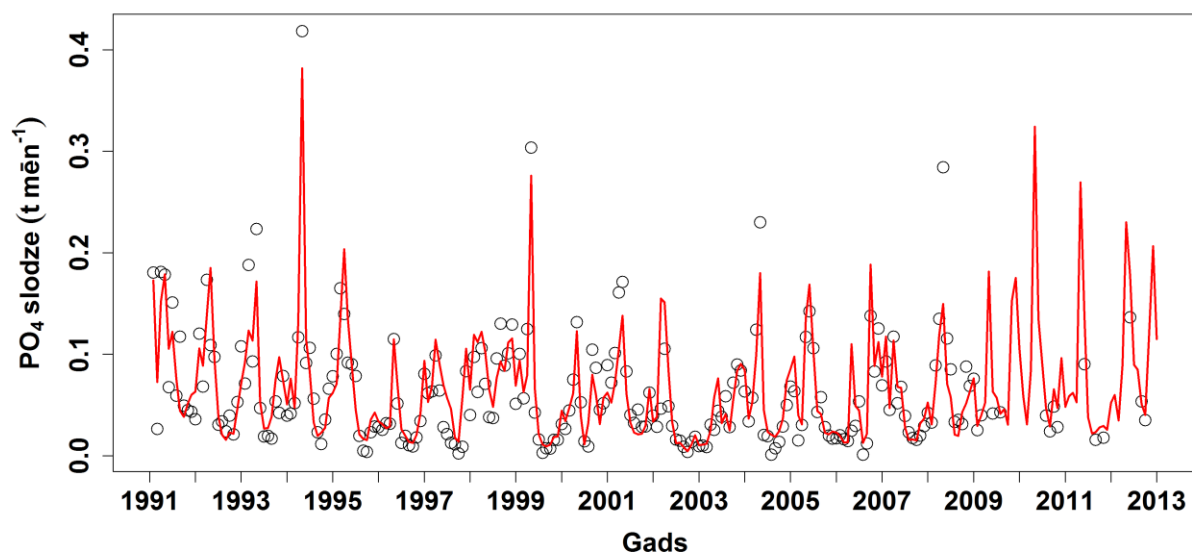


VII.P.8. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā 1998. – 2012. gadam.

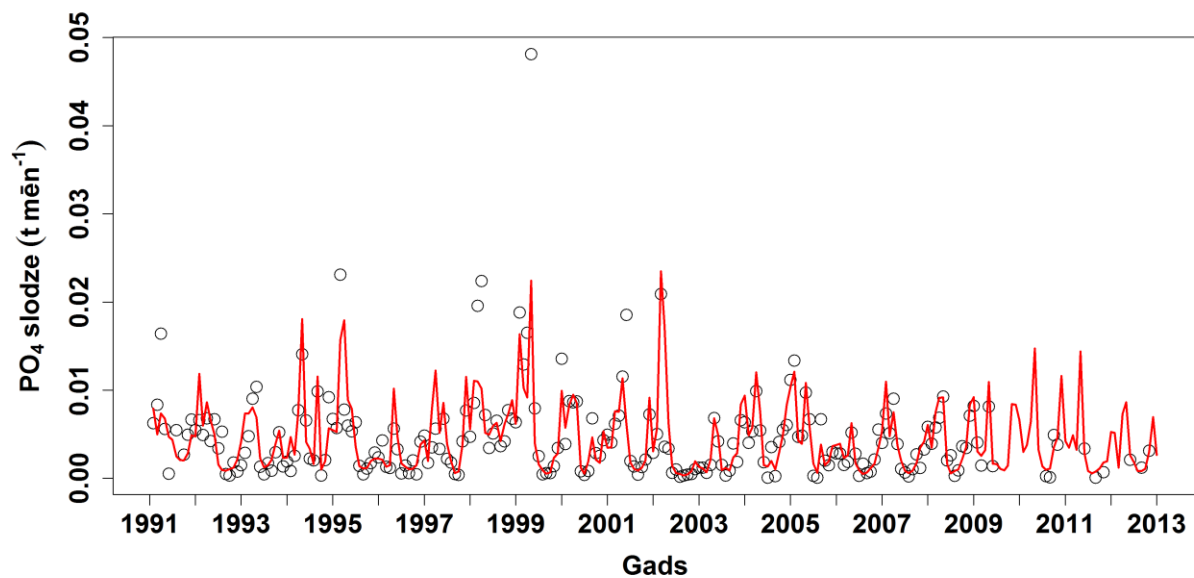
## VIII. PIELIKUMS. PO<sub>4</sub> novērotā un interpolētā slodze no upēm



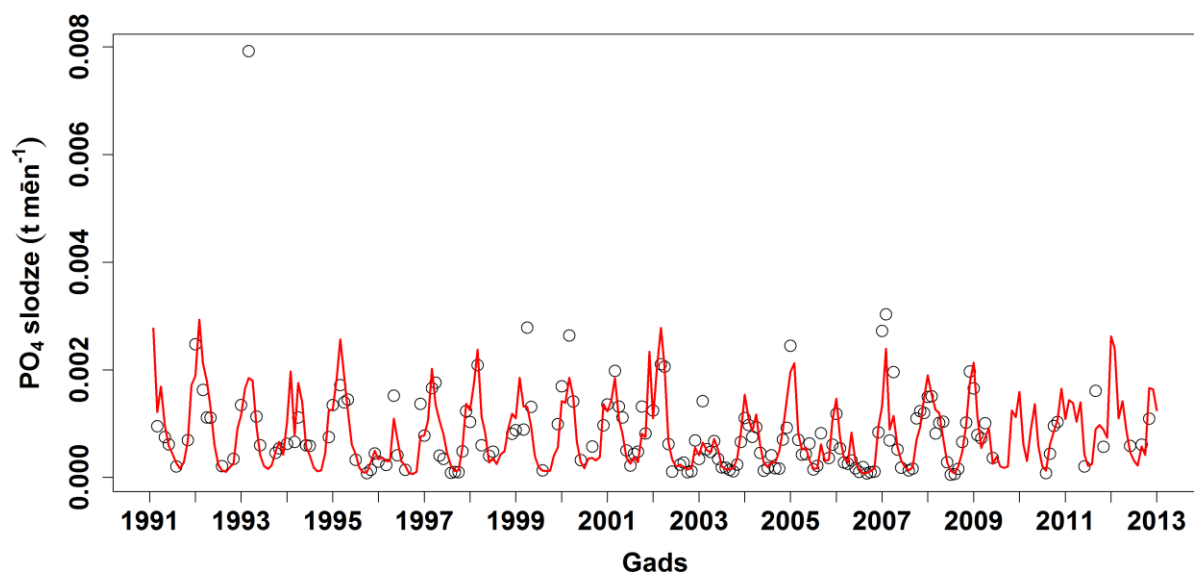
VIII.P.1. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1991. – 2012. gadā.



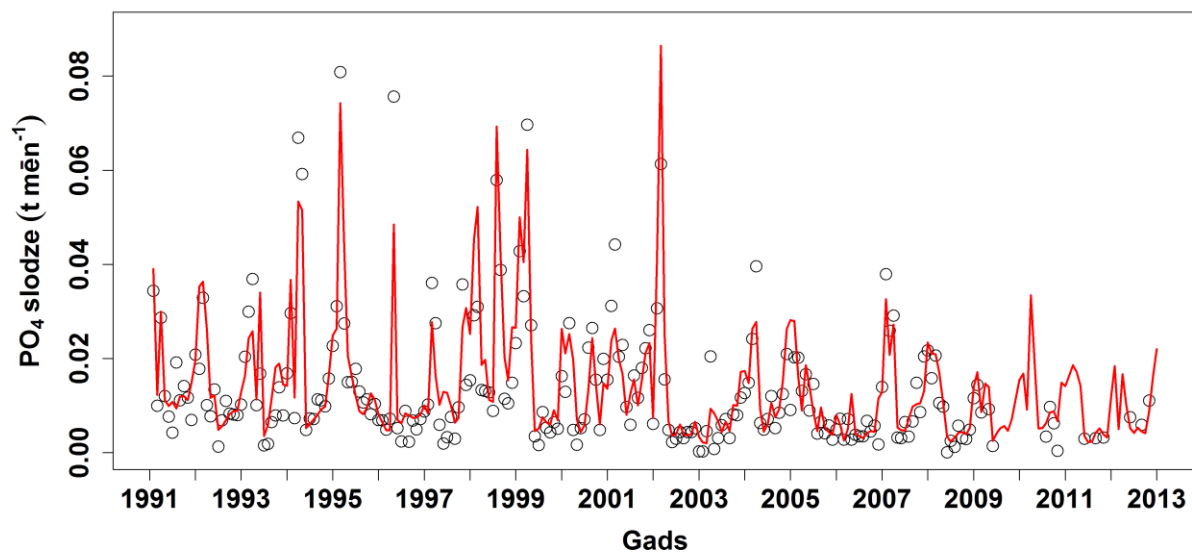
VIII.P.2. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.



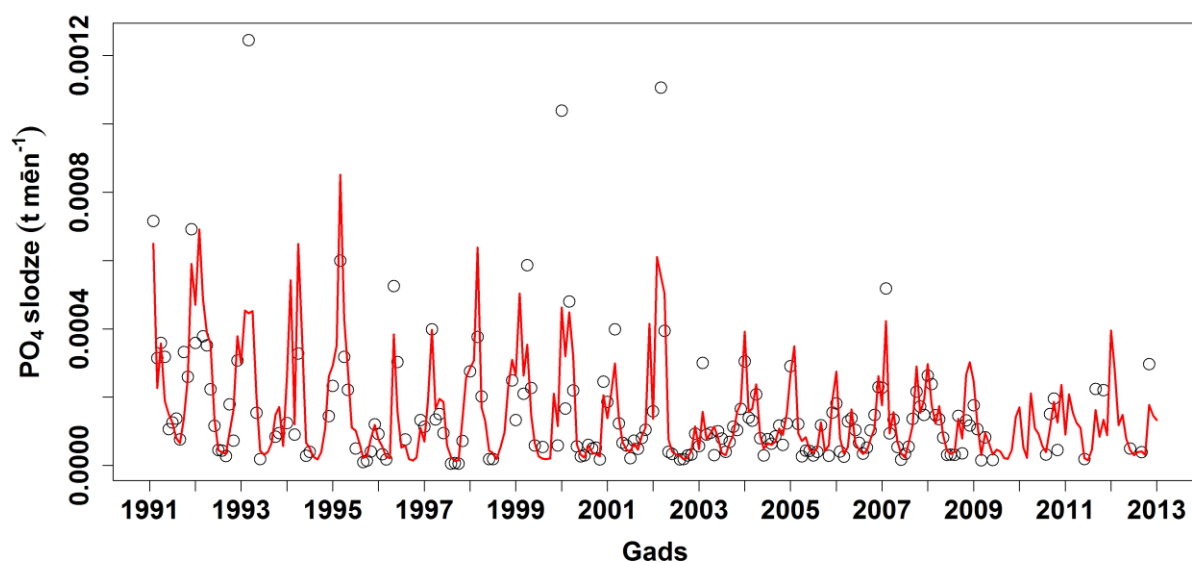
VIII.P.3. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1991. – 2012. gadā.



VIII.P.4. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1991. – 2012. gadā.

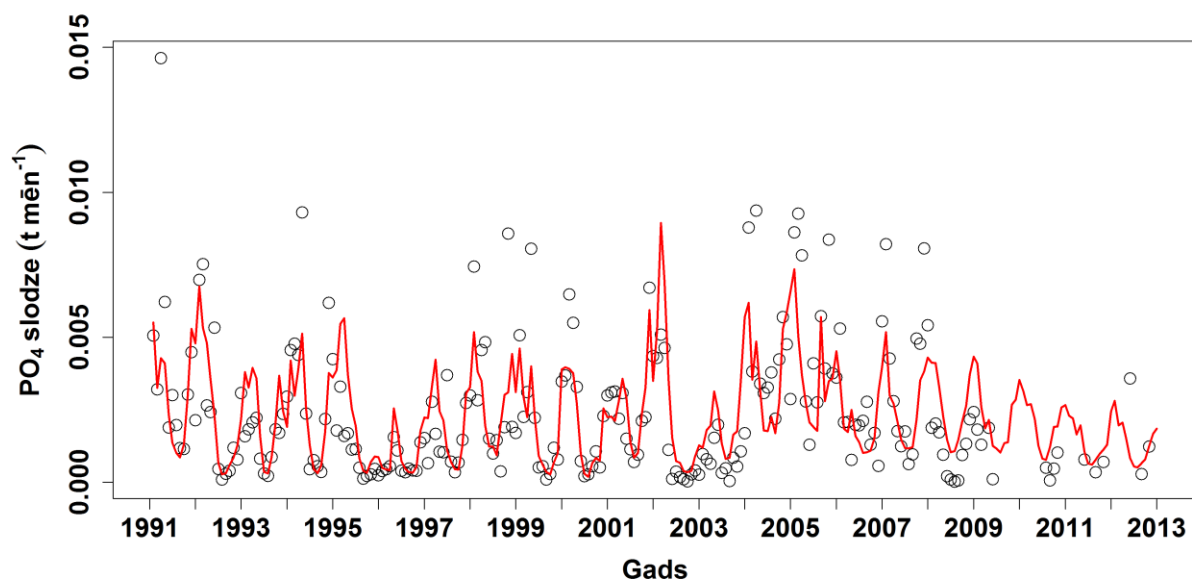


VIII.P.5. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1991. – 2012. gadā.

