

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

V zbirki je izvirna različica izdajatelja.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is a publisher's version PDF file.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Ilić, D. 2016. Difuzno obremenjevanje hidrosfere s fosforjem in dušikom s kmetijskih površin v Krajinskem parku Goričko. Doktorska disertacija.= Diffuse pollution of the hydrosphere with phosphorus and nitrogen originating from farming land in the Goričko Landscape Park. Doctoral dissertation. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 137 str. (Mentor: Panjan, J., somentorica Zagorc Končan, J.).

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/6027/>

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



UNIVERZITETNI PODIPLOMSKI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM  
VARSTVO OKOLJA

DOKTORSKI ŠTUDIJ

Kandidat:

**DARIJO ILIĆ**, univ. dipl. inž. zooteh.

**DIFUZNO OBREMENJEVANJE HIDROSFERE S  
FOSFORJEM IN DUŠIKOM S KMETIJSKIH POVRŠIN V  
KRAJINSKEM PARKU GORIČKO**

Doktorska disertacija števil.: 252

**DIFFUSE POLLUTION OF THE HYDROSPHERE WITH  
PHOSPHORUS AND NITROGEN ORIGINATING FROM  
FARMING LAND IN THE GORIČKO LANDSCAPE  
PARK**

Doctoral thesis No.: 252

Soglasje k temi doktorske disertacije s področja varstva okolja je dala Komisija za doktorski študij 10. redni seji 10. julija 2008 po pooblastilu s 25. seje Senata Univerze v Ljubljani.

Za mentorja je bil imenovan izr. prof. dr. Jože Panjan, za somentorico izr. prof. dr. Jana Zagorc Končan.

Ljubljana, 7. september 2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



**Komisijo za oceno ustreznosti teme doktorske disertacije v sestavi:**

- izr. prof. dr. Jože Panjan,
- prof. dr. Mihael J. Toman, UL BF,
- izr. prof. dr. Jana Zagorc Končan, UL FKKT,
- izr. prof. dr. Marina Pintar, UL BF,
- prof. dr. Franc Steinman,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 17. redni seji 23. aprila 2008.

**Poročevalce za oceno doktorske disertacije v sestavi:**

- prof. dr. Mihael Jožef Toman, UL BF,
- prof. dr. Marina Pintar, UL BF,
- prof. dr. Franc Steinman,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na konstitutivni seji 29. 5. 2013.

**Komisijo za zagovor doktorske disertacije v sestavi:**

- prof. dr. Matjaž Mikoš, dekan UL FGG, predsednik,
- izr. prof. dr. Jože Panjan, mentor,
- prof. dr. Jana Zagorc Končan, UL FKKT, somentorica,
- prof. dr. Mihael Jožef Toman, UL BF,
- prof. dr. Marina Pintar, UL BF,
- prof. dr. Franc Steinman,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 9. dopisni seji, ki je potekala od 26. avgusta 2016 do 30. avgusta 2016.

**STRAN ZA POPRAVKE**

## IZJAVE

Spodaj podpisani študent Darijo Ilić vpisna številka 9740551, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »**DIFUZNO OBREMENJEVANJE HIDROSFERE S FOSFORJEM IN DUŠIKOM S KMETIJSKIH POVRŠIN V KRAJINSKEM PARKU GORIČKO**«

## IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b):

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Ljubljana,

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK: 502.51:711.3(282)(497.4Goričko)(043)**

**Avtor: Darijo Ilič, univ. dipl. inž. zoot.**

**Mentor: izr. prof. dr. Jože Panjan**

**Somentorica: izr. prof. dr. Jana Zagorc Končan**

**Naslov: Difuzno obremenjevanje hidrosfere s fosforjem in dušikom s kmetijskih površin v Krajinskem parku Goričko**

**Tip dokumenta: doktorska disertacija**

**Obseg in oprema: 137 str., 31 pregl., 113 sl., 8 en.**

**Ključne besede: spojine dušika, spojine fosforja, Krajinski park Goričko, porečje Ledave, porečje Velike Krke, porečje Kobiljskega potoka, ekološka karakterizacija**

### **Izvleček**

Obraunavan je vpliv razpršenih in točkovnih virov na obremenjevanje hidrosfere s spojinami dušika in fosforja na raziskovalnem območju Krajinskega parka Goričko. Le-to smo razdelili na tri dele: porečja Ledave, Velike Krke in Kobiljskega potoka. Na ta način smo lahko izvedli primerjalno analizo znotraj Krajinskega parka Goričko, med tremi podobmočji. V okviru metodološkega raziskovanja smo ugotovili, da so v primerjavi strukture rabe zemljišč med temi tremi območji določene razlike. V okviru raziskave smo z monitoringom vodotokov raziskali kemijsko stanje površinskih tekočih voda na območju Krajinskega parka Goričko. Za vsa tri podobmočja so značilne povišane koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin v vodi. Prisotnost dušikovih in fosforjevih spojin je posledica neurejenih gnojničnih jam na živinorejskih obratih, neurejene kanalizacijske infrastrukture in izpiranja dušikovih in fosforjevih spojin s kmetijskih površin. Signifikanten vir dušikovih spojin je tudi gozd. Izračunano razmerje  $N_{celotni}/P_{celotni}$  je na vzorčevalnih mestih različno in je v mejah od 2 do 12. Z metodo, ki temelji na bilančnem pristopu, smo kot glavni vir dušikovih in fosforjevih spojin določili neposredne izpuste iz živinorejskih obratov v odvodnike. Rezultati metode za ekološko karakterizacijo kažejo še na posredni vpliv reliefa in naklona na hidrosfero. Povprečno breme onesnaženja (kg/ha) je v enem letu večje v podobmočju Kobiljskega potoka, kjer je delež kmetijskih površin v uporabi, namenjenih njivam in vrtovom največji.

## **BIBLIOGRAPHICAL-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC: 502.51:711.3(282)(497.4Goričko)(043)**

**Author: Darijo Ilić, univ. dipl. inž. zoot.**

**Supervisor: Assoc.Prof. Jože Panjan, Ph.D.**

**Co-supervisor: Assoc.Prof. Jana Zagorc Končan, Ph.D.**

**Title: Diffuse pollution of the hydrosphere with phosphorus and nitrogen originating from farming land in the Goričko Landscape Park**

**Document type: Doctoral Dissertation**

**Scope and tools: 137 p., 31 tab., 113 fig., 8 eq.**

**Keywords: nitrogen compounds, phosphorus compounds, Goričko Landscape Park, Ledava, Velika Krka River Basin, Kobiljski potok River Basin, ecological characterization**

### **Abstract**

The present doctoral research describes the impact of diffuse and point sources on the pollution of the hydrosphere with nitrogen and phosphorus compounds in the Goričko Landscape Park research area. The Goričko Landscape Park research area was divided into three parts: the River Basin of the Ledava, Velika Krka rivers, and the Kobilje Creek. In this manner, we were able to perform a comparative analysis inside the Landscape Park and in three sub-areas. In the scope of the methodological research we established that the comparison of the structure of use of the land among these three areas revealed certain differences. In the scope of the research we performed the monitoring of the liquid hydrosphere and researched the chemical status of the surface flowing water in the Goričko Landscape Park area. Within all three sub-areas significantly higher concentrations of nitrogen and phosphorus compounds were found in the water. The presence of nitrogen and phosphorus compounds is the result of unregulated slurry pits in livestock farming facilities, an unregulated sewerage infrastructure and the loss of nitrogen and phosphorus compounds in the farming land. The forest is another significant source of nitrogen compounds. The calculated ratio  $N_{total}/P_{total}$  differs in different sampling points and ranges between 2 and 12. Using this method based on the balance approach we determined direct emissions from the livestock facilities into drains as the main source of nitrogen and phosphorus compounds. The results of the method for ecological characterization show the indirect impact of the terrain and slope on the hydrosphere. The average pollution burden (kg/ha) in one year was higher in the sub-area of the Kobilje Creek, where the share of farming land used for arable land and gardens was the highest.



## ZAHVALA

- Mentorju izr.prof.dr. Jožetu Panjanu in so-mentorici izr.prof.dr. Jani Zagorc Končan za pomoč in nasvete pri načrtovanju in izvedbi raziskave.
- Soizvajalcu ZZV Murska Sobota in raziskovalni mentorici prim.mag. Branislavi Belović.
- Brankotu Bakanu iz ZZV Murska Sobota za pomoč pri vzorčevanju.
- Vesni Grobelnik iz CKFF za pomoč pri GIS tehnologiji.
- Marjeti, Amadeji, Timoteju in Katarini, zaradi katerih ima vse skupaj nek smisel

Raziskavo za doktorsko disertacijo je sofinancirala Evropska Unija, Evropski socialni sklad. In sicer je raziskava za doktorsko disertacijo potekala v okviru programa »MLADI RAZISKOVALCI IZ GOSPODARSTVA – GENERACIJA 2007«



## KAZALO VSEBINE

Stran za popravke	III
Izjave	IV
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	VI
Bibliographic-documentalistic information and abstract	VII
Zahvala	VIII
Kazalo vsebine	IX
Kazalo slik	XIII
Kazalo preglednic	XVII
1 UVOD.....	1
<b>1.1 Splošen pregled</b> .....	1
<b>1.2 Hipoteza</b> .....	2
<b>1.3 Cilji</b> .....	2
2 TEORETIČNE OSNOVE.....	4
<b>2.1 Viri obremenjevanja hidrosfere</b> .....	4
<b>2.2 Dušik in dušikove spojine v naravnih vodah</b> .....	4
Mikrobna transformacija dušika .....	5
2.3.1 Kemija, biologija in mineralogija fosforja.....	8
2.3.2 Fosfor v okolju .....	8
2.3.3 Fosfor in okolje.....	10
2.3.4 Evtrofikacija površinskih voda s fosforjem.....	11
<b>2.4 Monitoring kakovosti površinskih voda</b> .....	12
2.4.1 Izbira vzorčevalnih točk in dinamika vzorčevanja .....	13
2.4.2 Postopek vzorčevanja in seznam parametrov .....	13
2.4.3 Pregled eksperimentalnih in analitskih metod .....	16
<b>2.5 Metodologija za določitev transportnih poti spojin dušika in fosforja v Krajinskem parku Goričko</b> .....	21
2.5.1 Prebivalstvo .....	22
2.5.2 Kmetijstvo .....	23
2.5.3 Gozd in ostali viri .....	24
2.5.4 Metoda za oceno ekoloških karakteristik .....	24

<b>2.6 Teoretična izhodišča za statistični model za izračun bremena onesnaženja</b> .....	25
<b>3 LASTNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA</b> .....	25
<b>3.1 Digitalni prikazi lastnosti in razmer za Krajinski park Goričko</b> .....	26
3.1.1 Geologija Krajinskega parka Goričko.....	27
3.1.2 Pedologija.....	28
3.1.3 Klimatske razmere.....	29
3.1.4 Hidrološke lastnosti porečij.....	30
3.1.5 Raba zemljišč .....	31
3.1.6 Infiltracija in površinski odtok .....	33
3.1.7 Naklon reliefa .....	34
3.1.8 Prebivalstvo .....	34
<b>4 REZULTATI IN DISKUSIJA</b> .....	36
<b>4.1 Rezultati po parametrih po porečjih</b> .....	36
4.1.1 Pretok .....	36
4.1.2 Temperatura vode.....	39
4.1.3 Koncentracija kisika.....	41
4.1.4 Reakcija vode oz. pH .....	43
4.1.5 Motnost.....	45
4.1.6 Elektro prevodnost.....	47
4.1.7 Redoks potencial .....	49
4.1.8 Spojine dušika .....	50
4.1.9 Skupni fosfor .....	59
4.1.10 Meritve KPK.....	63
4.1.11 Meritve BPK <sub>5</sub> .....	65
4.1.12 Kalij .....	66
4.1.13 Neraztopljene snovi .....	68
<b>4.2 Primerjava porečij po bremenu onesnaženja</b> .....	70
4.2.1 Breme onesnaženja BPK <sub>5</sub> in KPK .....	70
4.2.2 Breme onesnaženja z dušikovimi spojinami .....	73
4.2.3 Breme onesnaženja s fosforjevimi spojinami.....	79
4.2.4 Statistični model za izračun bremena onesnaženja .....	82
<b>4.3 Breme celotnega dušika in fosforja</b> .....	87

<b>4.4 Rezultati izrednega vzorčevanja .....</b>	<b>88</b>
<b>4.5 Ocena virov dušikovih in fosforjevih spojin na območju Krajinskega parka Goričko z bilančno metodo.....</b>	<b>90</b>
4.5.1 Odvajanje komunalne odpadne vode iz gospodinjestev .....	91
4.5.2 Kmetijstvo .....	92
4.5.3 Viri obremenjevanja hidrosfere v Krajinskem parku Goričko .....	94
4.5.4 Rezultati metode za oceno ekoloških karakteristik .....	99
<b>4.6 Diskusija .....</b>	<b>100</b>
5 ZAKLJUČEK.....	102
6 POVZETEK .....	106
VIRI .....	112
PRILOGA A: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 1: Velika Krka - Krplivnik.....	120
PRILOGA B: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 2: Dolenski potok.....	120
PRILOGA C: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 3: Adrijanski potok.....	121
PRILOGA D: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 4: Kobiljski potok.....	121
PRILOGA E: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 5: Ledava - Nuskova:.....	122
PRILOGA F: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 6: Ledava – Domajinci.....	122
PRILOGA G: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 7: Bodonski potok .....	123
PRILOGA H: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 8: Mala Krka – Domanjševci.....	123
PRILOGA I: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 9: Bokrački potok.....	124
PRILOGA J: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 10: Bogojinski potok.....	124
PRILOGA K: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 11: Bukovniški potok .....	125
PRILOGA L: Izračun korelacijskih koeficientov $r^2$ .....	126
PRILOGA M: Pretočnost – mesto vzorčevanja Ledava Nuskova .....	129
PRILOGA N: Pretočnost – mesto vzorčevanja Ledava Domajinci.....	130
PRILOGA O: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bodonski potok .....	131
PRILOGA P: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bokrački potok.....	132
PRILOGA R: Pretočnost – mesto vzorčevanja Adrijanski potok .....	133
PRILOGA S: Pretočnost – mesto vzorčevanja Dolenski potok.....	134
PRILOGA Š: Pretočnost – mesto vzorčevanja Velika Krka .....	135
PRILOGA T: Pretočnost – mesto vzorčevanja Mala Krka.....	137
PRILOGA U: Pretočnost – mesto vzorčevanja Kobiljski potok.....	138

PRILOGA V: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bukovniški potok .....	139
PRILOGA Z: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bogojinski potok .....	140

## KAZALO SLIK

Slika 1: Dušikov cikel (Williams, 2001) .....	8
Slika 2: Oblike fosforja (Worsfold, 2005).....	10
Slika 3: Fosforjev cikel (Pierzynsky in sod., 1994).....	11
Slika 4: Transportne poti fosforja.....	12
Slika 5: Mesta vzorčevalnih točk in merilne postaje državne mreže .....	13
Slika 6: Viri in transportne poti dušika in fosforja v Krajinskem parku Goričko .....	22
Slika 7: Transportne poti odvajanja komunalne odpadne vode.....	23
Slika 8: Transportne poti dušika in fosforja iz kmetijstva.....	24
Slika 9: Vpliv ekoloških karakteristik na območje.....	25
Slika 10: Območje Krajinskega parka Goričko .....	27
Slika 11: Geološka karta Krajinskega parka Goričko (Osnovna geološka karta..., 2003) .....	28
Slika 12: Pedološka karta Krajinskega parka Goričko (Pedološka karta Slovenije, 2009).....	29
Slika 13: Povprečna mesečna temperatura (0C) in povprečna mesečna višina padavin (mm) na vremenski postaji Veliki Dolenci 1961-2008 (Meteorološki podatki..., 2009).....	30
Slika 14: Glavna porečja v Krajinskem parku Goričko (Vodna telesa..., 2006) .....	31
Slika 15: Raba zemljišč [ha] po porečjih v Krajinskem parku Goričko.....	32
Slika 16: Raba zemljišč v Krajinskem parku Goričko (Karta raba tal, 2009).....	33
Slika 17: Karta infiltracije in karta površinskega odtoka v Krajinskem parku Goričko (Karta infiltracije, 2004 in Karta površinskega odtoka, 2004) .....	33
Slika 18: Karta naklona reliefa Krajinskega parka Goričko (Digitalni model višin 125, 2001) .....	34
Slika 19: Število prebivalcev po katastrskih občinah v Krajinskem parku Goričko .....	35
Slika 20: Pretok [m <sup>3</sup> /s] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja .....	37
Slika 21: Pretok [m <sup>3</sup> /s] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja .....	37
Slika 22: Pretok [m <sup>3</sup> /s] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	38
Slika 23: Temperatura [°C] vode na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	39
Slika 24: Temperatura [°C]vode na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja.....	40
Slika 25: Temperatura vode [°C] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja.....	40
Slika 26: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Ledave v času vzorčevanja ....	41
Slika 27: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	42
Slika 28: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja.....	42
Slika 29: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja.....	44
Slika 30: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja.....	44
Slika 31: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja.....	45
Slika 32: Motnost [NTU] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja.....	46

Slika 33: Motnost [NTU] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času opazovanja ..	46
Slika 34: Motnost [NTU] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času opazovanja ..	47
Slika 35: Elektroprevodnost [ $\mu$ S] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja ..	48
Slika 36: Elektroprevodnost [ $\mu$ S] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzočenja ..	48
Slika 37: Elektroprevodnost [ $\mu$ S] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	49
Slika 38: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja ..	49
Slika 39: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja ..	50
Slika 40: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	50
Slika 41: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	51
Slika 42: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	51
Slika 43: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	52
Slika 44: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	53
Slika 45: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	54
Slika 46: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	54
Slika 47: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	55
Slika 48: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	56
Slika 49: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	56
Slika 50: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	58
Slika 51: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	58
Slika 52: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	59
Slika 53: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	60
Slika 54: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	60
Slika 55: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	61
Slika 56: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	62
Slika 57: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	62
Slika 58: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	63
Slika 59: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja Ledave v času vzorčevanja ..	63
Slika 60: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja Velike Krke v času vzorčevanja ..	64
Slika 61: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja ..	64
Slika 62: BPK <sub>5</sub> [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja ..	65
Slika 63: BPK <sub>5</sub> [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja ..	66

Slika 64: BPK <sub>5</sub> [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	66
Slika 65: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja .....	67
Slika 66: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja .....	67
Slika 67: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	68
Slika 68: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja .....	69
Slika 69: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja .....	69
Slika 70: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	70
Slika 71: Breme BPK <sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	71
Slika 72: Breme BPK <sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	71
Slika 73: Breme BPK <sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	72
Slika 74: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	72
Slika 75: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	73
Slika 76: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	73
Slika 77: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	74
Slika 78: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	74
Slika 79: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	75
Slika 80: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	75
Slika 81: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	76
Slika 82: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	76
Slika 83: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	77
Slika 84: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	77
Slika 85: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	78
Slika 86: Breme spojin dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	78
Slika 87: Breme spojin dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	79
Slika 88: Breme spojin dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja .....	79
Slika 89: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	80
Slika 90: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja .....	80



Slika 91: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja.....	81
Slika 92: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja .....	81
Slika 93: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja.....	82
Slika 94: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja.....	82
Slika 95: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Ledave .....	85
Slika 96: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Velike Krke .....	85
Slika 97: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Kobiljskega potoka.....	86
Slika 98: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Ledave .....	86
Slika 99: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Velike Krke .....	87
Slika 100: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Kobiljskega potoka.....	87
Slika 101: Celotno breme fosforja in dušika [t/leto] na mestih vzorčevanja.....	88
Slika 102: Razmerje med fosforjem in dušikom na mestih vzorčevanja .....	88
Slika 103: Višina padavin [mm] na vremenski postaji Veliki Dolenci (ARSO, 2013).....	89
Slika 104: Breme onesnaženja s skupnim dušikom v času padavinskih dogodkov .....	90
Slika 105: Breme onesnaženja s skupnim fosforjem v času padavinskih dogodkov .....	90
Slika 106: Viri fosforja v porečju Kobiljskega potoka.....	95
Slika 107: Viri fosforja v porečju Velike Krke .....	96
Slika 108: Viri fosforja v porečju Ledave .....	96
Slika 109: Viri dušika v porečju Kobiljskega potoka.....	97
Slika 110: Viri dušika v porečju Velike Krke .....	97
Slika 111: Viri dušika v porečju Ledave .....	98
Slika 112: Primerjava skupnih izgub [t/leto] in bremena fosforja [t/leto] v enem letu po porečjih .....	98
Slika 113: Primerjava skupnih izgub [t/leto] in bremena dušika [t/leto] v enem letu po porečjih .....	99

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mesta vzorčevanja .....	14
Preglednica 2: Datumi vzorčevanj .....	15
Preglednica 3: Seznam merjenih parametrov in postopek vzorčevanj .....	16
Preglednica 4: Statistične vrednosti izmerjenih pretokov [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] v času vzorčevanja .....	38
Preglednica 5: Statistične vrednosti izmerjenih temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ] rečne vode v času vzorčevanja .....	38
Preglednica 6: Statistične vrednosti za izmerjeno koncentracijo raztopljenega kisika [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	43
Preglednica 7: Statistične vrednosti za izmerjene pH vrednosti v času vzorčevanja .....	43
Preglednica 8: Statistične vrednosti za izmerjeno motnost [ $\text{NTU}$ ] v času vzorčevanja .....	47
Preglednica 9: Statistične vrednosti za izmerjeno elektroprevodnost [ $\mu\text{S}$ ] v času vzorčevanja .....	47
Preglednica 10: Statistične vrednost za izmerjeni redoks potencial [ $\text{mV}$ ] v času vzorčevanja .....	52
Preglednica 11: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti spojin dušika [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	52
Preglednica 12: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti amonija [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	52
Preglednica 13: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti nitrata [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	57
Preglednica 14: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti za nitrit [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	57
Preglednica 15: Statistične vrednosti za spojine skupnega fosforja [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	61
Preglednica 16: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti ortofosfata [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	61
Preglednica 17: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti KPK [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	65
Preglednica 18: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti BPK5 [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčenja .....	66
Preglednica 19: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti kalija [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	68
Preglednica 20: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti neraztopljenih snovi [ $\text{mg/l}$ ] v času vzorčevanja .....	68
Preglednica 21: Model bremena onesnaženja za porečje Ledave v odvisnosti od pretoka .....	83
Preglednica 22: Model bremena onesnaženja za porečje Velike Krke v odvisnosti od pretoka .....	84
Preglednica 23: Model bremena onesnaženja za porečje Kobiljskega potoka v odvisnosti od pretoka .....	84
Preglednica 24: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani prebivalstva .....	93
Preglednica 25: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani prebivalstva .....	93
Preglednica 26: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani kmetijstva – tehnologija po kmetijsko okoljskem programu .....	93
Preglednica 27: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani kmetijstva – konvencionalna pridelava .....	93

Preglednica 28: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani kmetijstva – tehnologija po kmetijsko okoljskem programu .....	94
Preglednica 29: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani kmetijstva – konvencionalna pridelava .....	94
Preglednica 30: Obremenjevanje hidrosfere z neposrednimi izpusti z dušikom iz živinoreje.	94
Preglednica 31: Obremenjevanje hidrosfere z neposrednimi izpusti s fosforjem iz živinoreje	94

## 1 UVOD

### 1.1 Splošen pregled

Dejavniki, zaradi katerih se spreminjajo kemijski biološki, fizikalni in tudi hidromorfološki elementi vode, so tisti dejavniki, ki obremenjujejo vodo in s tem vplivajo na njeno stanje. Obremenjevanje hidrosfere s hranili razdelimo na točkovne in razpršene vire. Točkovni vir enega ali več onesnaževal lahko geografsko določimo in ponazorimo kot točko na karti, od koder se onesnaževanje širi v okolico, vpliv se z oddaljevanjem zmanjšuje. Točkovni viri so industrijske odpadne vode, komunalne odpadne vode, neposredni izpusti iz živinorejskih obratov, itd. Poselitev, kmetijstvo in cestne površine so viri difuznega ali razpršenega onesnaževanja, ki jih na karti ne moremo geografsko določiti kot točko, ampak izvirajo iz določenega območja. Razpršeno onesnaženje je najbolj prodorna oblika onesnaženja, saj ga je težko nadzirati in kontrolirati. Glavni problem je intenzivno kmetijstvo, ki s povečanim gnojenjem in intenzivno živinorejo povečuje vnose hranilnih snovi v hidrosfero. Preden postane razpršeno obremenjevanje voda globalen problem ali problem širše regije, pa je problem predvsem lokalni in vpliva na manjše reke in potoke.

Z naraščajočo populacijo v svetu se v zadnjih desetletjih soočamo s številnimi problemi lakote in podhranjenosti, ki so posledica tudi politične netransparentnosti in neenakopravnosti tako na nivoju človekovih pravic kakor na nivoju razvoja gospodarstva ter dostopnosti znanja. Eden največjih ciljev sodobnega sveta je izkoreniniti lakoto. Po drugi strani je prav tako eden temeljnih ciljev trajnostno gospodarjenje z okoljem. Podnebne spremembe (antropogenega ali naravnega značaja), s katerimi se človek spopada, nas silijo k resni in verodostojni obravnavi okoljskih problemov. Kot temeljni okoljski problem je evidentirana skrb za zdravo pitno vodo, ne glede na to, ali je njen vir v podzemlju (v zasičeni coni poroznih kamenin), podtalju (voda v prvem vodnem horizontu pod površino) ali na površini. Voda sicer sodi med pogojno obnovljive vire na planetu, vendar lahko zaradi prekomernega obremenjevanja predvsem z anorganskimi snovmi postane zdravju škodljiva. Da bi v čim večji meri preprečili tovrstno obremenjevanje, je potreben celovit pristop k razvoju metod, s katerimi bi lahko v največji meri določili vire onesnaženja. Na področju razpršenega onesnaževanja voda je posebej velik izziv, kjer je potrebno vire določati lokalno, saj je njihov vpliv v največji meri lokalnega značaja. Ker ima vsako območje svoje značilnosti in zakonitosti, je potreben izrazito lokalni pristop.

V pričujoči nalogi smo si zadali cilj, določiti difuzno ali razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin na zaščitenem območju Krajinskega parka Goričko. Na onesnaženje vplivajo različni dejavniki, zato smo v okviru metodološkega raziskovanja proučili naravne danosti. V drugi fazi smo izvedli oceno kakovosti površinskih voda na celotnem območju Krajinskega parka Goričko.

V tretji fazi smo s pomočjo metode z bilančnim pristopom določili največje onesnaževalce z dušikom in fosforjem. Za končni opis obremenjevanja hidrosfere v Krajinskem parku Goričko smo izdelali metodo za opis ekoloških karakteristik Krajinskega parka Goričko. S to metodo smo ovrednotili tudi naravne danosti, ki pogosto ostanejo spregledane in lahko bistveno vplivajo na določena lokalna območja. S takim pristopom lahko na bolj transparenten način izdelamo ukrepe za celovito in učinkovito gospodarjenje z lokalnim okoljem. Pri načrtovanju ukrepov za trajnostno upravljanje z okoljem, je nujno vključiti vse dejavnike, ki vplivajo na lokalno okolje, tudi naravne danosti.