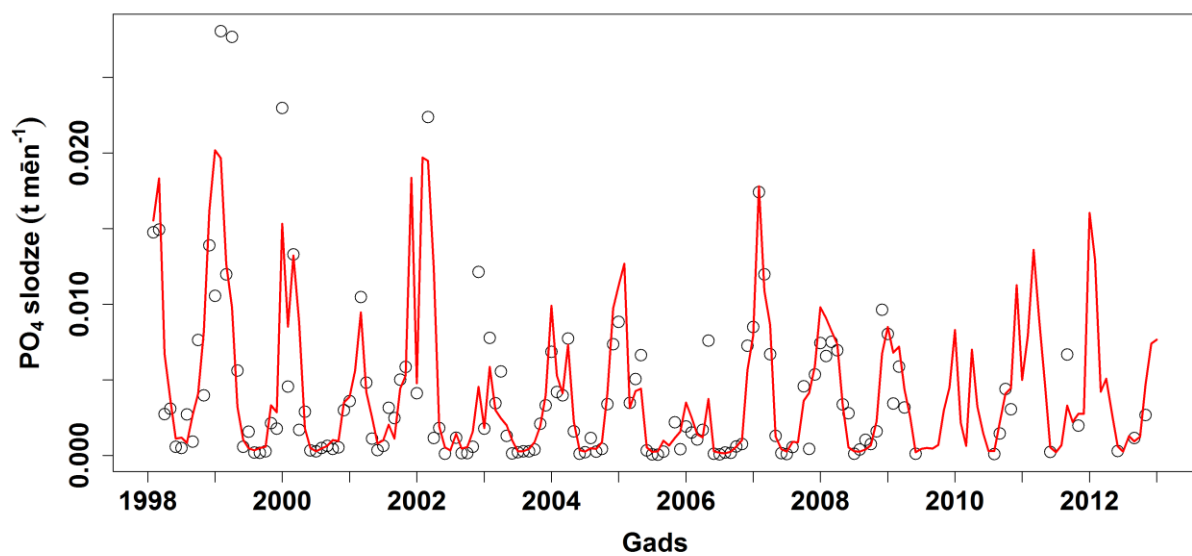


VIII.P.6. attēls. PO<sub>4</sub> novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1991. – 2012. gadā.



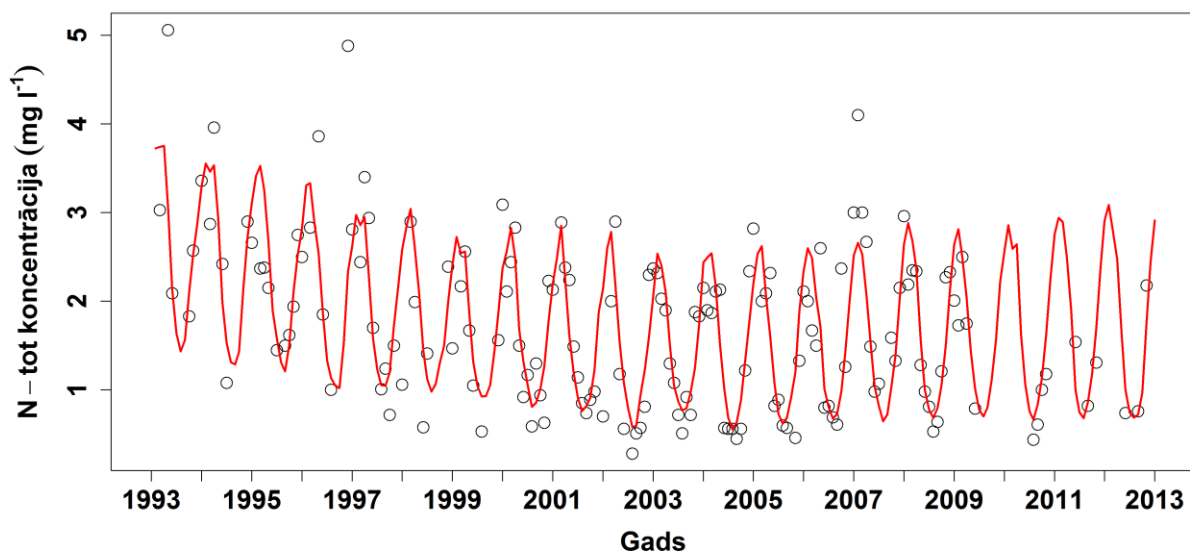


VIII.P.7. attēls.  $\text{PO}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1991. – 2012. gadā.

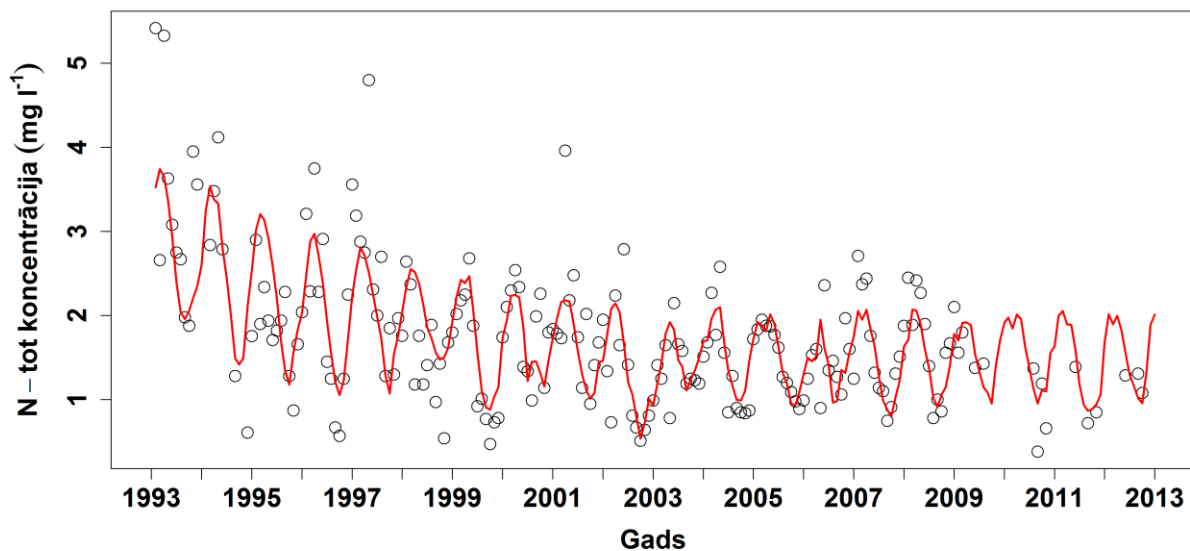


VIII.P.8. attēls.  $\text{PO}_4$  novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

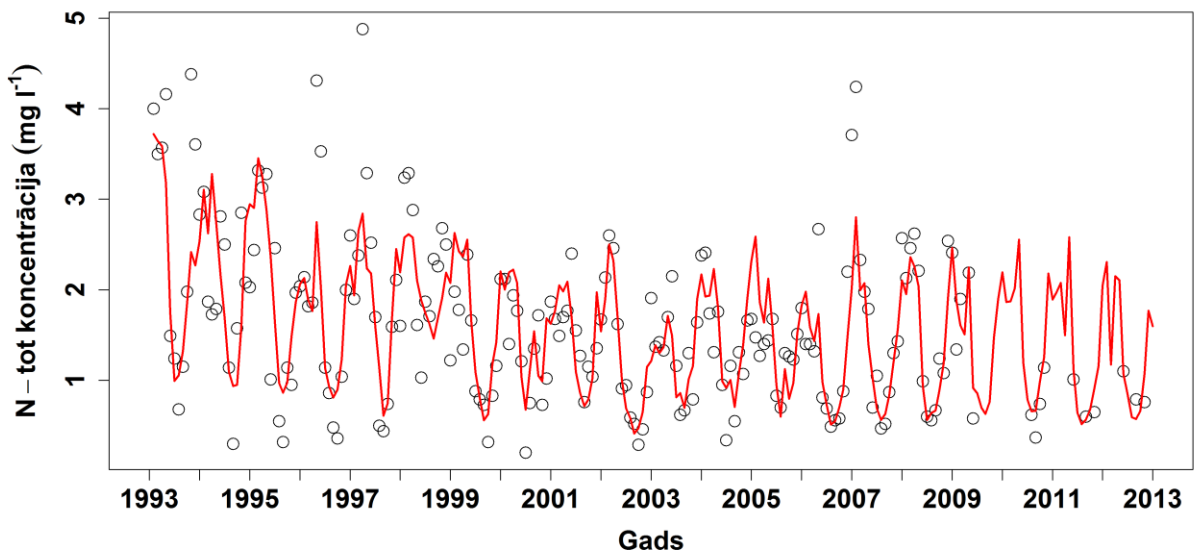
## IX. PIELIKUMS. N – tot novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



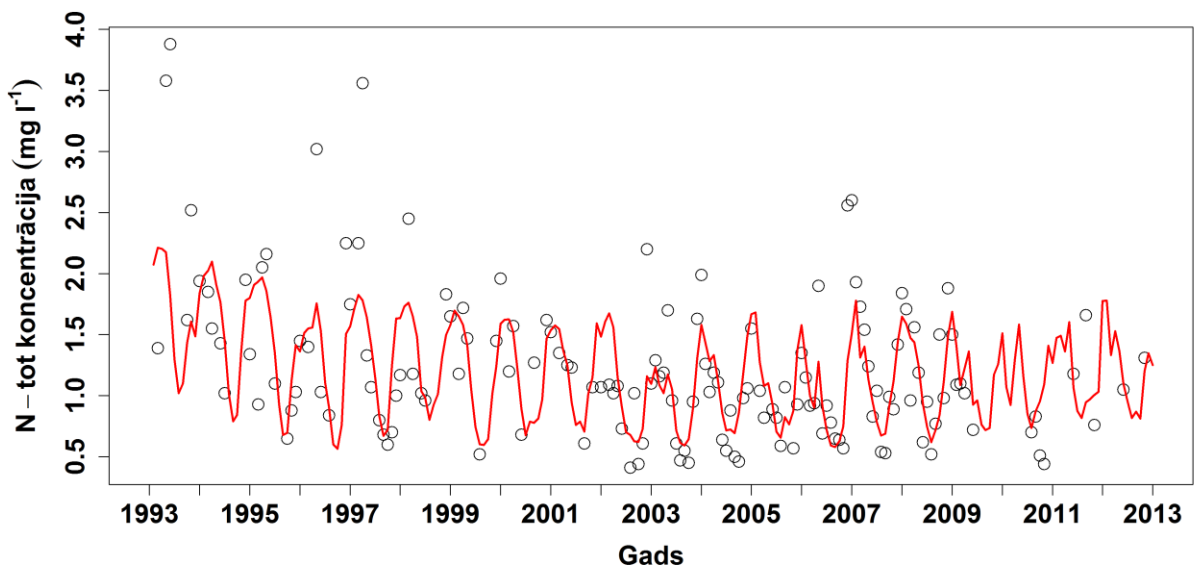
IX.P.1. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1993. – 2012. gadam.



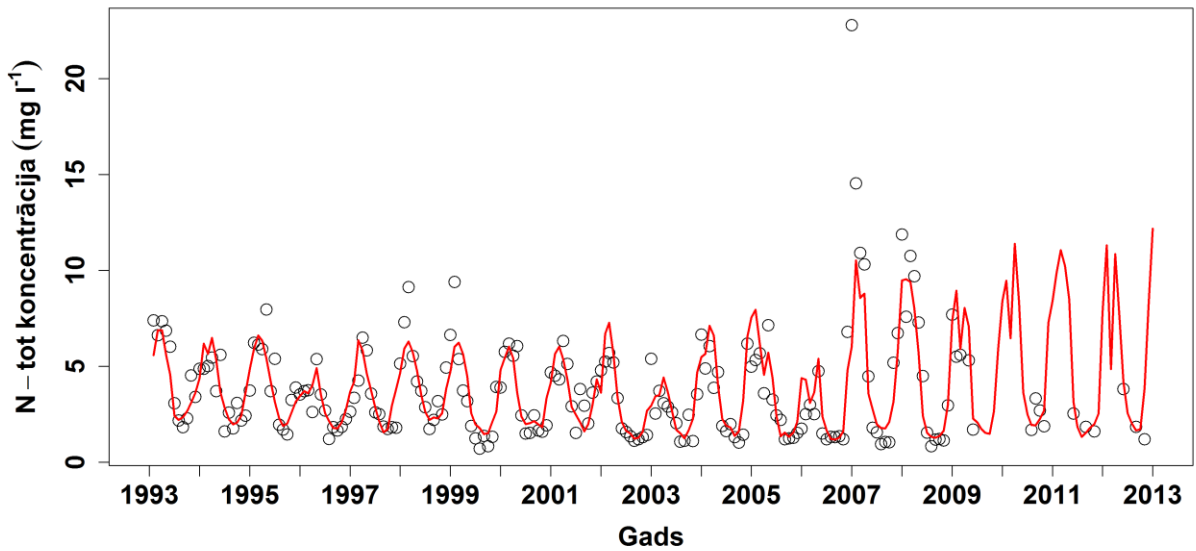
IX.P.2. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1993. – 2012. gadam.



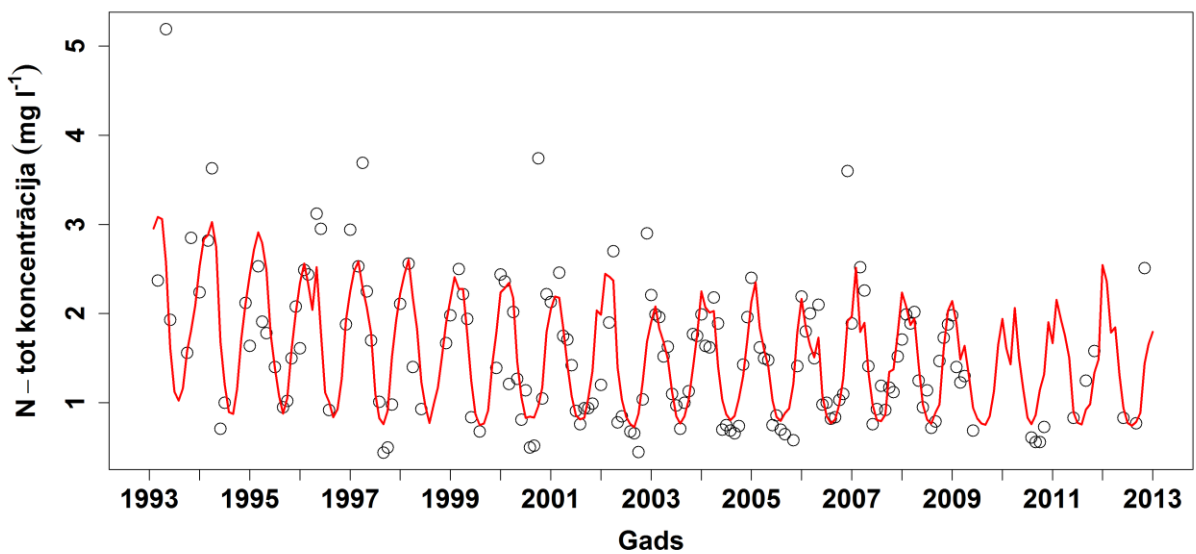
**IX.P.3. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā 1993. – 2012. gadam.**



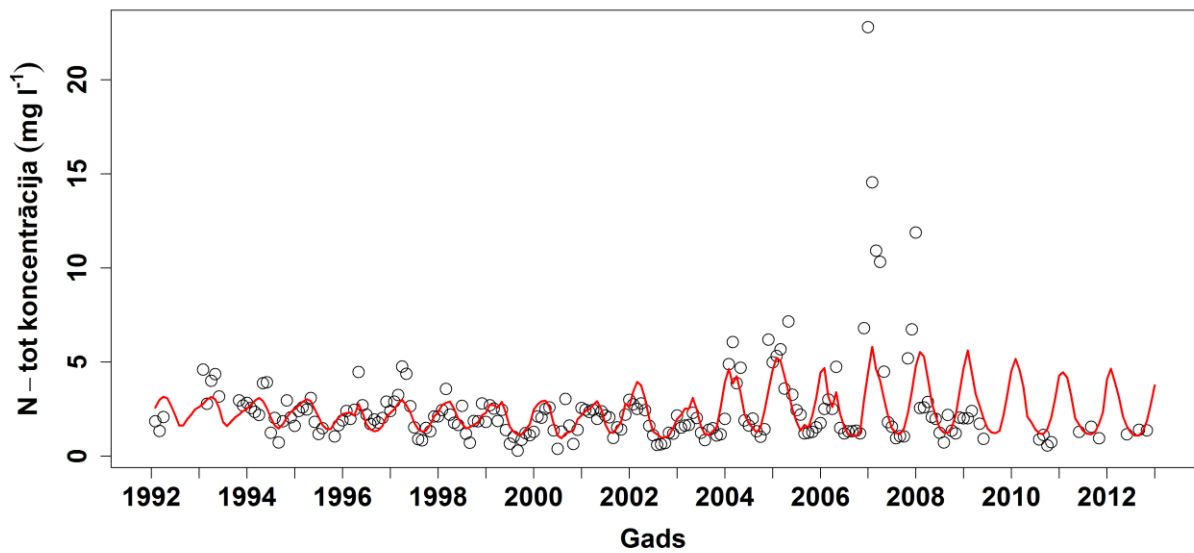
**IX.P.4. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē 1993. – 2012. gadam.**



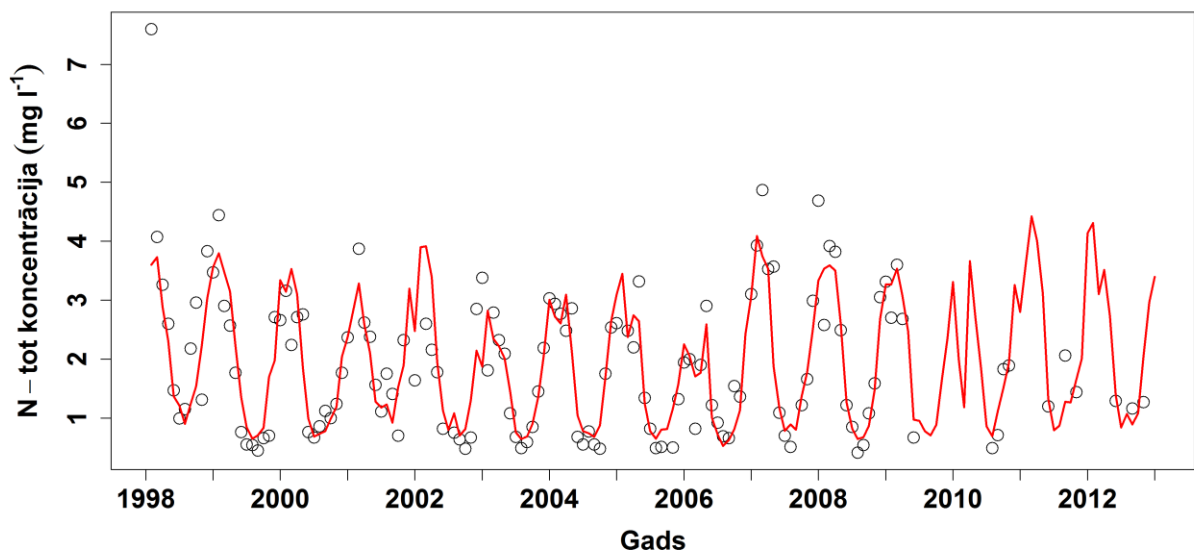
**IX.P.5. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē 1993. – 2012. gadam.**



**IX.P.6. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā 1993. – 2012. gadam.**

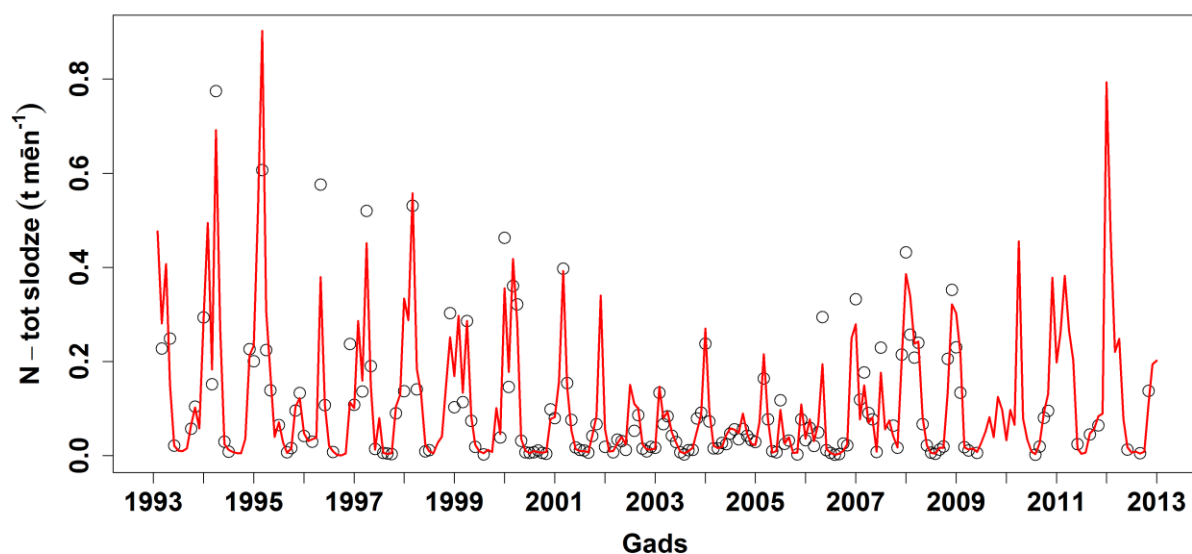


**IX.P.7. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā 1992. – 2012. gadam.**

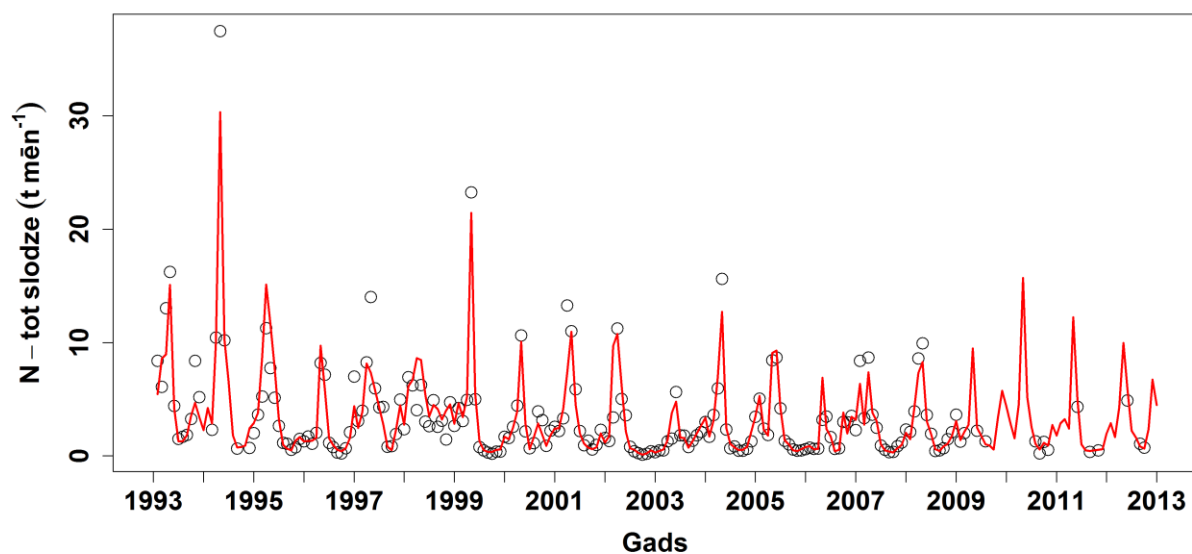


**IX.P.8. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā 1998. – 2012. gadam.**

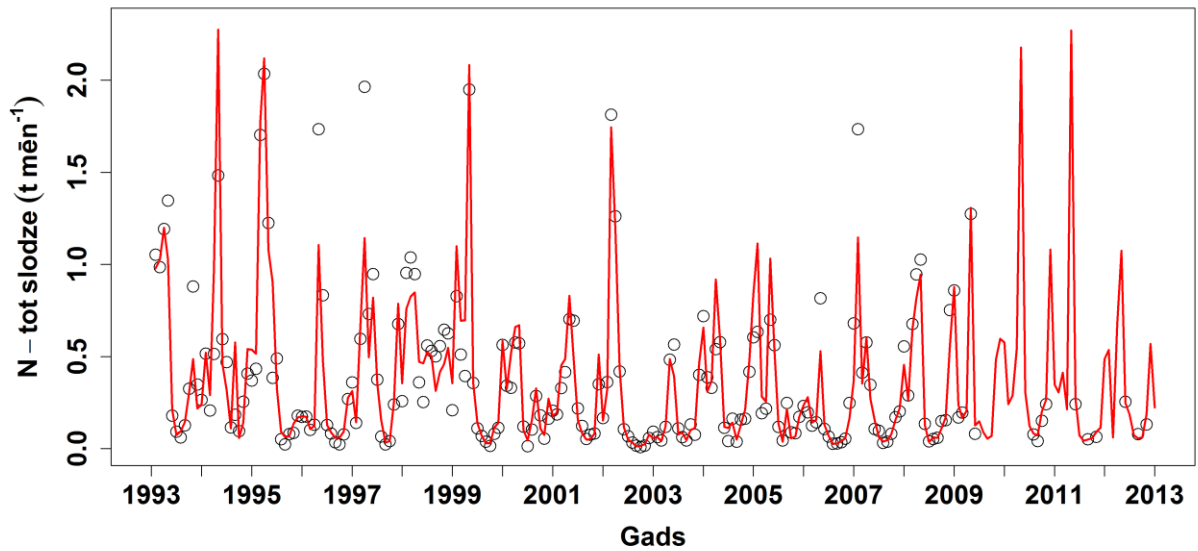
## X. PIELIKUMS. N – tot novērotā un interpolētā slodze no upēm



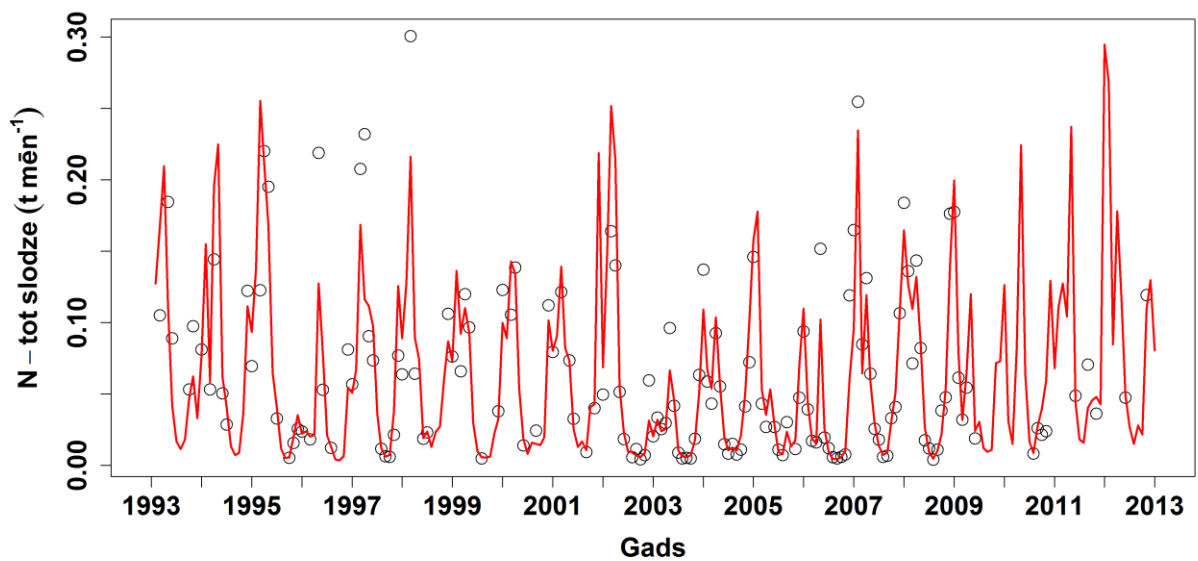
X.P.1. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1993. – 2012. gadā.