## **1.2 Hipoteza**

Disertacija preverja hipotezo, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo hidrosfere. Glede na to, da sta fosfor in dušik najpomembnejša prehranska elementa rastlin, je njun vpliv na področju intenzivnega kmetovanja na eutrofikacijo tekočih voda v Krajinskem parku Goričko velik, vendar različen glede na pedološke in geološke značilnosti tal, vremenske pojave in letne čase.

## **1.3 Cilji**

Cilji disertacije na področju Krajinskega parka Goričko so bili proučiti vpliv kmetijskih površin na obremenjevanje tekočih površinskih voda s fosforjem in dušikom:

1. Analiza onesnaženosti s fosforjevimi in dušikovimi spojinami na enajst izbranih točkah tekočih voda v osemnajst zaporednih mesecih.
2. Določitev skupnega onesnaženja s fosforjevimi in dušikovimi spojinami v Krajinskem parku Goričko.
3. Določiti vire obremenitev s fosforjevimi in dušikovimi spojinami.
4. Ugotoviti dinamiko spiranja fosforjevih in dušikovih spojin v obdobju padavinskih dogodkov.
5. Določiti sezonsko spremenljivost obremenjevanja vod s fosforjevimi in dušikovimi spojinami.
6. Prostorsko določiti spiranje fosforjevih in dušikovih spojin v odvisnosti od bioloških, pedoloških in geoloških pogojev.

7. Določiti razmerja  $N_{\text{celotni}}/P_{\text{celotni}}$  in določiti stopnjo eutrofikacije.

Da bi dokazali hipotezo smo si zadali 7 vmesnih ciljev. Z meritvami in analitičnim delom bomo preverili onesnaženost. Na podlagi tako pridobljenih rezultatov bomo izračunali breme onesnaženja. Za določitev virov onesnaženja na območju raziskovanja, bomo na podlagi teoretičnih predpostavk in ocen, izračunali glavne vire onesnaženja. Da bi dokazali tudi sezonski vpliv, smo načrtovali ena in pol letni cikel poteka meritev. Z analizo naravnih danosti, bomo pokazali vpliv naravnih danosti na onesnaženje.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Viri obremenjevanja hidrosfere

Več desetletij sta prehranska varnost in lakota igrala najpomembnejšo vlogo v globalni politični areni. Na prvem svetovnem vrhu o hrani leta 1974 so si svetovni voditelji postavili cilj izkoreniniti lakoto v svetu v desetih letih. Ta ambiciozni cilj ni bil nikoli izpolnjen. Na drugem svetovnem vrhu o hrani leta 1996 so si svetovni voditelji postavili nov cilj, da bodo do leta 2015 prepolovili število podhranjenih. Ta je postal eden izmed osmih tisočletnih ciljev (Road Map towards ..., 2001). Po drugi strani je prav tako eden izmed pomembnih ciljev zagotavljanje okoljske trajnosti, med katere spada tudi zagotavljanje zdrave pitne vode. Ker sta ta dva cilja konfliktna, je sočasno izpolnjevanje obeh oteženo.

Vire hranilnih snovi, ki obremenjujejo hidrosfero lahko razdelimo v dve kategoriji: točkovni viri (industrijske odpadne vode, komunalne odpadne vode, neposredni izpusti iz živinorejskih obratov itd.) in razpršeni viri (poselitev, kmetijstvo, cestne površine, vnos iz atmosfere). Delež obeh se od območja do območja razlikuje (Aquatic eutrophication..., 1998). Obremenjevanje voda v Evropi v glavnem pripisujejo kmetijstvu in točkovnim virom (Europe's Environment..., 1998). Z vidika vnosa rastlinskih hranil, pesticidov in drugih oblik onesnaženja igrajo razpršeni viri pomembnejšo vlogo kot točkovni viri (Globevnik, 2006). Zaradi intenzivnega načina kmetovanja in razvoja agrokemične industrije v svetu se je v zadnjih desetletjih količina agrokemikalij v hidrosferi močno povečala (Burrows in sod., 2002). Z vidika določitve vira onesnaženja je razpršenemu onesnaženju težavno določiti krivca, saj je ta skupek več onesnaževalcev. Med tem pa lahko točkovne vire onesnaževalcev določimo prek točke na zemljevidu.

### 2.2 Dušik in dušikove spojine v naravnih vodah

Dušik je pomembna sestavina globalnega ekosistema in je sestavni del številnih organskih in anorganskih snovi (Williams, 2001). V vodnih sistemih se dušik nahaja v majhnih koncentracijah v organski in anorganski obliki (Ibanez in sod., 2007). Najpomembnejše anorganske oblike dušika so amonij (v obliki amonijevega iona  $\text{NH}_4^+$  in amonijaka  $\text{NH}_3$ , ki sta v vodni raztopini v ravnotežju – z oksidacijsko stopnjo -3), nitrat ( $\text{NO}_3^-$  - z oksidacijsko stopnjo +5) in nitrit ( $\text{NO}_2^-$  - z oksidacijsko stopnjo +3). Te ionske oblike igrajo pomembno vlogo v dušikovem ciklu (slika 1) in so sestavni del najbolj pogostih anorganskih dušikovih spojin v vodnem ekosistemu (Wetzel, 2001).

V vodah in odpadnih vodah so največjega pomena nitratna in nitritna oblika, amonij ter organski dušik. Vse te oblike dušika, kakor tudi plinski dušik ( $\text{N}_2$ ), so biokemijsko spremenljive in so elementi

dušikovega cikla (Eaton in sod., 1995). Organski dušik in amonijak analitično določamo skupaj in ga izražamo kot Kjeldalov dušik (termin, ki izraža tehniko določanja dušika). Organski dušik vsebujejo molekule, kot so beljakovine, aminokisliline, ureja in številne sintetične organske spojine. Koncentracije organskega dušika se gibljejo od nekaj stotink mikrogramov na liter do prek 20 mg/l v odpadnih vodah. Oksidiran dušik je vsota nitrata in nitrita. Nitrat se v površinskih vodah nahaja pretežno v nizkih koncentracijah, medtem ko se lahko v podtalnici nahaja v visokih koncentracijah. V sveži odpadni komunalni vodi najdemo nitrat v majhnih vrednostih, med tem ko lahko na iztokih nitrifikacijskih bioloških čistilnih naprav ta koncentracija nitrata meri več kot 30 mg/l. Dušik je esencialno hranilo za večino fotosintetičnih avtotrofov in je v nekaterih primerih limitirajoče hranilo. Nitrit je vmesna stopnja oksidacije (oz. redukcije, v obratnem zaporedju) od dušika do nitrata. Ti procesi lahko potekajo tako v odpadnih vodah, v sistemih za distribucijo pitne vode kakor tudi v naravnih vodah (Eaton in sod., 1995).

Dušik je bistvena sestavina rastlinskih gnojil in igra pomembno vlogo pri povečevanju količine in kakovosti pridelka. Vnos reaktivnega dušika v nitratni ( $\text{NO}_3^-$ ) in amonijski obliki ( $\text{NH}_4^+$ ) z gnojenjem je najbolj učinkovita metoda za povečanje rastlinske pridelave. Vendar ima odvečni dušik, uporabljen za gnojenje, nedvomno okoljevarstvene posledice na globalni, regionalni in lokalni ravni npr. zaradi onesnaževanje površinskih in podzemnih voda z  $\text{NO}_3^-$  (Brady, 1998). Intenzivna raba dušika za kmetijstvo in majhna učinkovitost dušikovih gnojil je pogosto vzrok za prekoračitev predpisanih vsebnosti nitratov v podtalnici (Strebel in sod., 1989).

### **Mikrobna transformacija dušika**

Kemijske reakcije v vodi in tleh, ki jih uravnavajo mikroorganizmi in v katere so vključene dušikove spojine, opišemo z dušikovim ciklom. Dušikov cikel je dinamičen proces, v katerem se dušik izmenjuje skozi atmosfero, organske in anorganske sestavine (Manahan, 2005). Proces biokemične transformacije dušika v dušikovem ciklu so:

1. Fiksacija dušika: celotni proces fiksacije dušika oz. vezave atmosferskega dušika je ključen biokemijski proces v naravi (enačba 1) in omogoča rast rastlin. Fiksacija dušika v naravi poteka po dveh poteh: ko udari strela, se sprosti dovolj energije, da se atmosferski dušik reducira do amonijaka, z biološko fiksacijo, ki jo omogočajo mikroorganizmi.



Samo nekaj vrst vodnih mikroorganizmov je sposobnih fiksirati atmosferski dušik. Poleg mikroorganizmov je za proces potrebna energija. Cianobakterije (modrozeleni alge) so



fotoavtotrofi, ki za fiksacijo atmosferskega dušika uporabijo svetlobo in so zelo pogoste v vodah. Bakterije *Azotobacter* so heterotrofi (fiksacija dušika je omejena z razpoložljivostjo organske snovi). Poleg teh obstaja še nekaj vrst bakterij *Clostridium*. Najpomembnejša vrsta bakterije, ki fiksira atmosferski dušik, je *Rhizobium*, ki je v simbiozi z metuljnicami. Rastlina dovaja bakteriji energijo, ki je potrebna za razcep močnih trojnih vezi v didušikovi molekuli. To reducirano obliko dušika rastlina asimilira. Ko rastlina odmre, se sprostí ion  $\text{NH}_4^+$ , ki se s pomočjo mikroorganizmov pretvori v ion  $\text{NO}_3^-$ , ki ga asimilirajo druge rastline. Nekaj sproščenih ionov  $\text{NH}_4^+$  in  $\text{NO}_3^-$  preide tudi v vodni sistem.

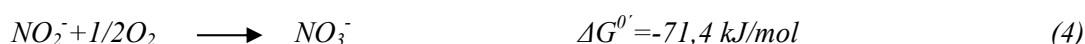
2. Amonifikacija (enačba 2) je proces, v katerem se organski dušik spremeni v amonijak (Ibanez in sod., 2007). Nekaj na ta način nastalega amonijaka se iz alkalnega okolja sprosti v atmosfero, kjer je nedostopen biološkemu sistemu. V atmosferi je podvržen kemijskim in fotokemijskim transformacijam, po katerih se lahko vrne v litosfero in hidrosfero.



Številne rastline in mikroorganizmi lahko asimilirajo amonijev ion in ga vgradijo v aminokislino in druge spojine, ki vsebujejo dušik. Te aminokislino porabijo živali v prehranjevalni verigi. Ko rastline in živali odmrejo (oz. prek izločanja), se dušik vrne nazaj v tla. Običajna oblika tega dušika je amonijak, urea ali ureatna kislina.

3. Nitrifikacija je konverzija dušika (III) v dušik (V). Je pogost in zelo pomemben proces v vodi in zemlji.

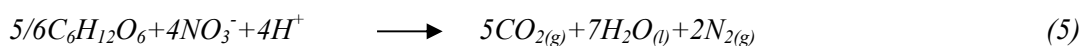
Proces poteka s pomočjo dveh glavnih skupin bakterij (Panjan, 1999): *Nitrosomonas* in *Nitrobacter*. Prek prve poteka oksidacija amonijaka v nitrit (enačba 3), druga skupina pa pretvarja nitrit v nitrat (enačba 4). Bakterije *Nitrosomonas* in *Nitrobacter* so avtotrofni organizmi.



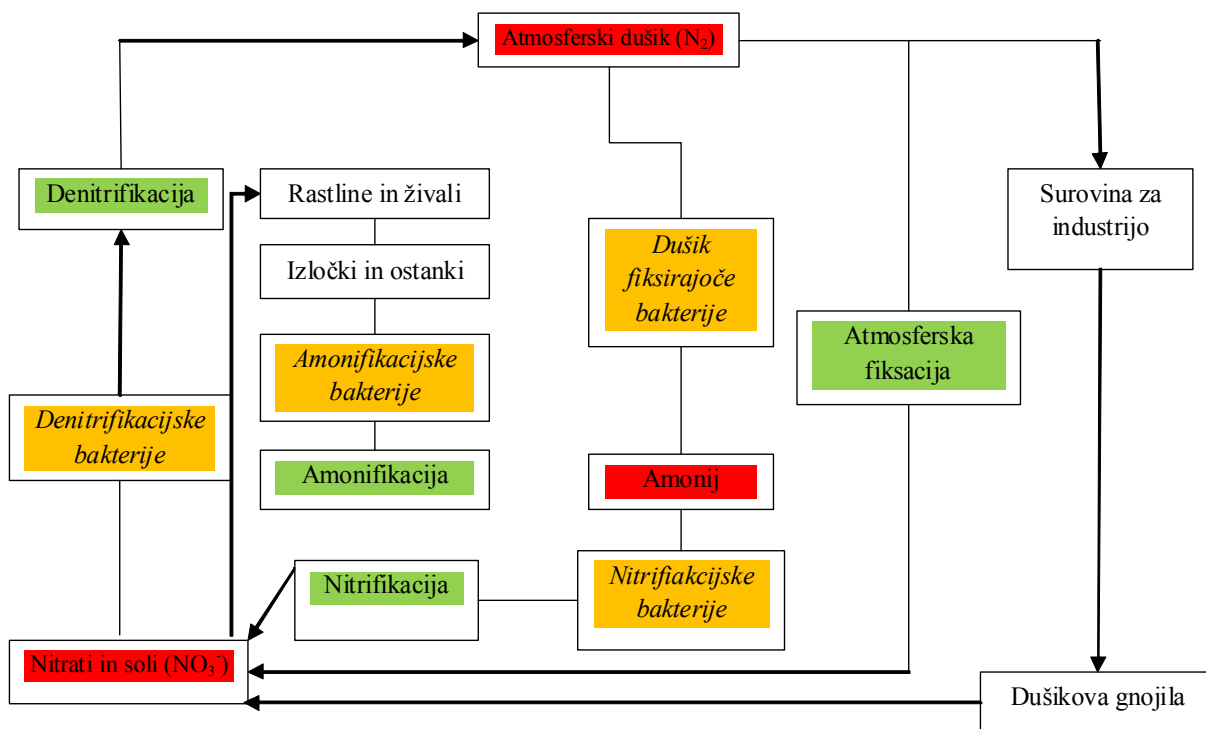
To pomeni, da energijo za svoje delovanje pridobivajo iz oksidacije organskih snovi (obligatorni aerobi). Za sintezo biomase uporabljajo ogljikov dioksid ne pa organski ogljik. Hitrost oksidacije amonijaka je odvisna od rasti nitrifikantov in od njihove koncentracije.