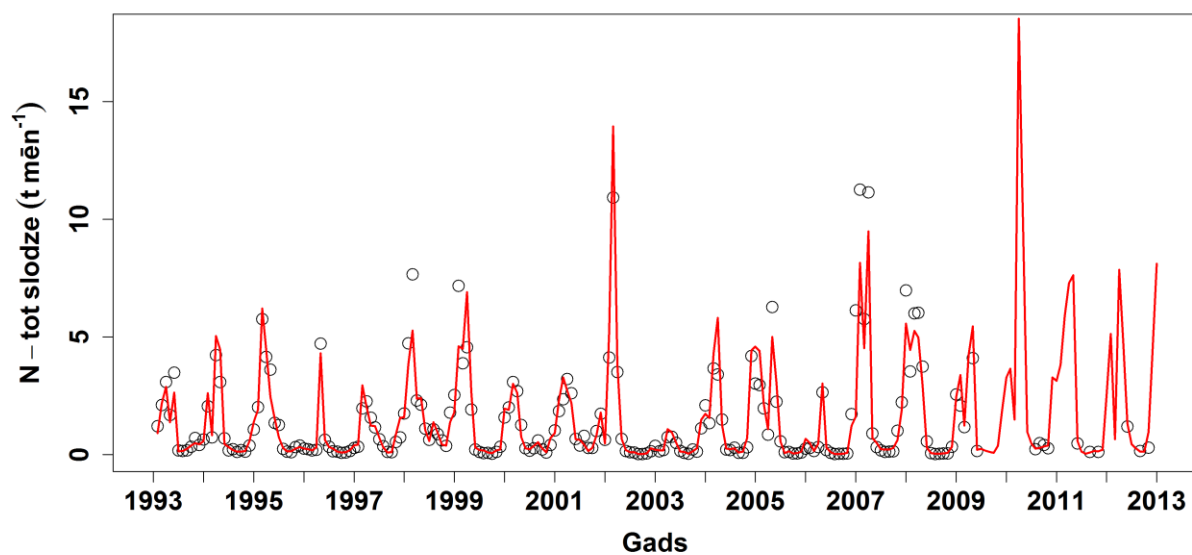
X.P.2. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1993. – 2012. gadā.



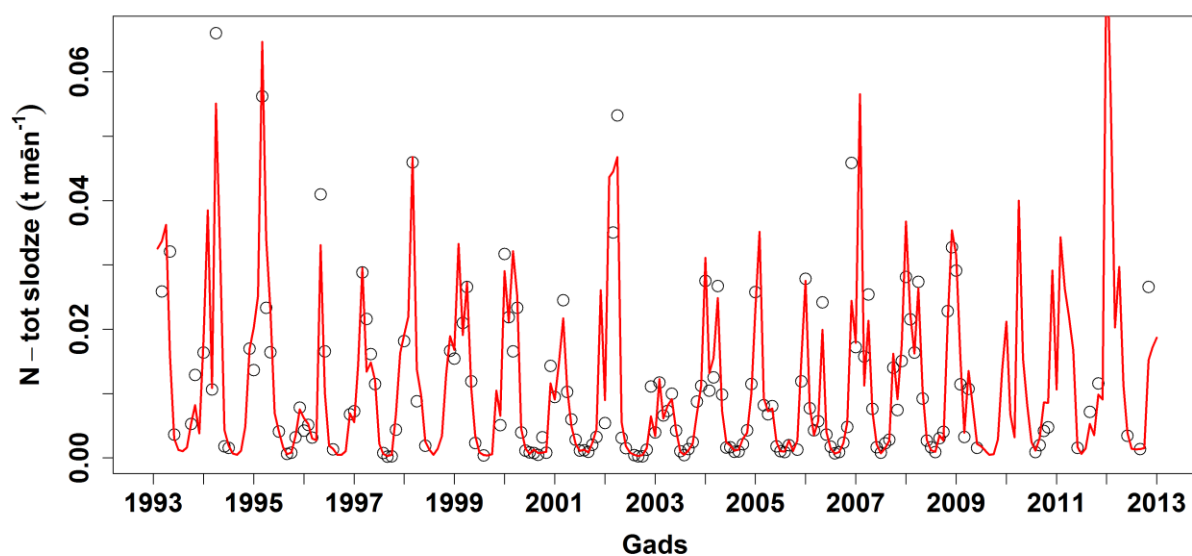
X.P.3. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1993. – 2012. gadā.



X.P.4. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1993. – 2012. gadā.

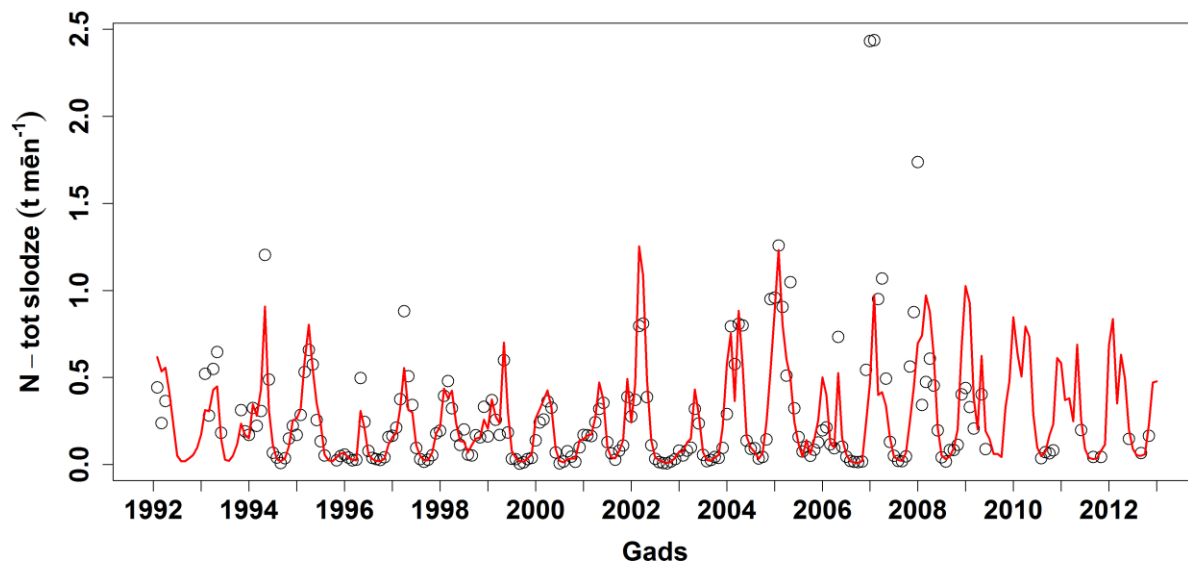


X.P.5. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1993. – 2012. gadā.

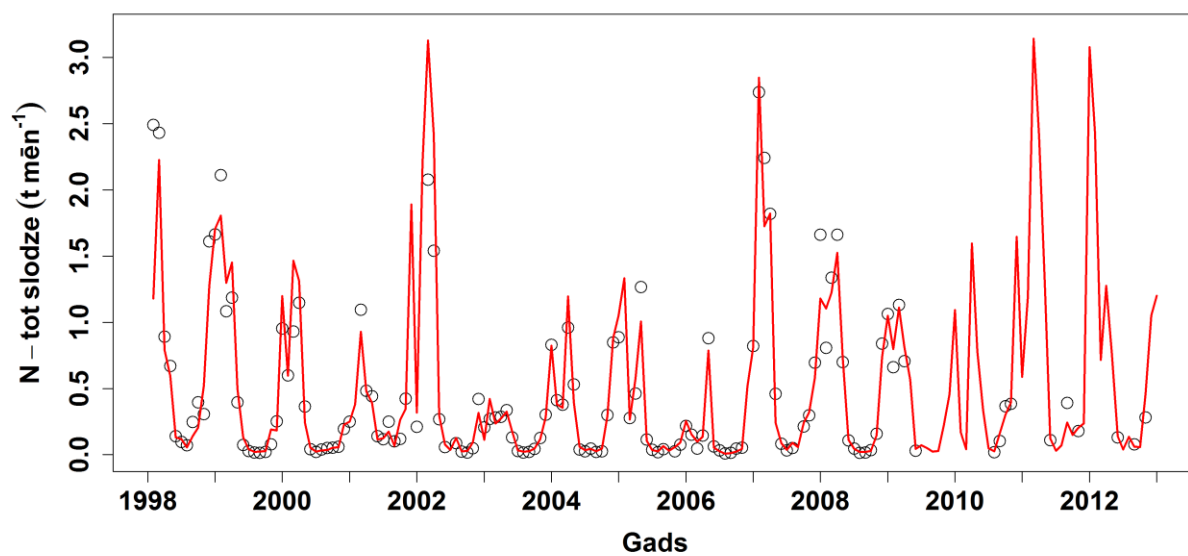


X.P.6. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1993. – 2012. gadā.



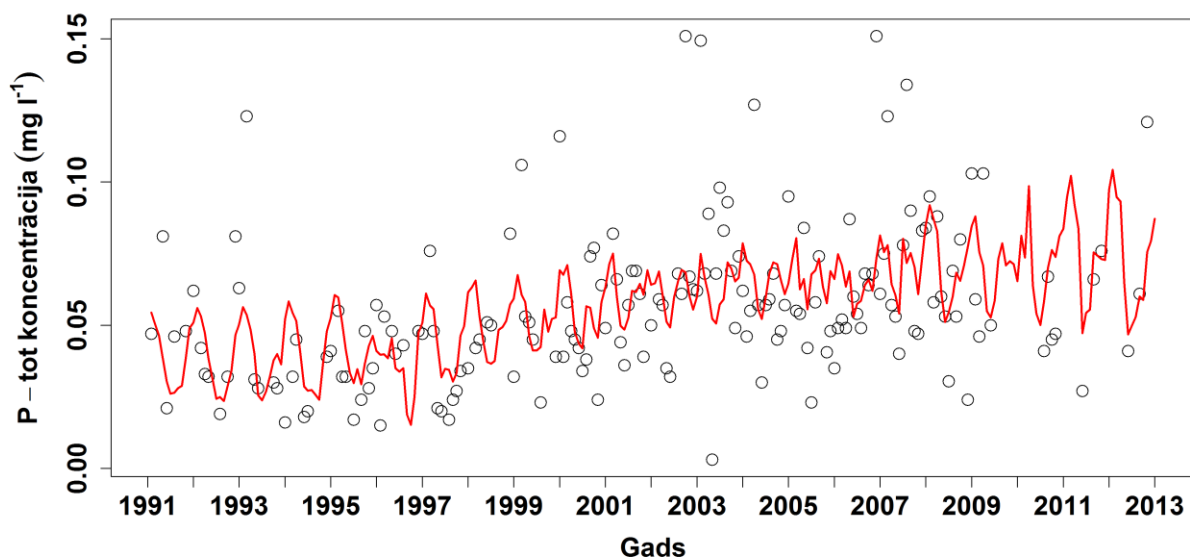


X.P.7. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1992. – 2012. gadā.