Hitrost rasti mikroorganizmov je poleg substrata odvisna tudi od temperature, koncentracije raztopljenega kisika v vodi ter od vrednosti pH.

4. Pri denitrifikaciji mikroorganizmi vršijo pretvorbo nitrata v atmosferski dušik – redukcija nitrata. V procesu denitrifikacije sodeluje širok spekter mikroorganizmov vključno z bakterijami, plesnimi in algami. Denitrifikanti kot so *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus danitrificans* in številne bakterije *pseudomonasi*, pretvorijo nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) v nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nato v dušikov oksid (NO), didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) in končno v molekularni dušik ( $\text{N}_2$ ). Primarni nitrifikatorji v zemlji so bakterije *Pseudomonas* in *Alkaligenes*. Uporabo glukoze pri nitratni redukciji z bakterijo *Pseudomonas denitrificans* prikazuje enačba 5.



Denitrifikatorji so prisotni v vseh naravnih okoljih, njihova razširjenost pa temelji na dejstvu, da lahko fakultativni anaerobi kot akceptor elektronov izmenično uporabljajo kisik in nitrat. Pri aerobni oksidaciji je kisik oksidant, pri denitrifikaciji pa je nitrat glavni akceptor vodikovih elektronov oz. oksidant, ki zahteva prisotnost donatorja elektronov (Panjan, 1999). Denitrifikacijo vršijo heterotrofni mikroorganizmi kar pomeni, da za svojo rast potrebujejo organski ogljik.



Slika 1: Dušikov cikel (Williams, 2001)  
Slika 1: Nitrogen cykel (Williams, 2001)

## 2.3 Fosfor in fosforjeve spojine

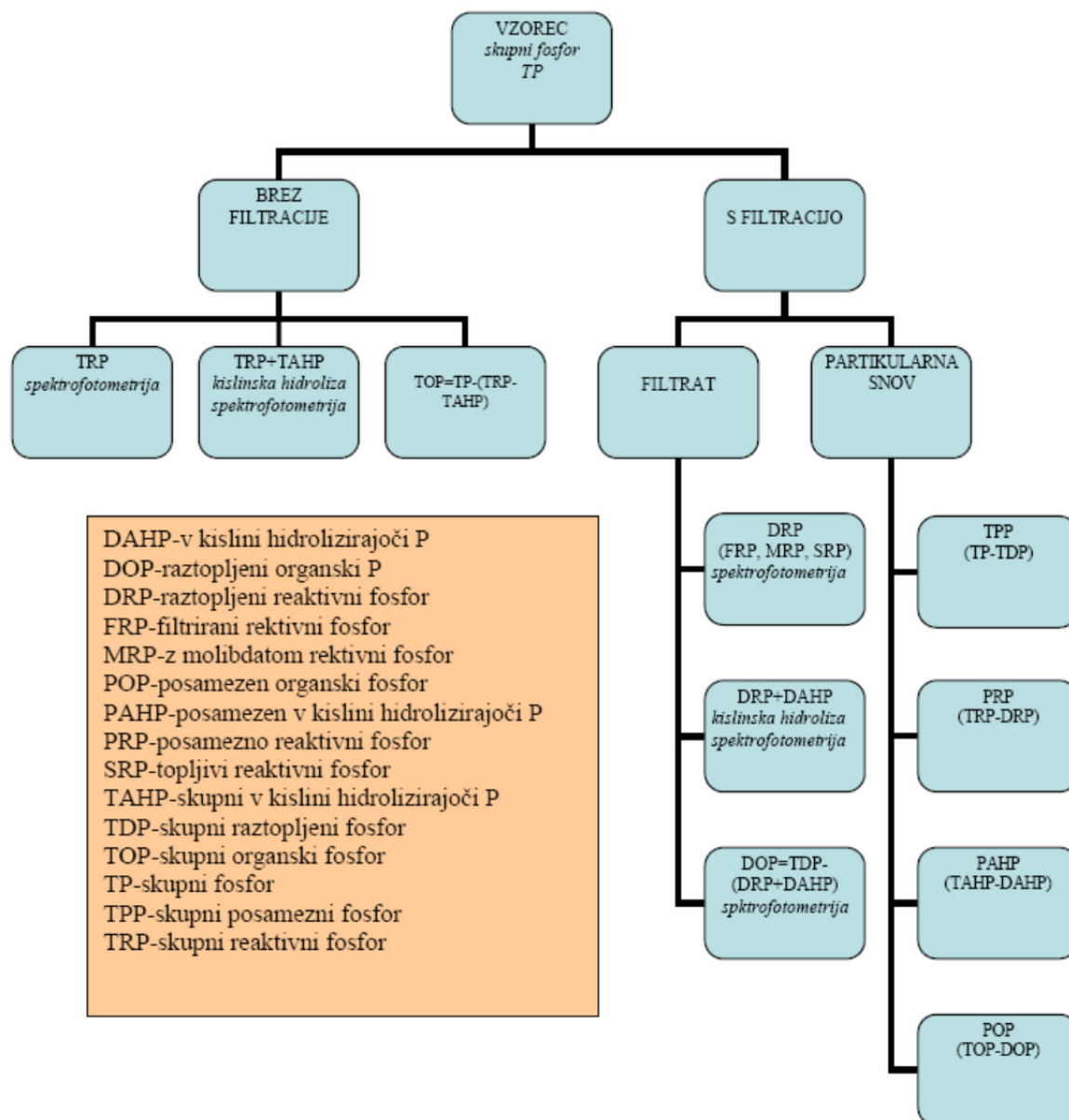
### 2.3.1 Kemija, biologija in mineralogija fosforja

Fosforjeve spojine imajo zelo pomembno vlogo v življenjskih procesih (DNK v procesu prenosa dednih informacij), sodelujejo v metaboličnih procesih in transportu energije (t.j. ATP), po drugi strani pa sestavljajo tudi najbolj strupene snovi, kot so pesticidi (t.j. organofosforne spojine). Fosfor je v naravnih in odpadnih vodah prisoten skoraj izključno v obliki fosfatov. Fosfate razdelimo na ortofosfate, polifosfate in na organsko vezane fosfate. Organski fosfor je prisoten v razkrojenem materialu in v telesih vodnih organizmov. Te oblike fosfatov izvirajo iz različnih virov. Fosfor prihaja v vodno okolje prek naravnih procesov izpiranja preperin (Panjan, 1999), majhne količine polifosfatov so vodi dodane v fazi priprave pitne vode. Večje količine so dodatne sredstvom za pranje perila. Ortofosfati se v kmetijstvu dodajajo kot gnojilo, spirajo pa se predvsem v površinske vode. Organski fosfat se primarno formira v bioloških procesih, kjer nastaja iz ortofosfatov. Fosfor je esencialen za rast organizmov in je lahko limitni element v primarni proizvodnji. Fosfate najdemo tudi v sedimentih in biološkem blatu, bodisi v anorganski obliki ali vključene v organske sestavine.

### 2.3.2 Fosfor v okolju

Fosfor je poleg dušika drugi najpomembnejši esencialni element v primarni produkciji (Green, 2007) in je najpomembnejše hranilo, ki povzroča eutrofikacijo sladke vode (Lemunyon, 1998), ter rast alg, znižuje raztopljen kisik v vodi in zmanjšuje njeno prosojnost. Določitev oblik fosforja v okolju omogoča oceno zdravstvenega stanja okolja (Worsfold, 2005). Eutrofikacija je naravno staranje jezer in tekočih voda. Močno jo lahko pospeši človek s svojim delovanjem (Sharpley in sod., 1999). Določanje oblik fosforja v naravnih sistemih omogoča določanje zdravstvenega stanja ekosistemov, raziskovanje biokemijskih procesov in primerjavo z zakonodajo. V vodnih področjih lahko prebitki fosforja tako iz točkovnih kakor tudi iz razpršenih virov povzročajo povečano primarno produkcijo in eutrofikacijo, z možnostjo sezonskega toksičnega cvetenja alg, ki ima lahko velik negativen vpliv na globalno kakovost voda (Worsfold, 2005). Vodne oblike fosforja in različna poimenovanja fosforja so shematično prikazane na sliki 2.

V splošnem razdelimo analize fosforja na dve stopnji: (a) pretvorba oblik fosforja v ortofosfat in (b) kolorimetrična določitev ortofosfata. Ločevanje fosforja v različne oblike določimo analitično . Svetovna poraba fosforja v letu 2001 je znašala 39,5 milijonov ton  $P_2O_5$  (Luirente, 2003). Glavni porabnik fosforja je kmetijska industrija; skupna poraba je ocenjena na kar 85 %.



Slika 2: Oblike fosforja (Worsfold, 2005)

Figure 2: Form of phosphorus (Worsfold, 2005)

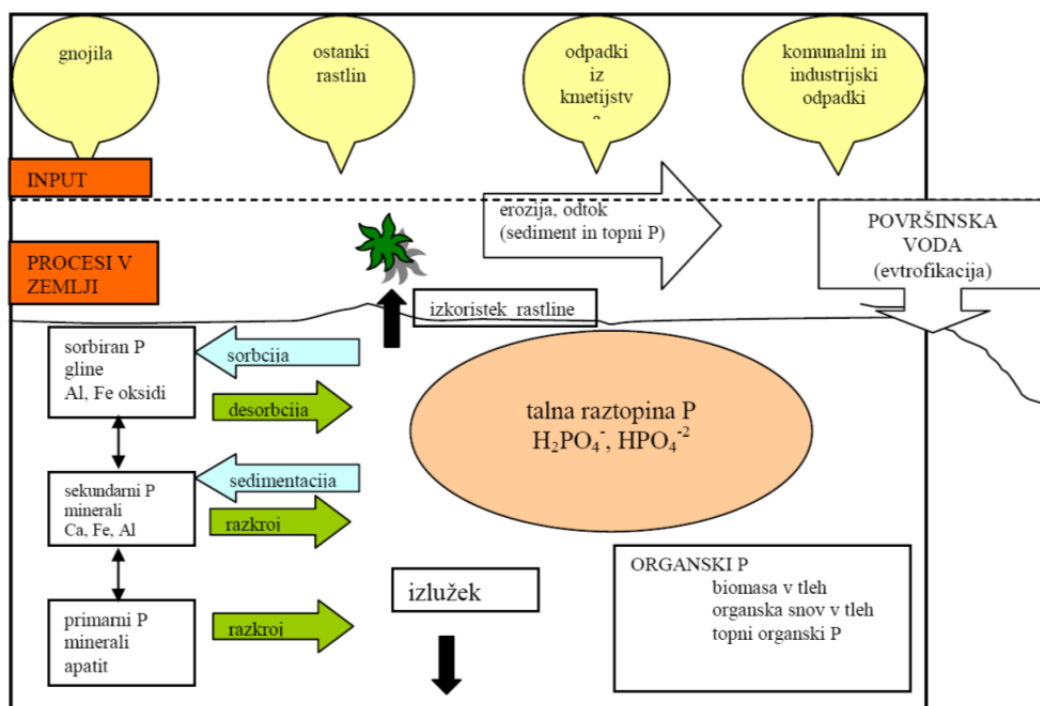
### 2.3.3 Fosfor in okolje

Za razumevanje, kako lahko fosfor uhaja iz agro-ekosistema, je nujno potrebno poznavanje fosforjevega cikla (slika 3). Vir fosforja v tleh predstavljajo ostanki talnih mineralov gnojil (organskih in mineralnih). Zemlja vsebuje več kot 200 oblik mineralov, ki vsebujejo fosfor. Najpogostejša sta: apatit (kalcijev fosfat) ter železov in aluminijev fosfat. Surovina za komercialna fosforjeva gnojila je apatit, ki ga obdelajo z žveplovo ali fosforno kislino in tako dosežejo boljšo topnost fosforja. Vir organskih gnojil/odpadkov so živalski gnoj, ostanki rastlin ter komunalni in industrijski odpadki. V tleh potekajo številni procesi s fosforjem, ki omogočajo dostopnost fosforja rastlinam in možnost

prehoda v površinske vode. V talni raztopini je fosfor prisoten kot monovalenten ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) anion kakor tudi divalenten ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) anion. Fosfor prehaja v talno raztopino na naslednje načine:

1. razkroj primarnih mineralov,
2. razkroj sekundarnih mineralov,
3. desorbpcija iz glin, oksidov in mineralov,
4. posledica mineralizacije organskih materialov v anorganske.

Poudariti je treba, da so vsi ti procesi reverzibilni. V večini prsti meri koncentracija fosforja v talni raztopini med 0,01 in 0,2 mg/l. To je koncentracija, ki jo večina poljščin potrebuje za svojo rast. Odtok (površinski, podpovršinski) in erozija sta procesa, v katerih se fosfor izgublja s kmetijskih površin v hidrosfero. Desorpcijski in razkrojen fosfor iz tanke cone površinske prsti (slika 4) ter raztopljen fosfor iz vegetativnega materiala so takoj dostopen vodni bioti. Erozija tal transportira partikularni fosfor v obliki prsti in vegetativnega materiala. Vodni bioti je dostopen samo ta del partikularnega fosforja, v ravnotežju z raztopljenim fosforjem. Ta bio razpoložljiv fosfor vključuje raztopljen fosfor in dele partikularnega fosforja. Ko bio-razpoložljiv fosfor preide iz kmetijskih površin v vodno telo, prispeva k eutrofikaciji. V tleh, kjer je akumuliranega več fosforja se ta giblje tudi v smeri navzdol.



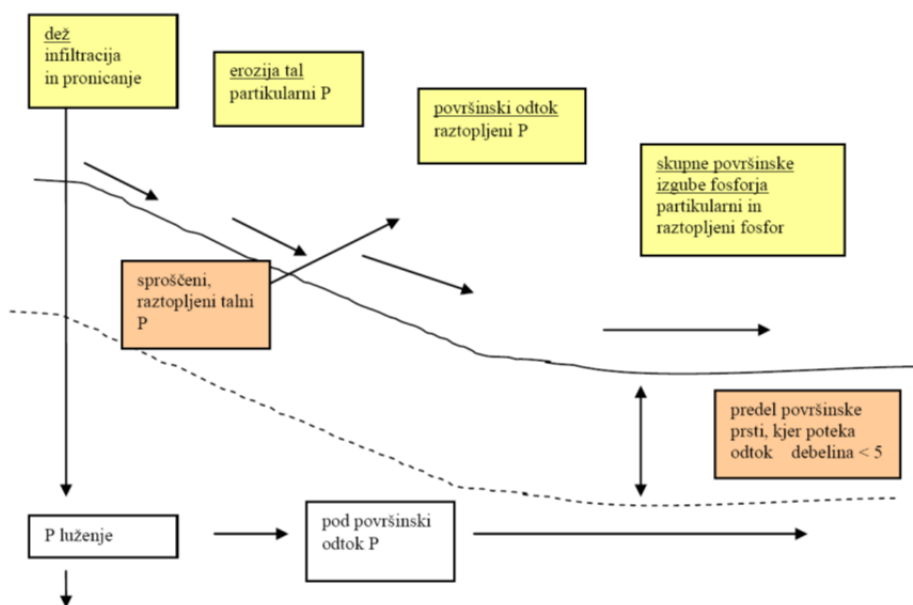
Slika 3: Fosforjev cikel (Pierzynsky in sod., 1994)

Figure 3: Phosphorus cycle (Pierzynsky etc., 1994)

### 2.3.4 Eutrofikacija površinskih voda s fosforjem

Fosfor je v naravnih in odpadnih vodah prisoten skoraj izključno v obliki fosfatov. Fosfate razdelimo na ortofosfate, polifosfate in na organsko vezane fosfate. Organski fosfor je prisoten v razkrojenem materialu in v telesih vodnih organizmov. Te oblike fosfatov izvirajo iz različnih virov (Eaton, 1995).

Kmetijstvo je velik povzročitelj razpršenega onesnaževanja površinskih voda s fosforjem. Fosfor se spira s površine zemlje neposredno v tekoče vode in skozi prepustna tla v podtalnico. Večina fosforja se s kmetijskih površin spira v površinske tekoče vode, spiranje v podtalnico je malenkostno. Izgube fosforja s kmetijskih površin znašajo od 0,97 do 1,85 kg/ha/leto (Fluvial transport and processing..., 1984). Rast rastlin v vodnih sistemih je odvisna od številnih faktorjev kot so: hranilne snovi, svetloba, temperatura, vodni režim, motnost, poraba zooplanktona in prisotnost strupenih substanc. Ti faktorji so vsi po vrsti pogojeni z lastnostmi porečij ter vodnih teles in so odraz človekovega poseganja. V stoječih vodah je fosfor ključni omejitveni element, ki obvladuje primarno produktivnost.



Slika 4: Transportne poti fosforja

Figure: Transport pathways of phosphorus

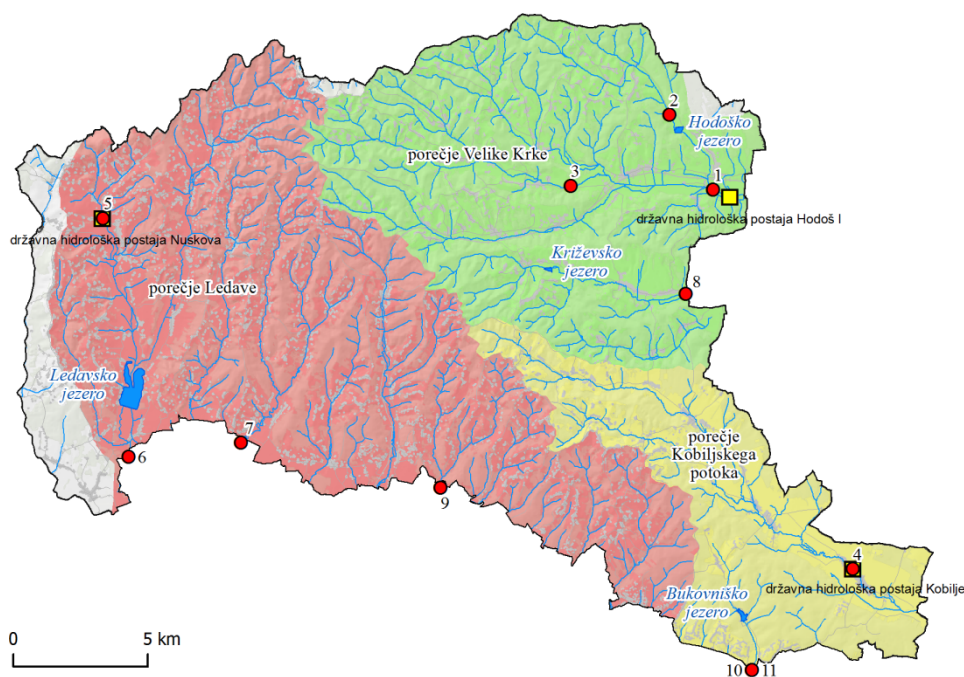
#### 2.4 Monitoring kakovosti površinskih voda

Pri monitoringu kakovosti površinskih voda je najpomembneje izbrati ustrezne parametre in krajevno pravilno določiti mesta vzorčevanja glede na področje raziskovanja. Nič manj ni pomembna dinamika vzorčevanja. Odločili smo se za eno in pol letni cikel vzorčevanja. Z vzorčevanjem smo začeli maja leta 2008 in končali oktobra 2009 (18 rednih vzorčevanj). Vzorčevali smo pri različnih pretokih in različnih vremenskih dogodkih v različnih letnih časih. Vzorčevanje je bilo trenutno. V času izrednih

razmer smo na teh mestih vzorčevanja opravili tudi izredno vzorčevanje, in sicer od 18. junija do 9. julija 2009, v osmih zaporednih meritvah.

#### 2.4.1 Izbira vzorčevalnih točk in dinamika vzorčevanja

Kot je to razvidno iz poglavja 3.1.4, Krajinski park Goričko razdelimo v tri porečja, ki pripadajo porečju reke Mure: porečje Ledave, porečje Velike Krke in porečje Kobiljskega potoka. Vzorčevalne točke smo izbrali na mejah Krajinskega parka Goričko in nekaj tudi v notranjosti parka (s tem smo poskušali zagotoviti pokritost celotnega območja). Izbirali smo večje vodotoke, ki v morebitnih poletnih sušnih obdobjih ne presušijo. Vzorčevalne točke so prikazane v tabeli 1 in na sliki 5. V tabeli 2 je prikazana dinamika vzorčevanja. Na sliki 5 so prikazane tudi točke državnih hidroloških postaj na raziskovalnem območju. Razen meritev pretoka, drugih meritev z meritvami na državnih hidroloških postajah nismo primerjali, saj podatkov za primerjavo v enakem časovnem obdobju ni bilo na razpolago.



Slika 5: Mesta vzorčevalnih točk in merilne postaje državne mreže  
*Figure 5: Locality of sampling points and national measuring stations*

#### 2.4.2 Postopek vzorčevanja in seznam parametrov

Parametre za oceno kakovosti površinskih tekočih voda smo razdelili na terenske meritve in na analize vzorcev v laboratoriju. Na terenu smo merili temperaturo vode in zraka, pH, električno prevodnost, redoks potencial, motnost in kisikove razmere. V preglednici 3 so prikazani postopki vzorčevanj,



uporabljena embalaža in postopki konzerviranja, ki so bili potrebni, ter metode, ki smo jih uporabljali pri vzorcih potrebnih za pridobivanje vzorcev za laboratorijsko analitiko. Celotni postopek smo opravili v skladu s Slovenskim standardom SIST EN ISO 15681-1:2007. Vse meritve so bile izvedene tako, da je meritev oz. vzorec reprezentativen. Število odvzetih in analiziranih vzorcev je bilo zadosti veliko, da je bila omogočena statistična obdelava podatkov.

Preglednica 1: Mesta vzorčevanja

*Table 1: Sampling points*

Šifra	Ime reke	Kraj	X (m)	Y (m)	Vzorčenje
1	Velika Krka	Krplivnik	186712	601466	R, I
2	Dolenski potok	Dolenci	189503	599839	R
3	Adrijanski potok	Šalovci	186860	596170	R
4	Kobiljski potok	Kobilje	172590	606645	R, I
5	Ledava	Nuskova	185644	578803	R, I
6	Ledava	Domajinci	176777	579743	R
7	Bodonski potok	Bodonci	177306	583925	R
8	Mala Krka	Domanjševci	186389	600476	R
9	Bokrački potok	Sebeborci	175614	591337	R
10	Bogojinski potok	Bogojina	168833	602897	R
11	Bukovniški potok	Dobrovnik	168833	602896	R

R redno vzorčevanje, I izredno vzorčevanje

Preglednica 2: Datumi vzorčevanj

*Table 2: Dynamic of sampling*

Zaporedna številka vzorčenja	Datum vzorčenja
1.	28. maj 2008
2.	8. julij 2008
3.	24. julij 2008
4.	27. avgust 2008
5.	24. september 2008
6.	22. oktober 2008
7.	4. december 2008
8.	18. december 2008
9.	29. januar 2009
10.	18. februar 2009
11.	18. marec 2009
12.	23. april 2009
13.	20. maj 2009
14.	18. junij 2009
15.	9. julij 2009
16.	20. avgust 2009
17.	24. september 2009
18.	22. oktober 2009

### Preglednica 3: Seznam merjenih parametrov in postopek vzorčevanj

Table 3: List of parameters and the sampling procedure

Parameter	Metoda	Embalaza, min. vol.	Vzorčenje, konzerviranje
K	SIST EN ISO 14911:2009	P.....50 ml	filtriramo skozi membranski filter 0,45 $\mu\text{m}$ , s $\text{HNO}_3$ naravnamo pH na $3 \pm 0,5$ (1-2 kapljici)
Dušik po Kjeldahlu	SIST ISO 5667:2007	P, S 250 ml	nakisamo s $\text{H}_2\text{SO}_4$ na $\text{pH} < 2$ ; preprečimo absorpcijo amonijaka iz zraka v nakisanem vzorcu;
Amonijev dušik	SIST EN ISO 11732:2005	P, S 250 ml	nakisamo s $\text{H}_2\text{SO}_4$ na $\text{pH} < 2$ ; preprečimo absorpcijo amonijaka iz zraka v nakisanem vzorcu;
Nitratni, nitritni dušik	ISO 10304- 1	P, S 100 ml	analiziramo čim prej, sicer vzorec filtriramo (membranska filtracija – 0,2 $\mu\text{m}$ ) in hranimo pri $T = 4-6$ $^{\circ}\text{C}$ ali zamrznemo ( $-16$ do $-20$ $^{\circ}\text{C}$ )
	ISO 10304- 2		
Celotni fosfor	SIST EN ISO 6878:2004	P, S 500 ml (PE, PVC)	dodamo 1 ml $\text{H}_2\text{SO}_4$ k 100 ml vzorca – $\text{pH} \sim 1$ ; preverimo pH, uravnamo z razt.
Fosfor-ortofosfat	SIST EN ISO 6878:2004, SIST EN ISO 15682-1:2005	P, S 500 ml (PE, PVC)	filtracija na terenu ali v laboratoriju, kakor hitro je mogoče, membranski filter (0,45 $\mu\text{m}$ ) pripravljen s spiranjem z 200 ml destilirane vode; prvih 10 ml filtrata zavržemo;
KPK ( $\text{KMnO}_4$ )	SIST EN ISO 8467:1993	S, P.....0,5 l	dodamo 5 ml $\text{H}_2\text{SO}_4$ / l vzorca;
BPK <sub>5</sub>	SIST EN ISO 1899-2:2000 in	S 1 l	steklenice napolnimo do vrha in jih hermetično zapremo
	SIST EN 1899-C361:2000		
Suspedirane snovi	SIST ISO 11923:1998	S 1 l	steklenice napolnimo do vrha in jih hermetično zapremo

S - steklo P – plastika

#### 2.4.3 Pregled eksperimentalnih in analitskih metod

Analizirali smo vzorce površinskih voda na področju Krajinskega parka Goričko z vzorčevalnih mest, ki so prikazane na sliki 15 in preglednici 1 skladno z dinamiko vzorčevanja iz preglednice 2. Ob enkratnem vzorčevanju je bilo odvzetih 11 rednih vzorcev, skupaj torej 198 rednih vzorcev. Odvzetih je bilo tudi 18 izrednih vzorcev. V nadaljevanju poglavja je predstavljena meritev pretoka, eksperimentalne meritve (PH, temperature, motnosti, koncentracije kisika, električne prevodnosti in redoks potencial) ter določanje analitskih parametrov (amonij, nitrat, nitrit, skupni dušik, ortofosfat, skupni fosfor, kalij, KPK, BPK5, neraztopljene snovi) ter pripadajoče analitske metode (Eaton in sod., 1995) z osnovnimi principi uporabljenih metod.