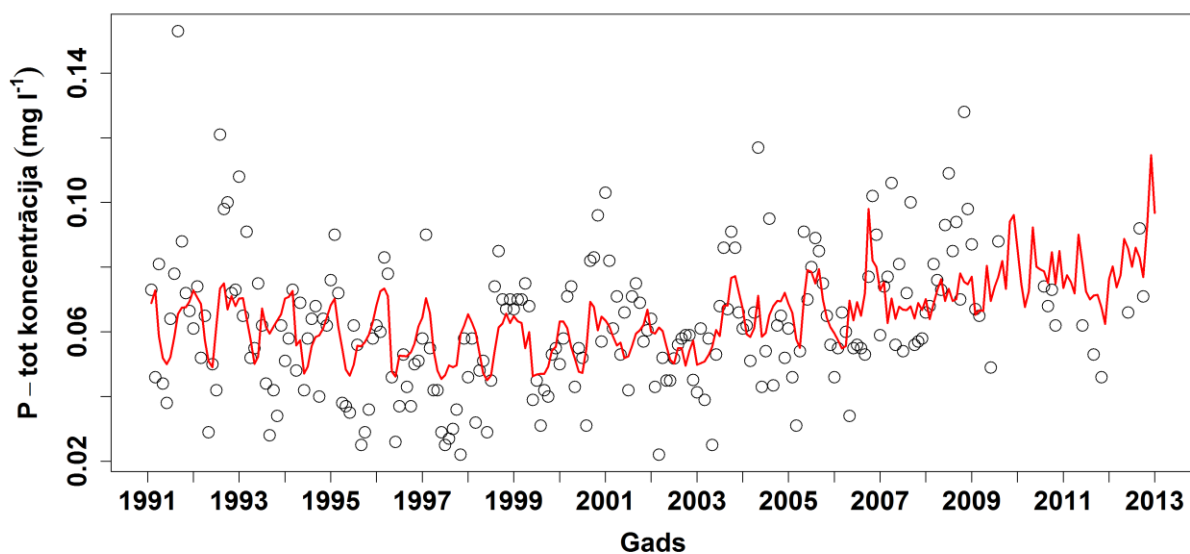


X.P.8. attēls. N - tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

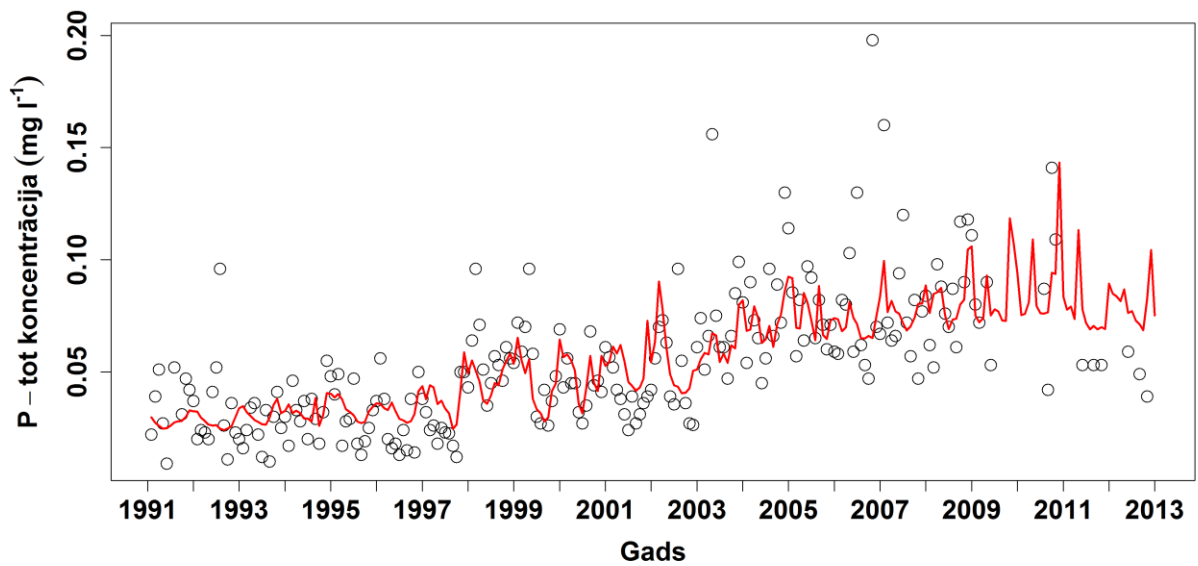
## XI. PIELIKUMS. P – tot novērotā un interpolētā koncentrācija upēs



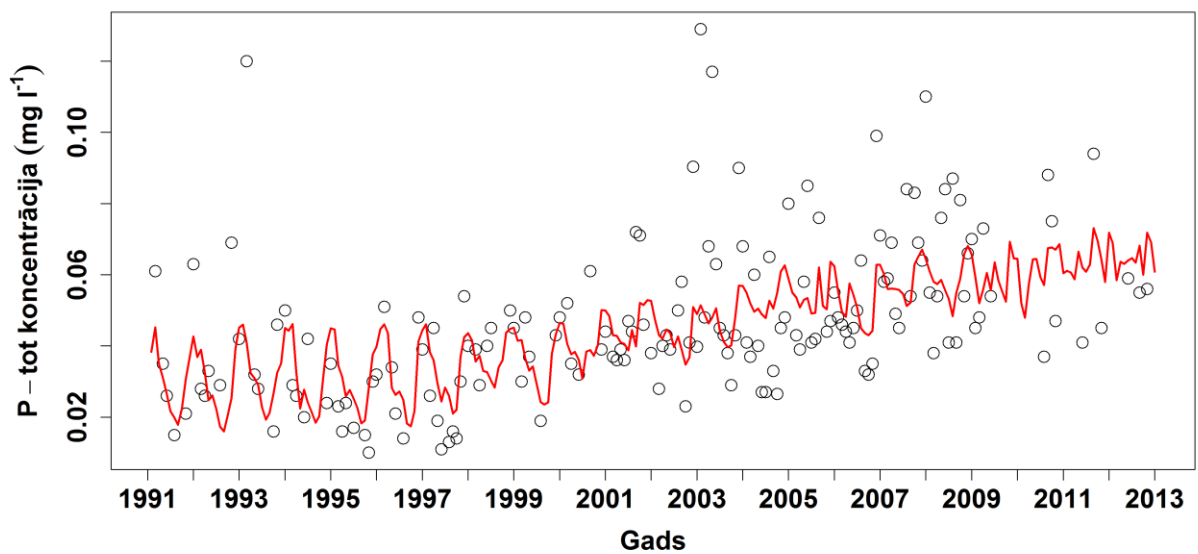
XI.P.1. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Bārtā 1991. – 2012. gadam.



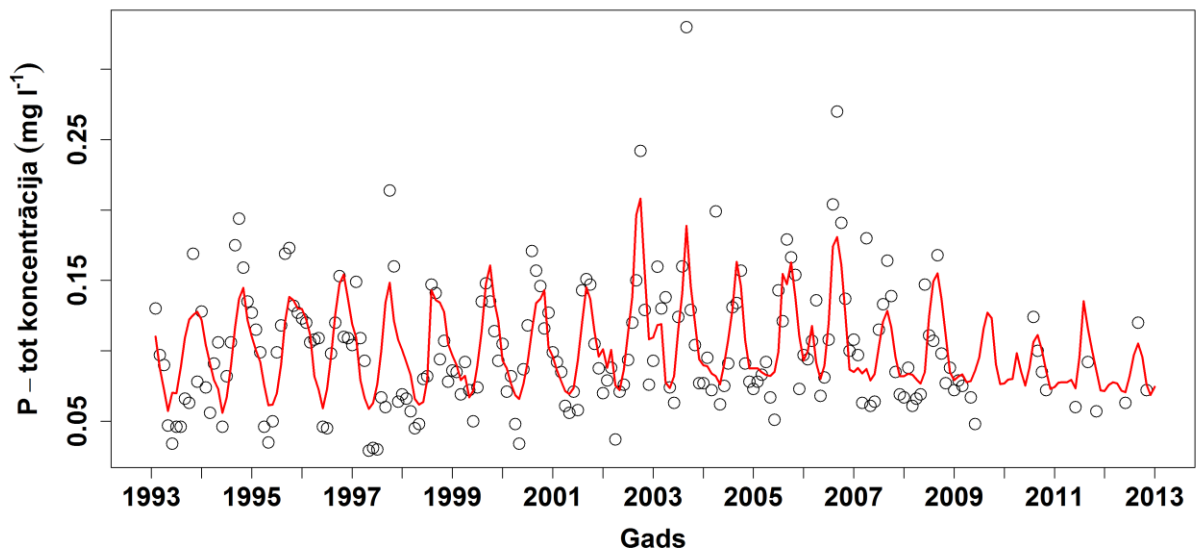
XI.P.2. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Daugavā 1991. – 2012. gadam.



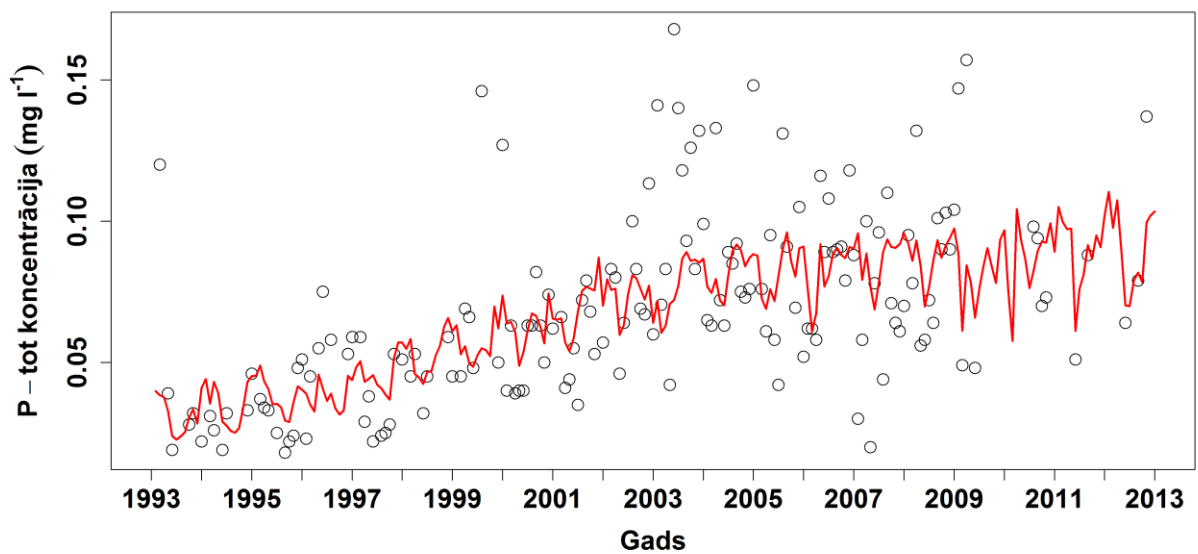
**XI.P.3. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Gaujā 1991. – 2012. gadam.**



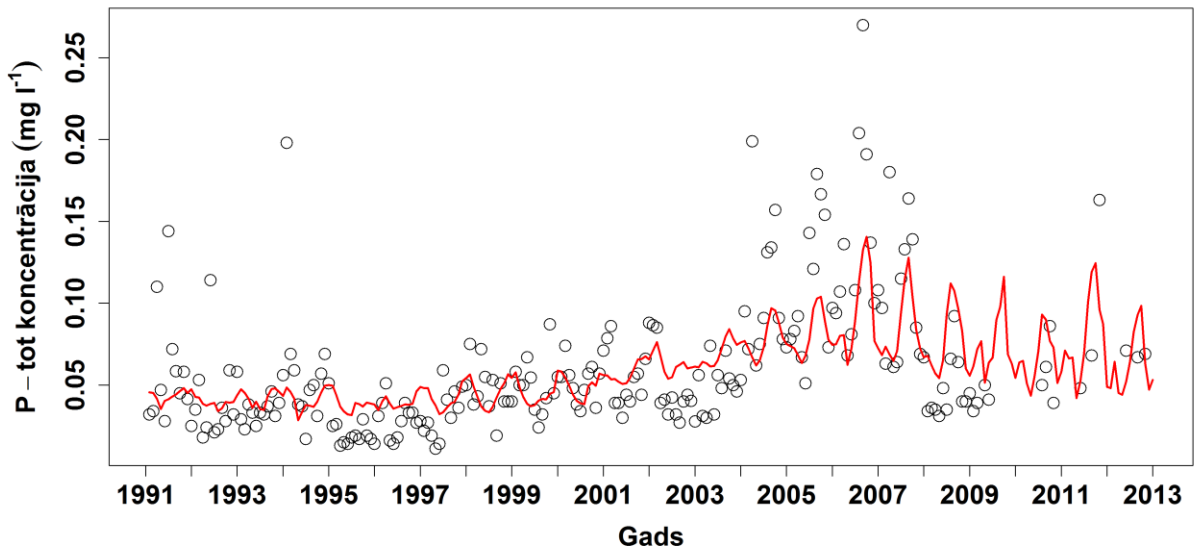
**XI.P.4. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Irbē 1991. – 2012. gadam.**