### 2.4.3.1 Merjenje pretoka

Za meritev pretoka smo uporabili postopek plavačev (Brilly, 1992). Postopek je primeren za manjše pretoke vode. Za merjenje pretoka smo uporabili plavajoč predmet (suhe bezgove vejice), uro (štoparico) in meter (10 m). Na izbranih točkah smo ob vsakem vzorčevanju določili dolžino ( $L$ , [m]), ki je merila vsaj dve širini vodnega toka. Na tej dolžini smo izmerili več širin vodnega toka in izračunali njegovo srednjo širino vodnega toka ( $B$ , [m]). Po enačbi (6) smo izračunali površino prečnega profila vodnega toka ( $S$ , [m<sup>2</sup>]):

$$S=B*H \quad (6)$$

Srednjo globino vodnega toka [m] smo izmerili na petih navpičnicah. Na navpičnicah ( $b_1, \dots, b_n$ ), na katerih smo izmerili globino vodnega toka, smo zapovrstjo merili čas ( $t$ , [s]), ki ga je plavajoči predmet potreboval za določeno dolžino ( $L$ , [m]). Povprečno hitrost vodnega toka na površini ( $v_p$ , [m/s]) smo izračunali po enačbi (7):

$$v_p=(v_{p1}*b_1 + v_{p2}*b_2 + \dots \dots v_{pn}*b_n)/(b_1 + b_2 + \dots b_n) \quad (7)$$

Volumski pretok ( $Q$ , [m<sup>3</sup>/s]) smo izračunali po enačbi (8) ob upoštevanjem korekturnega faktorja  $C$ , s katerim smo upoštevali parabolično porazdelitev hitrosti glede na globino vodnega toka:

- regulirana struga z betoniranimi brežinami in dnom: 0,8-0,9
- peščeni ali mivkasti sediment: 0,7-0,8
- prodnato ali grobo peščeno dno: 0,6-0,7.

$$Q=v*S*C \quad (8)$$

### 2.4.3.2 Merjenje temperature

Temperaturo rečne vode smo merili s termometrom HI98501, proizvajalca HANNA, z ločljivostjo 0,1°C in natančnostjo  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Temperatura je bila izmerjena na terenu direktno v vodotoku.

#### 2.4.3.3 Merjenje pH

Vrednost pH rečne vode smo merili z merilnikom pH z imenom phscan 30, proizvajalca EUTECH, z ločljivost 0,01 in natančnostjo  $\pm 0,01$ . Meritve so bile izvedene na terenu, direktno na sredi toka na globini nekaj cm pod površino.

#### 2.4.3.4 Merjenje motnosti

Motnost rečne vode smo merili s turbidimetrom 100IR, proizvajalca EUTECH, z resolucijo 0,01 NTU (od 0 do 19,9 NTU), 0,1 NTU (od 20 do 99,9 NTU), 1 NTU (100 do 1000 NTU) in natančnostjo od  $\pm 2\%$  (od 0 do 500 NTU) do  $\pm 3\%$  (501 do 1000 NTU). Vzorec je bil odvzet na sredi toka na globini nekaj cm pod površino, meritev je bila narejena takoj na mestu vzorčevanja.

#### 2.4.3.5 Merjenje kisika

Koncentracijo raztopljenega kisika v rečni vodi smo merili z ionoselektivno elektrodo, proizvajalca WTW, model ProfiLine Oxi 197i, z natančnostjo  $\pm 0,5\%$  od vrednosti. Meritve so bile izvedene na terenu, direktno na sredi toka na globini nekaj cm pod površino.

#### 2.4.3.6 Merjenje električne prevodnosti

Električno prevodnost rečne vode smo merili s konduktometrom ECHESTERHIGH, proizvajalca EUTECH, z ločljivostjo 0,1 mS/cm in z natančnostjo  $\pm 0,2$  mS/cm. Meritve so bile izvedene na terenu, direktno na sredi toka na globini nekaj cm pod površino

#### 2.4.3.7 Merjenje redoks potenciala

Redoks potencial rečne vode smo merili z merilnikom ORP, proizvajalca HANNA, model HI98129, z ločljivostjo 1 mV in natančnostjo  $\pm 2$  mV. Meritve so bile izvedene na terenu, direktno na sredi toka na globini nekaj cm pod površino

#### 2.4.3.8 Določanje amonija

Amonijev ion ( $\text{NH}_4^+$ ) smo določili z metodo pretočne analize (CFA in FIA) in z metodo spektrometrijske detekcije (SIST EN 11732:2005). Vzorec (ki je bil odvzet na sredi toka na globini nekaj cm pod površino) smo vbrizgali v kontinuiran tok alkalne raztopine (pH približno 13). Nastal amonijev ion se v difuzijski celici izloči iz raztopine in preide skozi hidrofobno semipermeabilno membrano (velikost por 0,5 do 2  $\mu\text{m}$ ) v sprejemni tok z indikatorjem pH. Zaradi spremenjene vrednosti pH, se spremeni barva indikatorske raztopine, kar se meri kontinuirano v fotometru (rang 580 do 600 nm) in beleži na detektorju.

#### **2.4.3.9 Določanje nitrata in nitrita**

Nitritne in nitratne anione smo določali z metodo ionske kromatografije (SIST ISO 10304-1:1992). Gre za separacijo ionov na principu različnih hitrosti potovanja ionov skozi izmenjevalno kolono (Brodnjak, 2006). Vzorec injiciramo v tok eluenta oziroma mobilno fazo (karbonatni-bikarbonatni eluent), ki ga z visokotlačno črpalko kontinuirano prečrpavamo skozi sistem. Vzorec potuje naprej skozi predkolono, ki služi za odstranjevanje tistih komponent, ki bi poškodovale separacijsko kolono. V separacijski koloni se ioni vzorca (ki je bil odvzet na sredi toka na globini nekaj cm pod površino) in eluenta različno močno reverzibilno vežejo na kovalentno vezane izmenjalne skupine na stacionarni fazi. Hitrost potovanja posameznih ionov je odvisna od relativne afinitete posameznih ionov do aktivnega mesta na ionskem izmenjevalcu glede na afiniteto ionov v eluentu do istega aktivnega mesta. V supresorju, ki ga ves čas regeneriramo z močno kislno raztopino, se anioni pretvorijo v močno kislno obliko, karbonatni-bikarbonatni eluent pa se pretvori v šibko kislino. Anione določimo na principu električne prevodnosti. Kvalitativno jih določimo glede na retenzijski čas, kvantitativno pa glede na površino ali višino vrha v primerjavi z znanimi koncentracijami standardnih raztopin.

#### **2.4.3.10 Določanje skupnega dušika**

Metoda temelji na mineralizaciji vzorca z žveplovo kislino do amonijevega sulfata. Amonij se določi spektrometrično pri 655 nm ali s titracijo s standardno kislino.

#### **2.4.3.11 Določanje celotnega fosforja**

Celotni fosfor, ki vključuje ortofosfat, kondenzirane fosfate (pyro-, meta- in ostale polifosfate) in organsko vezan fosfor, smo določili s spektrometrijsko metodo z amonijevim molibdatom (SIST EN ISO, 2004). Polifosfate pretvorimo v ortofosfate s hidrolizo z žveplovo (VI) kislino. Organsko vezan fosfor pretvorimo v ortofosfat z razklopom v avtoklavu z oksidantom s kalijevim peroksidisulfatom v kislem mediju. Ortofosfatni ioni tvorijo s kislno raztopino, ki vsebuje molibdatne in antimonove ione,

antimonov fosfomolibdatni kompleks, ki v prisotnosti askorbinske kisline tvori močan molibdenov moder kompleks. Z meritvijo absorbance (s spektrometrom pri 880 nm) tega kompleksa določimo koncentracijo celotnega fosforja.

#### **2.4.3.12 Določanje ortofosfata**

Ortofosfat smo določali z metodo kontinuirane pretočne analize (SIST EN ISO 15682:2005). Vzorec smo zmešali s surfaktantno raztopino, dodali smo kislino raztopino z vsebnostjo molibdatnih in antimonovih ionov. Kompleks, ki pri tem nastane, smo reducirali z askorbinsko kislino do modrega molibdata, ki smo ga nato določili fotometrično pri 880 nm.

#### **2.4.3.13 Določanje kalija**

Kalij določamo s tekočinsko kromatografijo (SIST 14911:1998), ki temelji na detekciji z elektro prevodnostjo.

#### **2.4.3.14 Določanje suspendiranih snovi**

Suspendirane ali neraztopljene snovi smo določili s filtracijo skozi filter iz steklenih vlaken (SIST ISO 11923:1998). Uporabili smo vakuumsko filtracijsko napravo. Vzorec (ki je bil odvzet na sredi toka na globini nekaj cm pod površino) smo prefiltrirali skozi filter iz steklenih vlaken. Filter smo nato posušili pri 105 °C in ostanek določili s tehtanjem.

#### **2.4.3.15 Določanje biokemijske potrebe po kisiku po 5 dneh**

Biokemijsko potrebo po kisiku po petih dneh (BPK<sub>5</sub>) smo določili z metodo za nerazredčene vzorce (SIST EN 1899-1:2000 in SIST EN 1899 – 2:2000). BPK<sub>5</sub> je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo biološko razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov. Vzorec (ki je bil odvzet na sredi toka na globini nekaj cm pod površino) odvzete vode smo inkubirali pet dni pri 20 °C v temnem prostoru. Raztopljen kisik smo določili pred in po inkubaciji. Razlika v koncentraciji je BPK<sub>5</sub> (masna koncentracija raztopljenega kisika), ki se porabi za biokemično oksidacijo organskih snovi.

#### **2.4.3.16 Določanje kemijske potrebe po kisiku**

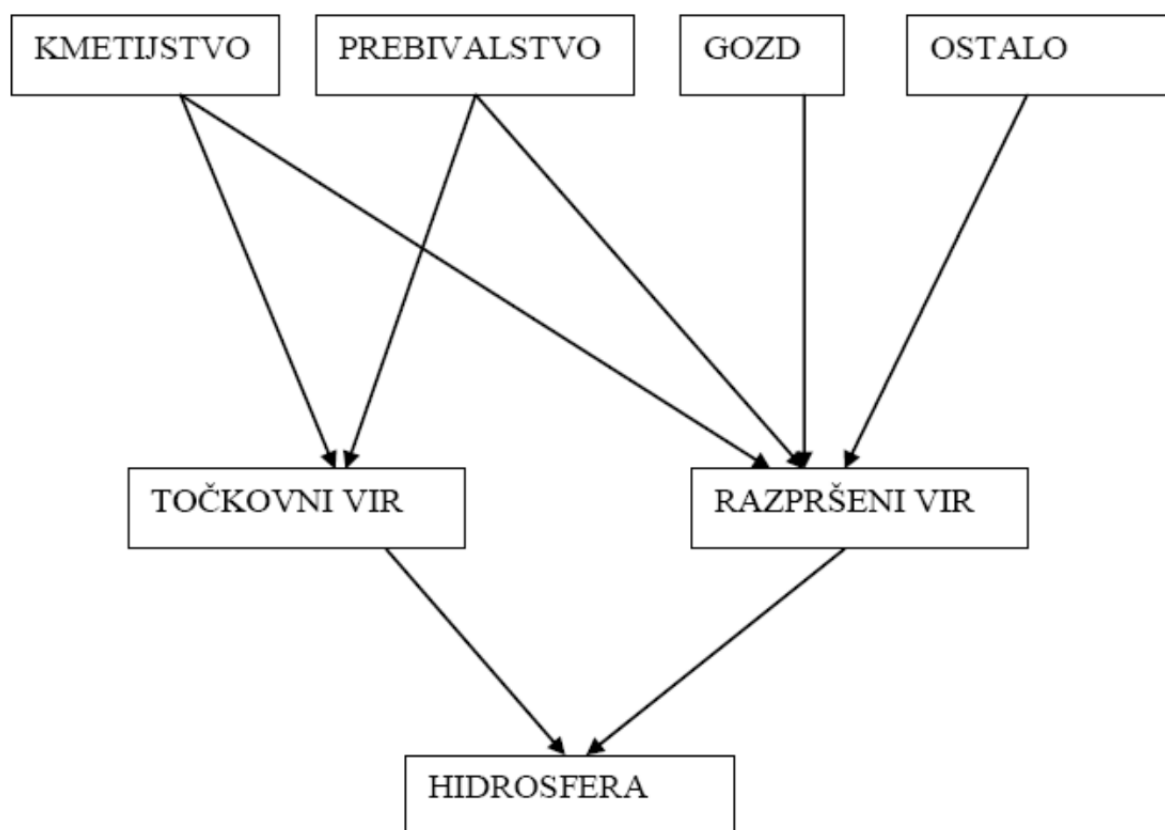
Kemijsko potrebo po kisiku (KPK) smo določali z metodo določanja permanganatnega indeksa (ISO 8467, 1993). KPK je merilo za celokupno organsko onesnaženje. Organske snovi določamo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi.

Vzorec smo 10 min. segrevali v vodni kopeli z znano količino kalijevega permanganata in žveplove (VI) kisline. Del kalijevega permanganata se z neoksidirajočim materialom reducira. Porabljen del smo določili z dodatkom natrijevega oksalata.