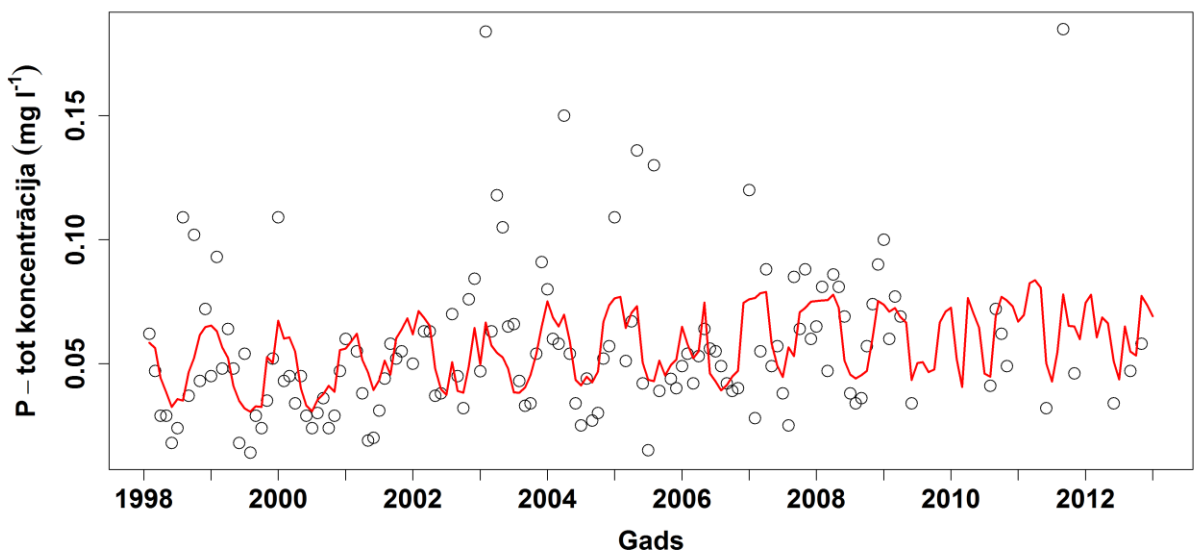
*XI.P.5. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Lielupē 1991. – 2012. gadam.*



*XI.P.6. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Sakā 1991. – 2012. gadam.*

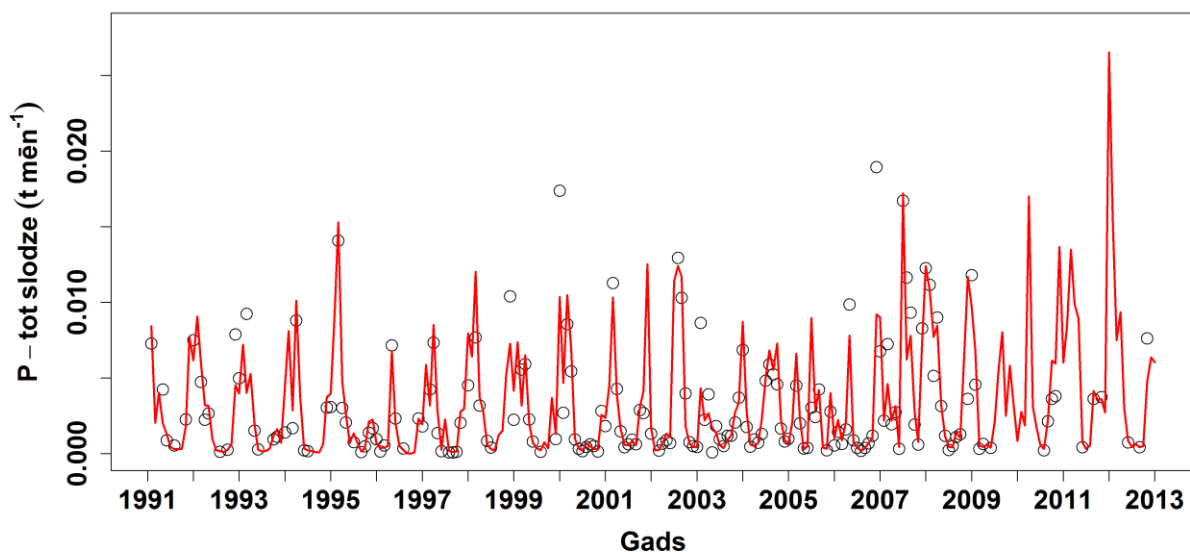


**XI.P.7. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Salacā 1991. – 2012. gadam.**

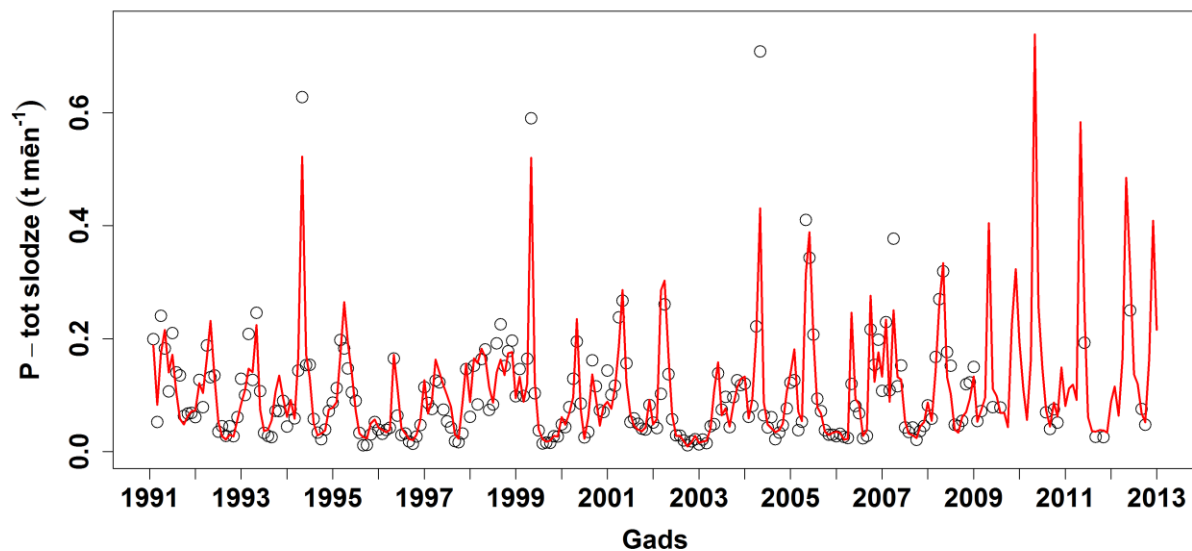


**XI.P.8. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) koncentrācija Ventā 1998. – 2012. gadam.**

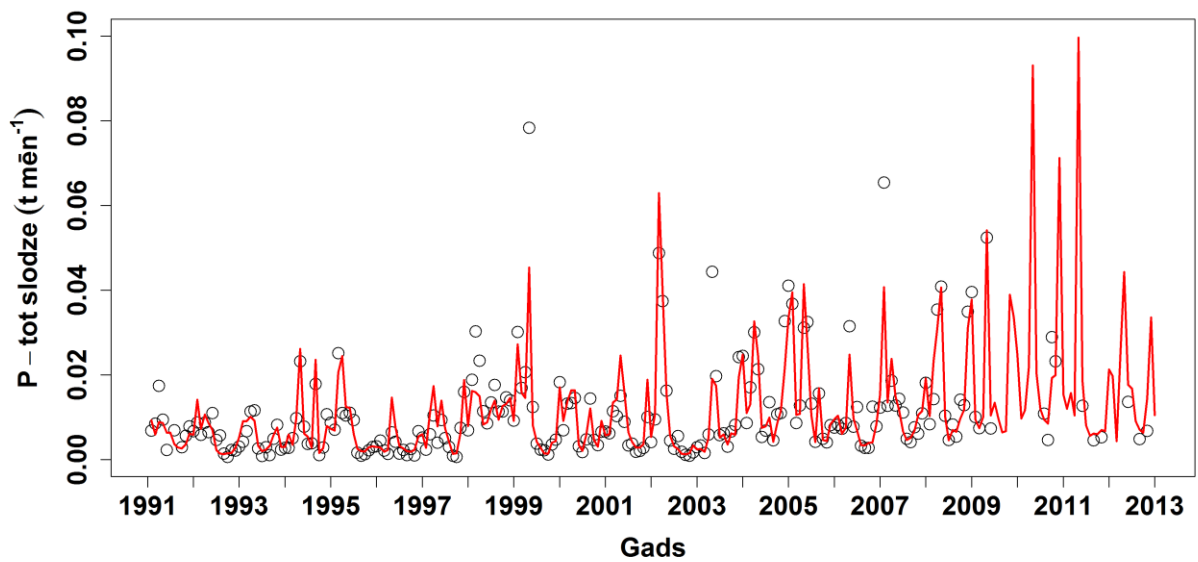
## XII. PIELIKUMS. P – tot novērotā un interpolētā slodze no upēm



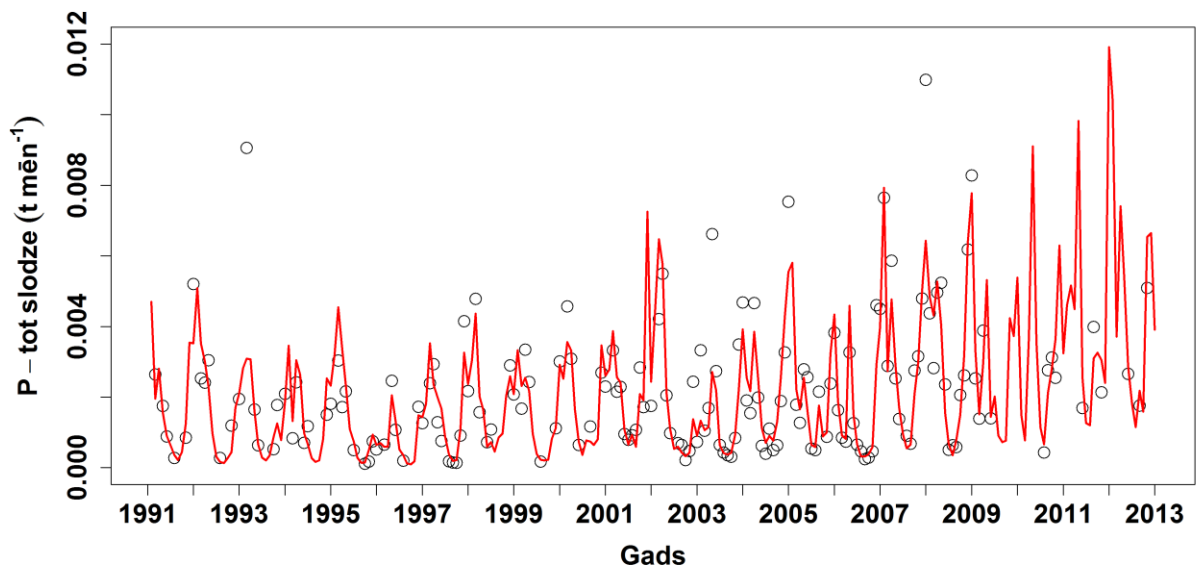
XII.P.1. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Bārtas 1991. – 2012. gadā.



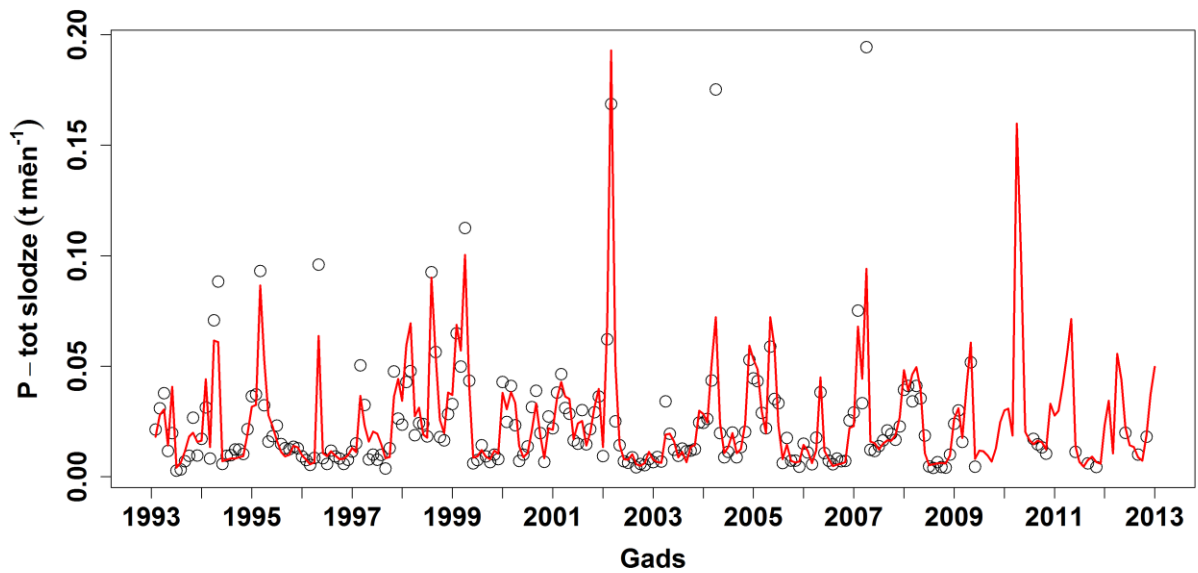
XII.P.2. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Daugavas 1991. – 2012. gadā.