## **2.5 Metodologija za določitev transportnih poti spojin dušika in fosforja v Krajinskem parku Goričko**

Da bi lahko ocenili vpliv dušikovih in fosforjevih spojin iz kmetijskih površin na hidrosfero v Krajinskem parku Goričko smo uporabili tudi podatke iz literature, statistične podatke in podatke, ki smo jih izračunali s pomočjo tehnologije GIS v poglavju 3. Uporabili smo metodo (slika 6), ki temelji na masni bilanci. Ocenili smo skupni doprinos dušikovih in fosforjevih spojin, ki obremenjujejo hidrosfero v Krajinskem parku Goričko. Določili smo vire in transportne poti dušikovih in fosforjevih spojin ter jih ovrednotili. Kot najpomembnejša vira obremenjevanja hidrosfere z dušikom in fosforjem smo določili kmetijstvo (poglavje 2.5.2) in poselitev (2.5.1). Kot manj pomembne smo določili gozd in ostale vire. Upoštevali smo odvajanje komunalne odpadne vode: izpuste iz čistilnih naprav, pretočnih greznic in direktne izpuste v površinske vode. Industrijske odpadne vode nismo upoštevali, ker v Krajinskem parku Goričko industrije ni. Upoštevali smo izgube s kmetijskih površin v uporabi, iz gozdov in iz ostalih površin (neobdelane kmetijske površine, kmetijske površine v zaraščanju in druge). V procesu izdelave masne bilance dušikovih in fosforjevih spojin smo upoštevali vse transportne poti sproščanja dušikovih in fosforjevih spojin v okolje. Izračunali smo delež, ki pride do hidrosfere. Za vsak vir smo ocenili letni doprinos k obremenitvi hidrosfere s spojinami dušika in fosforja v Krajinskem parku Goričko.



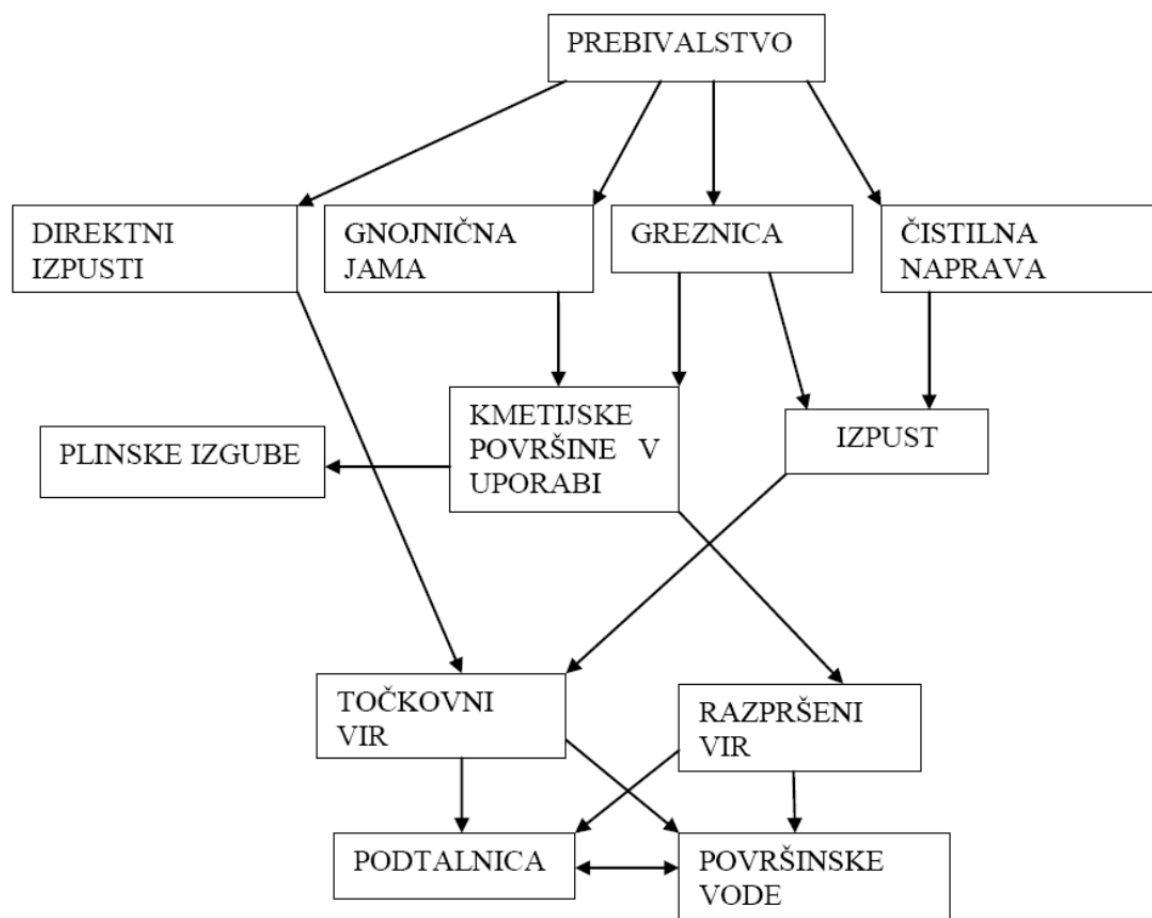


Slika 6: Viri in transportne poti dušika in fosforja v Krajinškem parku Goričko

Figure 6: Sources and transport of nitrogen and phosphorus at Krajinski park Goričko

### 2.5.1 Prebivalstvo

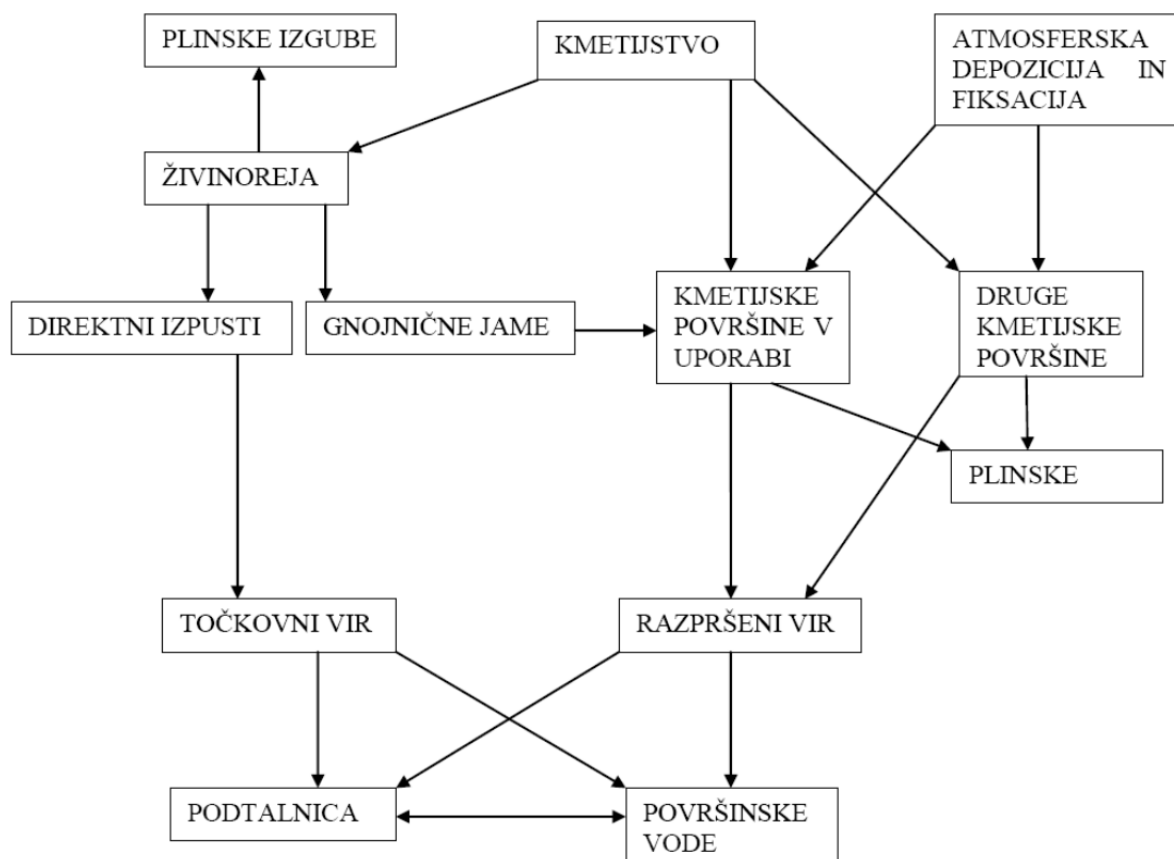
Vpliv poselitve na hidrosfero prikazujemo na sliki 7. Ocenjujemo, da je prebivalstvo na območju Krajinskega parka Goričko eden izmed dveh najpomembnejših virov dušikovih in fosforjevih spojin, ki obremenjujejo hidrosfero. Določili smo transportne poti dušikovih in fosforjevih spojin. Tam, kjer je kanalizacijska infrastruktura izgrajena, prebivalstvo odvaja komunalno odpadno vodo v okolje prek čistilnih naprav. Tam, kjer kanalizacijska infrastruktura še ni izgrajena, prebivalci odvajajo komunalno odpadno vodo v okolje prek pretočnih in nepretočnih greznic, v gnojnične jame ali komunalno odpadno vodo spuščajo direktno v odvodnik. Transportne poti vodijo v hidrosfero po različnih poteh. Transportna pot prek gnojnične jame se nadaljuje na kmetijskih površinah v uporabi. Transportna pot prek greznic se nadaljuje ali na kmetijskih površinah v uporabi ali prek izpusta v okolje. Nekateri komunalno odpadno vodo odvajajo direktno v odvodnike.



Slika 7: Transportne poti odvajanja komunalne odpadne vode  
Figure 7: Transport routes for discharging urban waste water

### 2.5.2 Kmetijstvo

Kot smo že predhodno prikazali, povezujemo razpršeno onesnaženje s fosforjem in dušikom predvsem s kmetijstvom. Na sliki 8 prikazujemo transportne poti dušika in fosforja iz kmetijstva do površinske hidrosfere. Pot dušika in fosforja iz izločkov v živinoreji lahko poteka po poti direktnih izpustov v površinske vode (točkovni vir) ali prek distribucije izločkov na kmetijske površine v uporabi (razpršeni vir). Do plinskih izgub dušika (denitrifikacija) prihaja že na kmetiji in ob distribuciji. Vnos hranil na kmetijske površine v uporabi poteka tudi prek ali v največji meri z distribucijo lahko topnih mineralno-dušikovih in fosforjih gnojil. Ta transportna pot predstavlja razpršen vir obremenjevanja hidrosfere z dušikom in fosforjem. Kot razpršen vir obremenitve z dušikom in fosforjem predstavljajo tudi viri iz drugih kmetijskih površin (kmetijske površine v zaraščanju, neobdelane kmetijske površine itd.). Fosforjeve in dušikove spojine imajo viri tudi v atmosferski depoziciji in fiksaciji.



Slika 8: Transportne poti dušika in fosforja iz kmetijstva

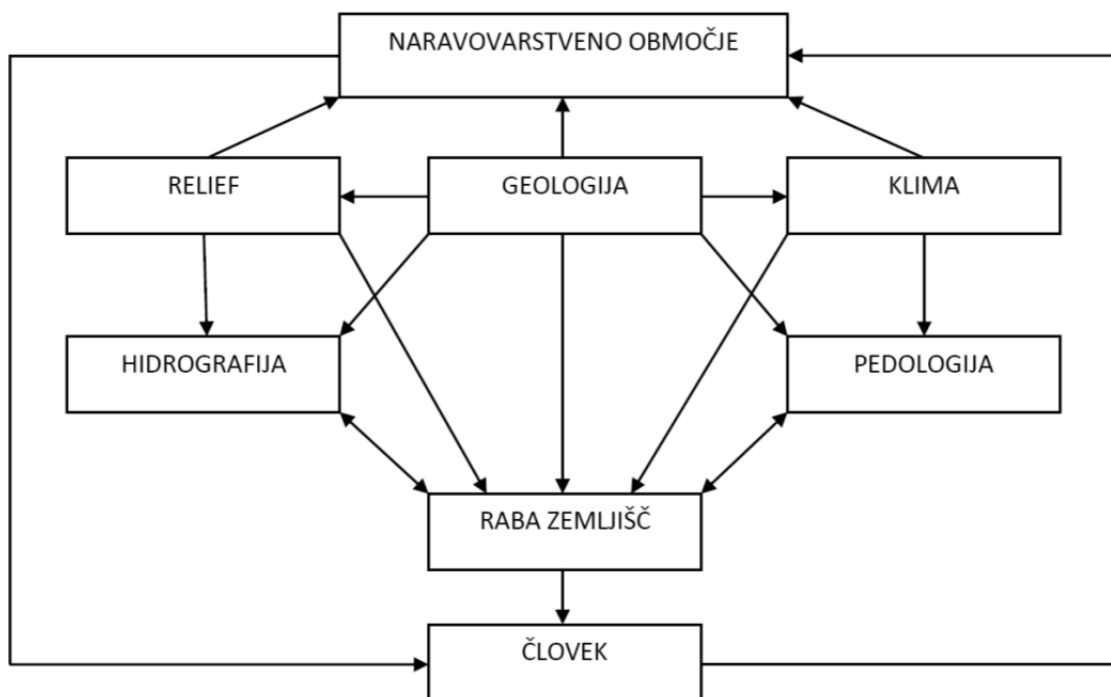
Figure 8: Transport routes of the nitrogen and phosphorus originating from farming

### 2.5.3 Gozd in ostali viri

Ocenjujemo, da je gozd lahko vir dušikovih spojin, ki obremenjujejo hidrosfero. Površino gozda po občinah v Krajinskem parku Goričko smo prikazali v poglavju 3.1.5. Po podatkih Rusjana (2008) je lahko prispevek k obremenitvi hidrosfere z gozdnatega prispevnega območja velik in je lahko letna količina spranega dušika iz gozdnega območja tudi več kot 10 kg/ha. Izgube fosforja iz naravnih virov (iz gozda) smo ocenili na 0,1 kg fosforja na hektar v enem letu (Detailed Assessment of Phosphorus..., 2004). Pod ostale vire smo zajeli ostale nekmetijske površine.

### 2.5.4 Metoda za oceno ekoloških karakteristik

Da bi opravili ekološko vrednotenje Krajinskega parka Goričko, smo razvili metodo za oceno ekoloških karakteristik na naravovarstvenem območju. Geolitološko podlago smo opredelili kot najpomembnejši dejavnik pri določanju kakovosti drugih parametrov okolja (slika 9): relief, klima, hidrografija in pedologija. Medsebojna odvisnost teh dejavnikov vpliva na kakovost in lastnost neke prostorske dimenzije.