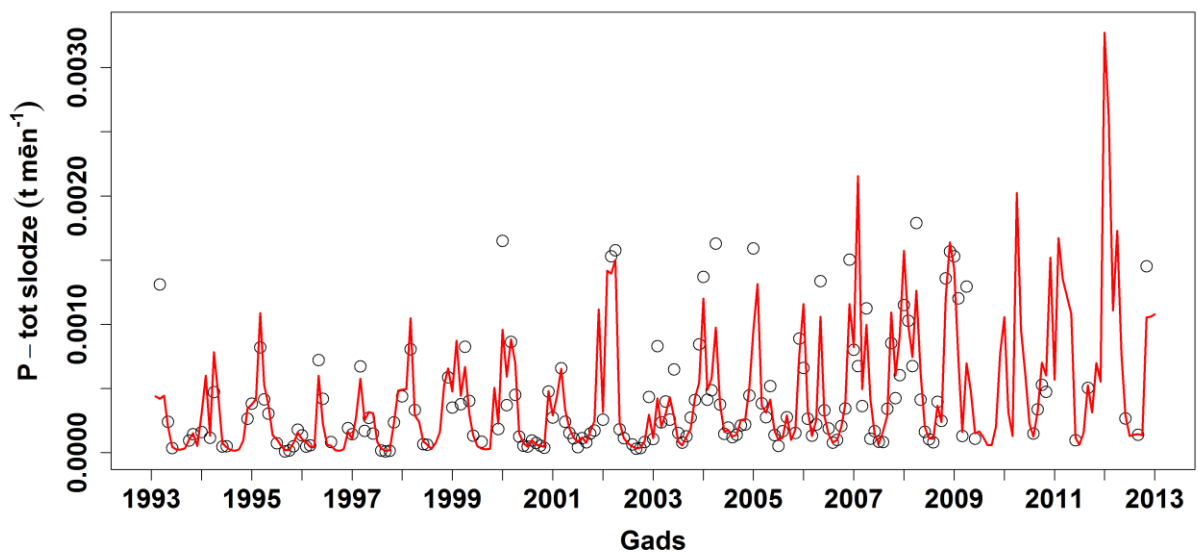
XII.P.3. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Gaujas 1991. – 2012. gadā.



XII.P.4. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Irbes 1991. – 2012. gadā.

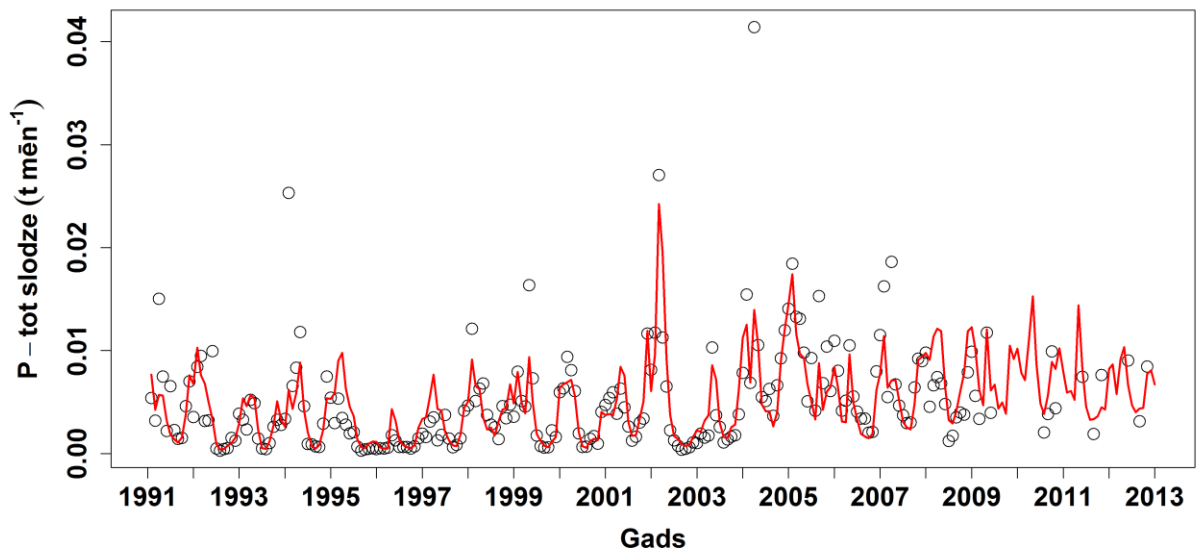


XII.P.5. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Lielupes 1991. – 2012. gadā.

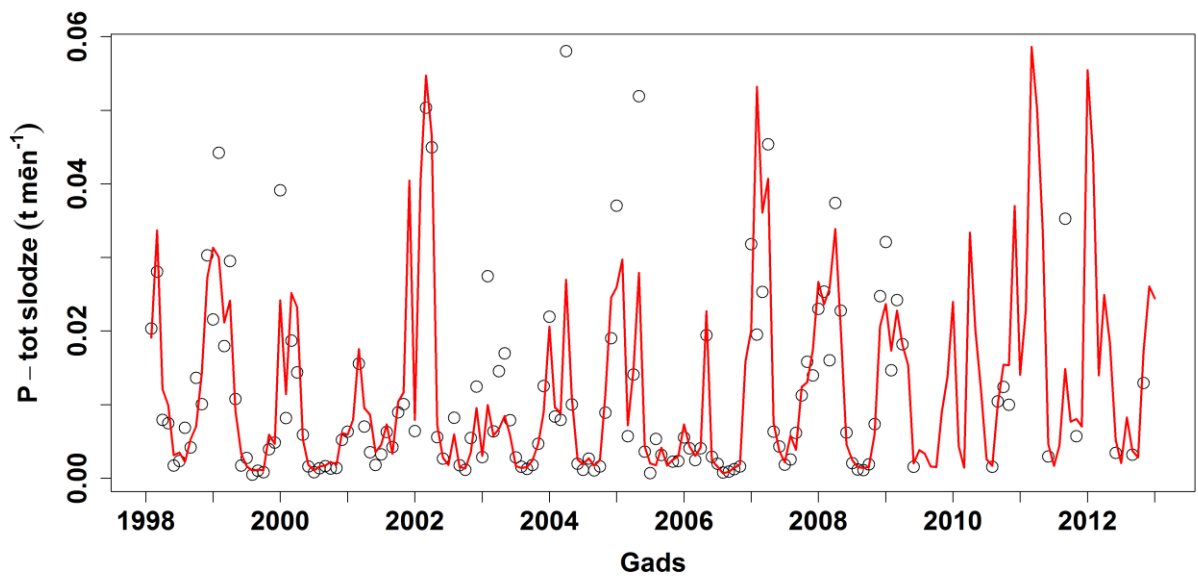


XII.P.6. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Sakas 1991. – 2012. gadā.





XII.P.7. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Salacas 1991. – 2012. gadā.



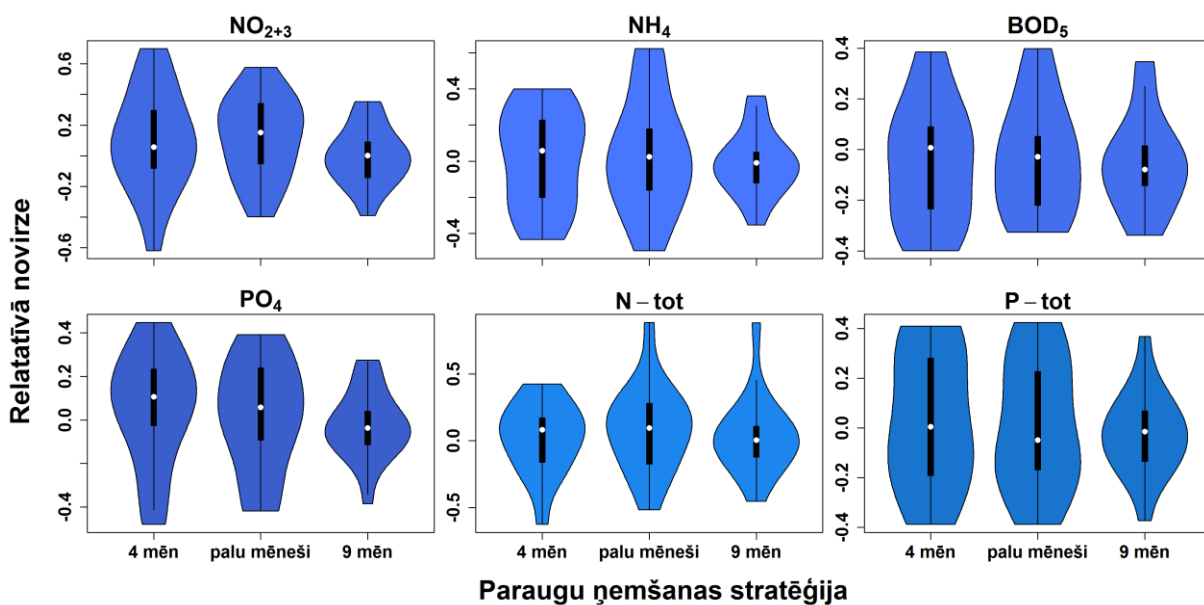
XII.P.8. attēls. P – tot novērotā (punkti) un interpolētā (līnija) slodze no Ventas 1998. – 2012. gadā.

### XIII. PIELIKUMS. Relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas

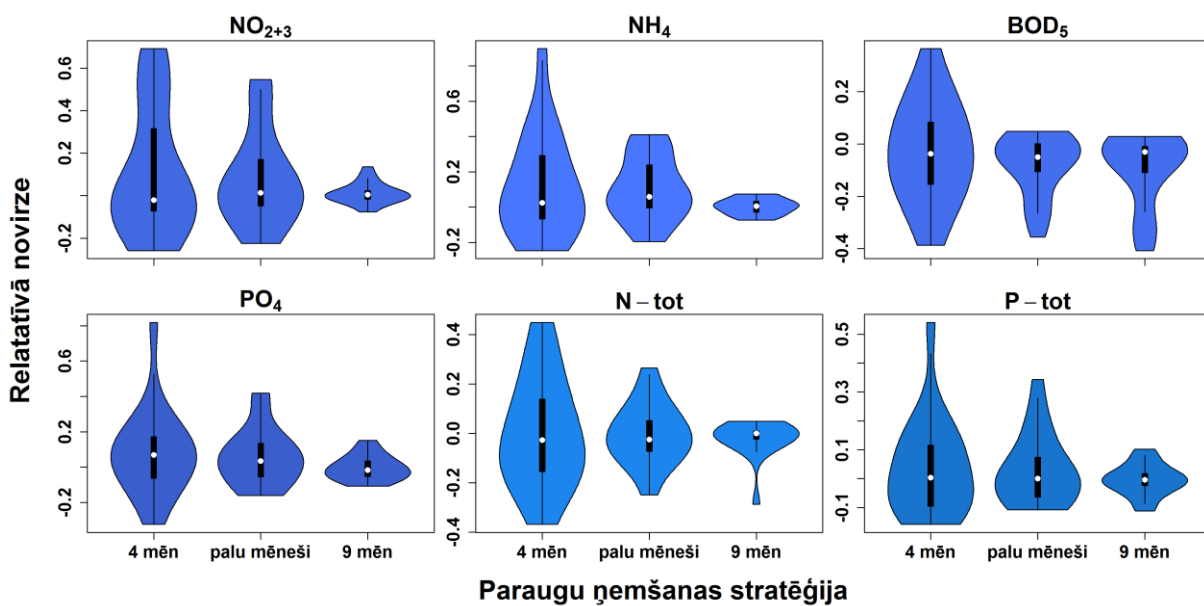
4 mēn. – Pašreizējais scenārijs ar paraugu ņemšanu jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī;

palu mēneši – paraugu ņemšana martā, aprīlī un oktobrī;

9 mēn. – paraugu ņemšana 9 reizes gadā, izņemot jūliju, augustu un septembri.

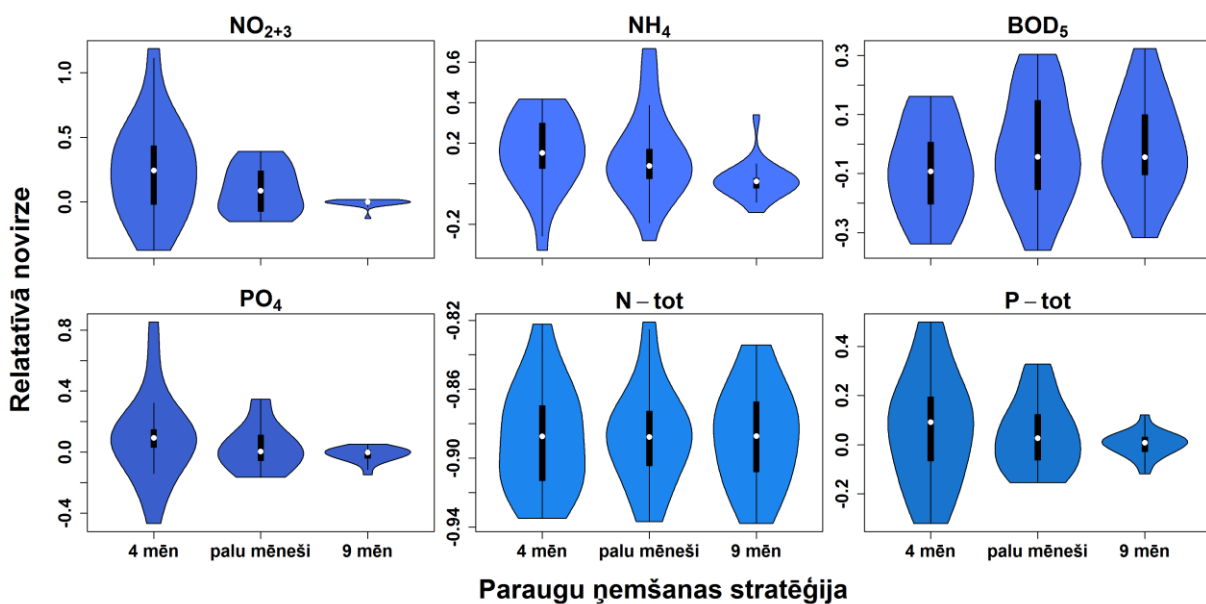


XIII.P.1. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Bārtā.

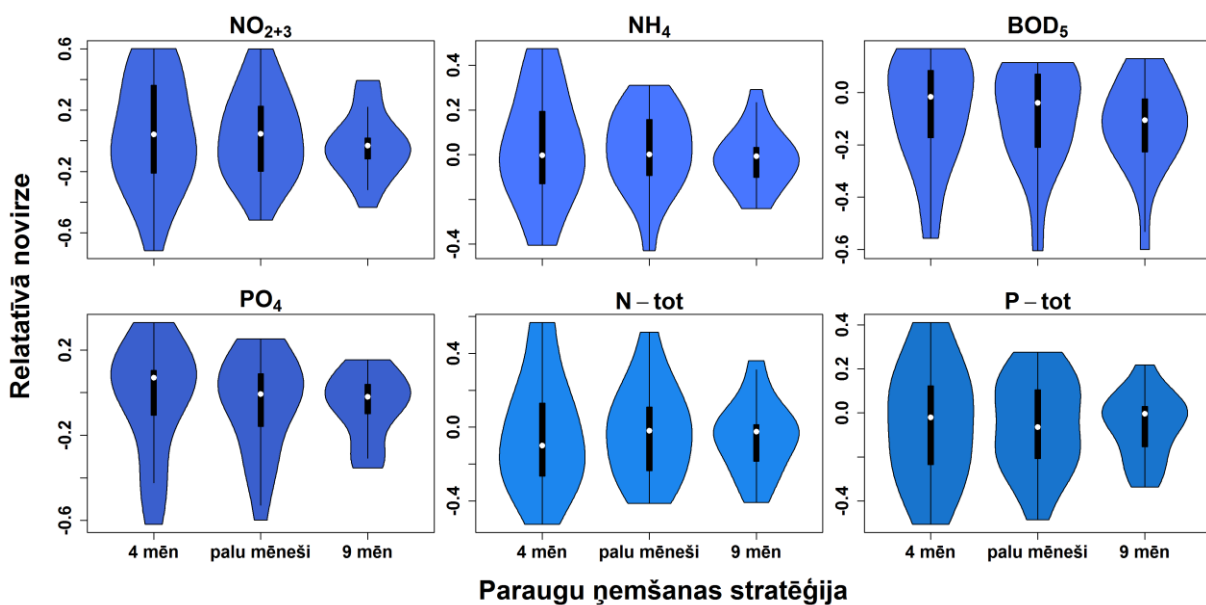


XIII.P.2. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Daugavā.

4 mēn. – Pašreizējais scenārijs ar paraugu ņemšanu jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī;  
 palu mēneši – paraugu ņemšana martā, aprīlī un oktobrī;  
 9 mēn. – paraugu ņemšana 9 reizes gadā, izņemot jūliju, augustu un septembri.

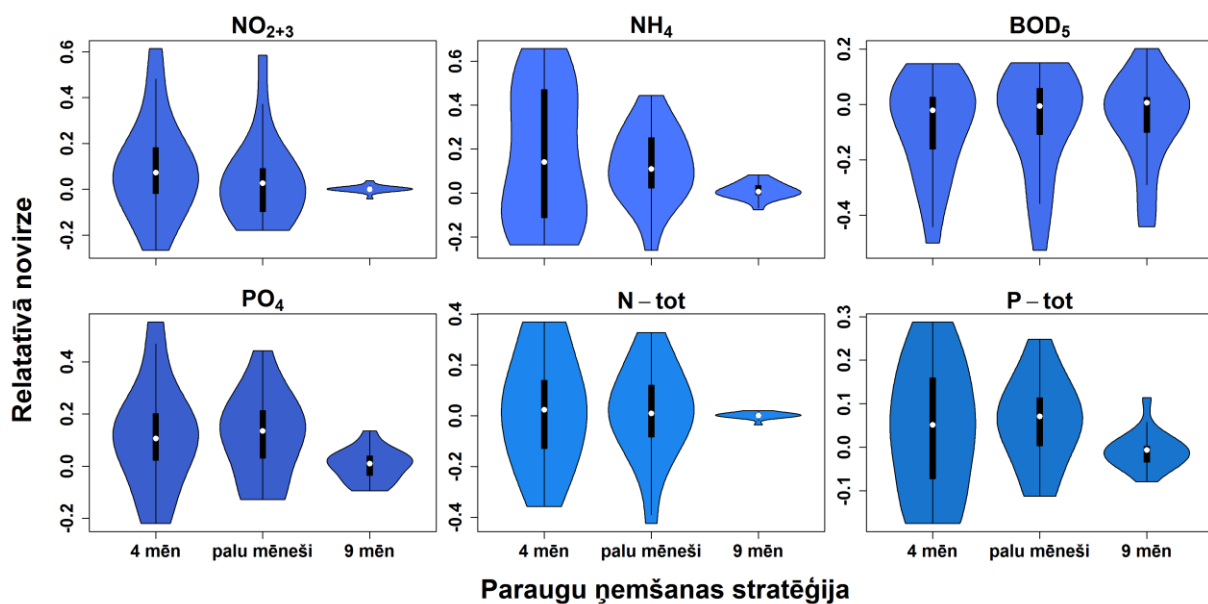


**XIII.P.3. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Gaujā.**

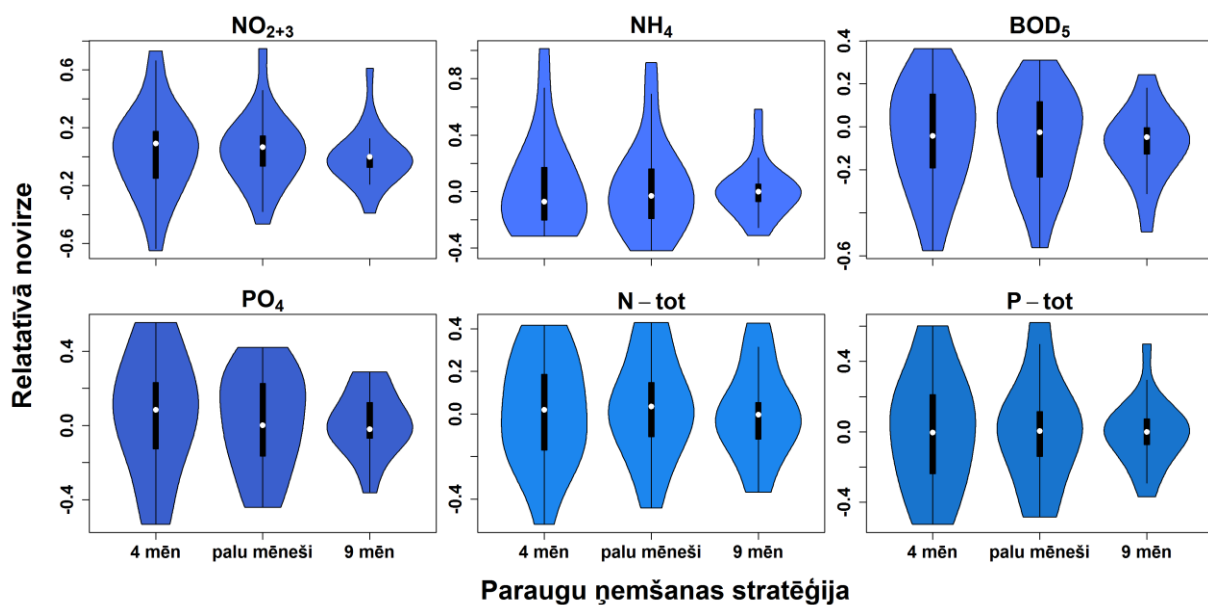


**XIII.P.4. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Irbē.**

4 mēn. – Pašreizējais scenārijs ar paraugu ņemšanu jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī;  
 palu mēneši – paraugu ņemšana martā, aprīlī un oktobrī;  
 9 mēn. – paraugu ņemšana 9 reizes gadā, izņemot jūliju, augustu un septembri.

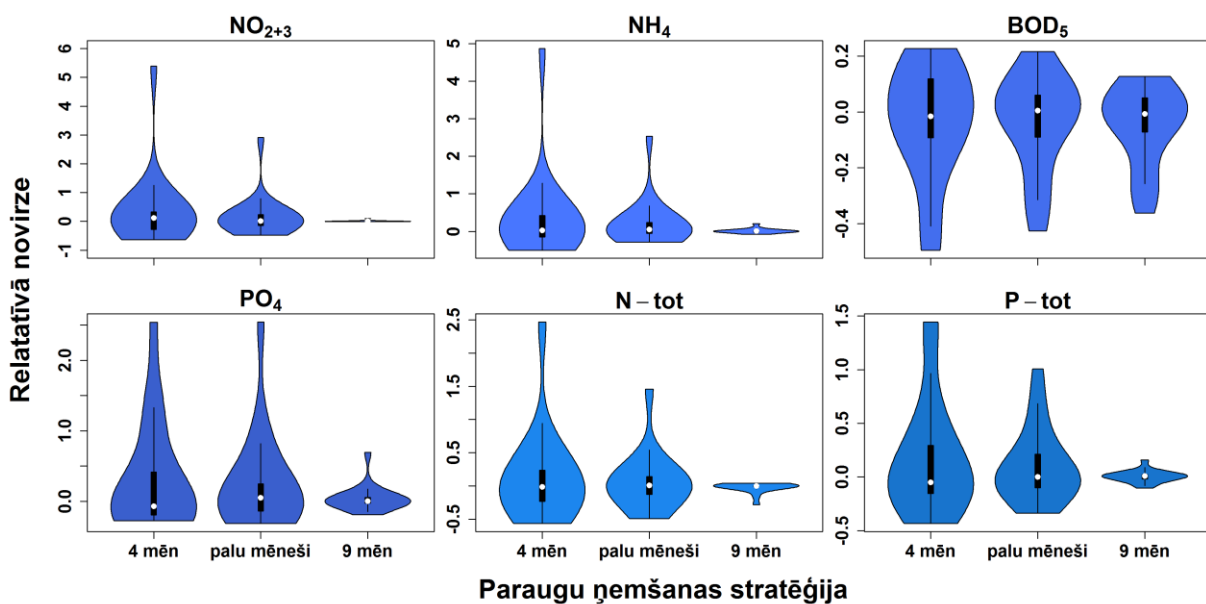


**XIII.P.5. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Lielupē.**

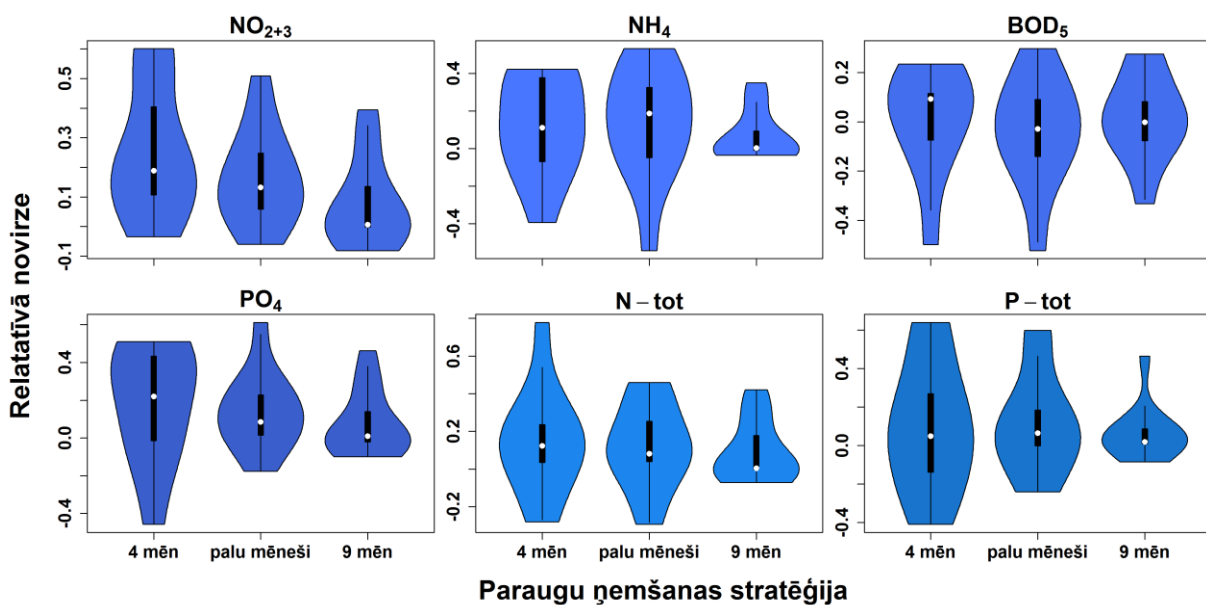


**XIII.P.6. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Sakā.**

4 mēn. – Pašreizējais scenārijs ar paraugu ņemšanu jūlijā, augustā, septembrī un oktobrī;  
 palu mēneši – paraugu ņemšana martā, aprīlī un oktobrī;  
 9 mēn. – paraugu ņemšana 9 reizes gadā, izņemot jūliju, augustu un septembri.



**XIII.P.7. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Salacā.**



**XIII.P.8. attēls. Aprēķinātā relatīvā novirze, atkarībā no izmantotās paraugu ņemšanas stratēģijas Ventā.**