Slika 9: Vpliv ekoloških karakteristik na območje

Figure 9: Impact of ecological characteristics on the area

## 2.6 Teoretična izhodišča za statistični model za izračun bremena onesnaženja

Na podlagi rezultatov meritev, bomo za vsak parameter posebej in za vsako mesto vzorčevanja izračunali statistični model za izračun bremena onesnaženosti. Za izračun bomo uporabili funkcijo LINEST programskega orodja Microsoft Office Excel 2007. Funkcija LINEST izračuna statistiko za premico z uporabo metode »najmanjših kvadratov«.

Enačba premice je:

$$y = mx + b$$

kjer je odvisna  $y$  vrednost funkcija neodvisnih  $x$  vrednosti.  $M$  vrednosti so koeficienti, ki ustrezajo vsaki  $x$  vrednosti.  $B$  je konstanta.

## 3 LASTNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Da bi dosegli zastavljene cilje in dokazali hipotezo, smo na podlagi digitalno in analogno pridobljenih podatkov raziskali lastnosti raziskovanega območja. Z zastavljenim monitoringom in izvedbo analitskih metod smo prišli do podatkov o onesnaženosti. V nadaljevanju smo razvili metodo s katero smo teoretično določili glavne vire onesnaževanja s fosforjem in dušikom v Krajinskem parku

Goričko. Razvili smo še metodo za opis ekoloških karakteristik raziskovanega območja in na podlagi le-te opisali vpliv nekaterih naravnih dejavnikov na hidrosfero v Krajinskem parku Goričko.

### **3.1 Digitalni prikazi lastnosti in razmer za Krajinski park Goričko**

Za opis Krajinskega parka Goričko smo zbrali digitalne in analogne podatke. S programskim orodjem ArcView (PC ARCVIEW..., 2000) smo digitalne podatke obdelali in izdelali karte, ki prikazujejo Krajinski park Goričko.

Podatke o klimatskih razmerah v Krajinskem parku Goričko smo prejeli od Agencije RS za okolje in prostor (Meteorološki podatki..., 2009), ki smo jih nato obdelali v predstavljeno obliko. Za izdelavo geološke karte Krajinskega parka Goričko smo uporabili Osnovno geološko karto Socialistične federativne republike Jugoslavije (Osnovna geološka karta..., 2003) s pozicijsko natančnostjo 20 m. Na podlagi podatkov Ministrstva za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano (Pedološka karta Slovenije, 2009) smo izdelali pedološko karto za območje Krajinskega parka Goričko. Prav tako smo na podlagi podatkov Ministrstva za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano (Karta raba tal, 2009) izdelali karto rabe zemljišč za Krajinski park Goričko. Karto naklona reliefa smo izdelali na podlagi podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije (Digitalni model višin 125, 2001). Karto povodij smo izdelali na podlagi podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje in prostor (Vodna telesa..., 2006). Karto infiltracije za območje Krajinskega parka Goričko smo izdelali na podlagi podatkov Geološkega zavoda Slovenije (Karta infiltracije, 2004) s pozicijsko natančnostjo 50 m, medtem ko smo karto površinskega odtoka za Krajinski park Goričko izdelali na podlagi podatkov Geološkega zavoda Slovenije (Karta površinskega odtoka, 2004) s pozicijsko natančnostjo 50 m.

Krajinski park Goričko (slika 10) se v skrajnem severovzhodu Slovenije razprostira kot del trilateralnega parka. Večino območja (96%) spada pod okrilje Nature 2000 (Uredba..., 2004). Natura 2000 je evropska ekološka mreža območij za ohranjanje ogroženih rastlinskih in živalskih vrst in s tem biodiverzitete. V Naturo 2000 so vključena tudi območja SPA (Special protected area – posebna območja zaščite) in SCI – (Special Area of Conservation - posebna območja varstva). V naslednjih podpoglavjih je podrobno predstavljen Krajinski park Goričko.

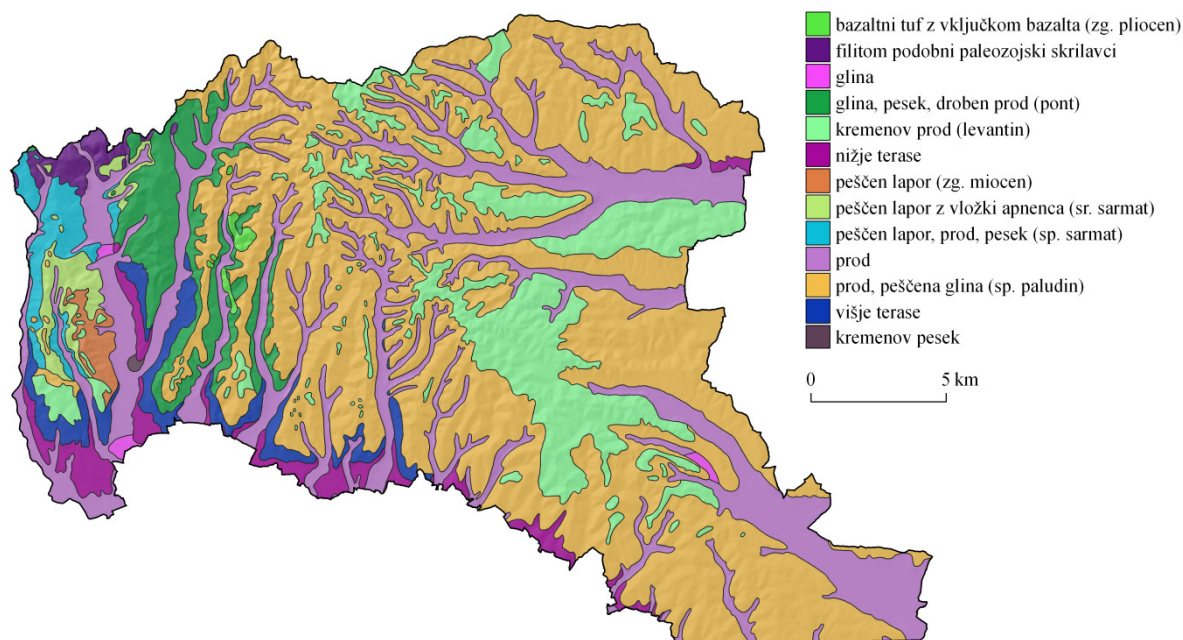


Slika 10: Območje Krajinskega parka Goričko  
*Figure 10: Location of the Landscape Park Goričko*

### 3.1.1 Geologija Krajinskega parka Goričko

Goričko pripada udornemu terciarnemu bazenu panonskega obrobja (Pleničar, 1968). Ta udorni bazen se imenuje Graški zaliv in je del velikega štajerskega terciarnega zaliva. Podlaga tega dela terciarnega zaliva, ki obsega današnje Goričko, pripada podaljšku Centralnih Alp. Centralne Alpe so posebna tektonska enota, ki predstavljajo del Vzhodnih Alp, in v Sloveniji pokrivajo vzhodno Štajersko in Prekmurje in so z unško geofrakturno razdeljene na zahodni in vzhodni del (Andelković, 1988). Centralne Alpe predstavljajo tudi zahodno mejo tektonske enote panonske mase, ki se po Pleničarju (1968) začne na Goričkem. Ozemlje Panonskega bazena se je najmočneje gubalo med srednjim eocenom in pliocenom, v severovzhodni Sloveniji pa je prišlo do gubanja še po glavnih narivnih fazah v miocenu in pliocenu (Premru, 2005). V nagubano zgradbo Panonskega bazena prištevamo tiste nagubane strukture iz terciarnih plasti, ki niso bile udeležene pri narivanjih. Na Goričkem sta to cmureško-gorička sinklinala in ljutomerska sinklinala. Cmureško-gorička sinklinala sega na vzhod prek Murske udorine v zahodni del Goričkega. Na zahodnem Goričkem izhaja na manjšem prostoru izpod terciarnih plasti podlaga iz filitov dravograjske strukturno-facialne cone, ki pripada dravograjskemu narivu. Skupaj s terciarnimi plastmi tvorijo manjšo antiformo s smerjo osi NE-SW (severovzhod-jugozahod) in jedrom iz filitov. Ljutomerska sinklinala seka rabski prelom s snopom transkurentnih prelomov v smeri NE-SW (northeast-southwest - severovzhod-jugozahod) in ENE

(east-northeast - vzhod-severovzhod) – WSW (zahod-jugozahod) prek Goričkega. Jedro ljutomerske sinklinale predstavljajo pliocenski sedimenti. Na sliki 11 je predstavljena Geološka karta Krajinskega parka Goričko.



Slika 11: Geološka karta Krajinskega parka Goričko (Osnovna geološka karta..., 2003)

Figure 11: Geological map of Goričko Landscape Park (Osnovna geološka karta..., 2003)

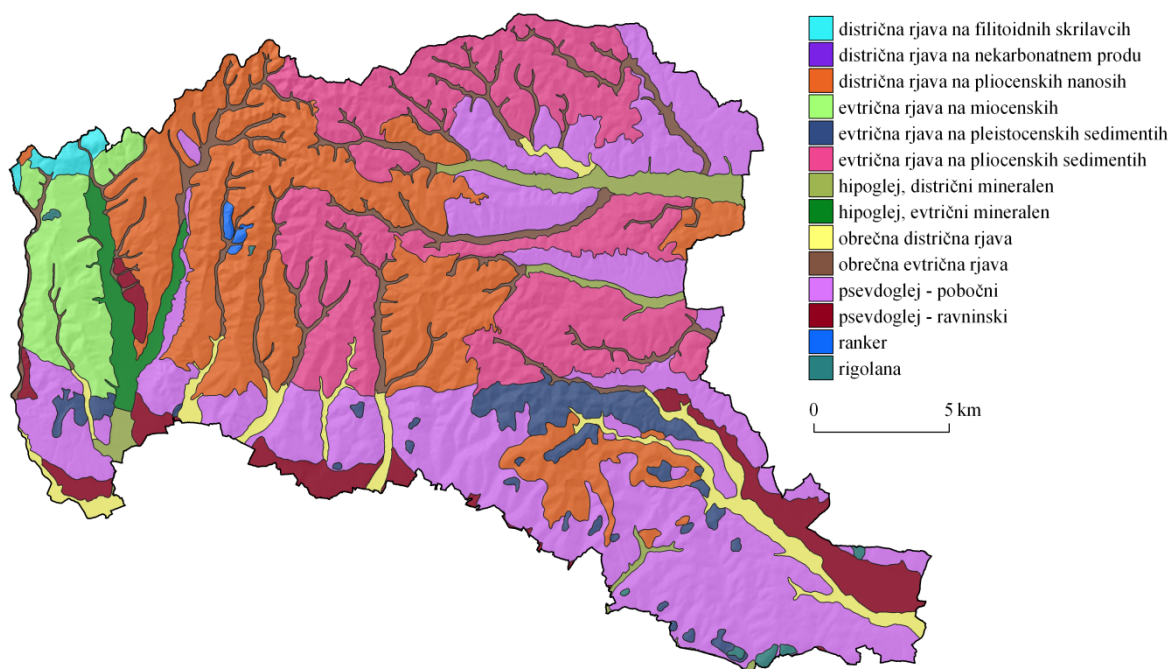
Zgornjepliocenski prod, ki leži diskordantno na starejših plasteh, kaže na zadnjo pomembnejšo tektonsko fazo. V dobi teh faz se je Graški zaliv konstantno spuščal in v njem so se odlagali sedimenti (Pleničar, 1968). Po odložitvi pliocenskih sedimentov je nekaj časa prevladovala erozija. Nastalo je epirogenetsko dviganje. Posledica je bila vrezovanje rek v ozemlje Goričkega. Nastalo je današnje gričevje s številnimi pliocenskimi terasami oziroma ravniki, ki kažejo na posamezne sunke te erozije. Erozija je prevladovala v pleistocenu. V holocenu se je zopet nadaljevala akumulacija, ki traja še danes. Samo v osrednjem delu Goričkega je vidnih še nekaj znakov, ki kažejo, da tam ni akumulacije, ampak še vedno poteka erozija. Tam imamo globoko urezane struge potokov, ki material venomer odnašajo, zlasti pa v obdobju močnejših padavin.

### 3.1.2 Pedologija

Pedološke značilnosti Krajinskega parka Goričko predstavljamo na sliki 12. Zaradi nekarbonatne podlage so se razvila kislila do nevtralna tla. Na skrajnem severozahodu Krajinskega parka Goričko so se na kloritno-amfibolovem skrilavcu (kobanska serija) razvila distrična rjava tla. Na zahodnem Goričkem so se na peščenih laporjih, peščenih glinah, pesku in konglomeratu razvila evtrična rjava tla.

Ob manjših potokih najdemo sledove obrečno evtričnih, zmerno oglejnih tal, ob Ledavi pa je nastal hipoglej. Najdemo še nekaj rankerja in ravninskega psevdogleja.

V osrednjem in severovzhodnem delu Krajinskega parka Goričko so se na pliocenskih nanosih distrična rjava na pliocenskih nanosih (skoraj 22% vse površine) in evtrična rjava tla na pliocenskih nanosih (20% vse površine), na severovzhodu pa tudi psevdoglejna tla zaradi prisotnosti kremenca. Ob potokih najdemo sledove obrečno evtrična, zmerno oglejna tla, ob Veliki Krki pa hipoglej. Na celotnem južnem delu Krajinskega parka Goričko, delno tudi na vzhodu, so se razvila pobočna psevdoglejna tla (30% vse površine), na jugozahodnem delu naletimo tudi na večje območje z distrično rjavimi tlemi.



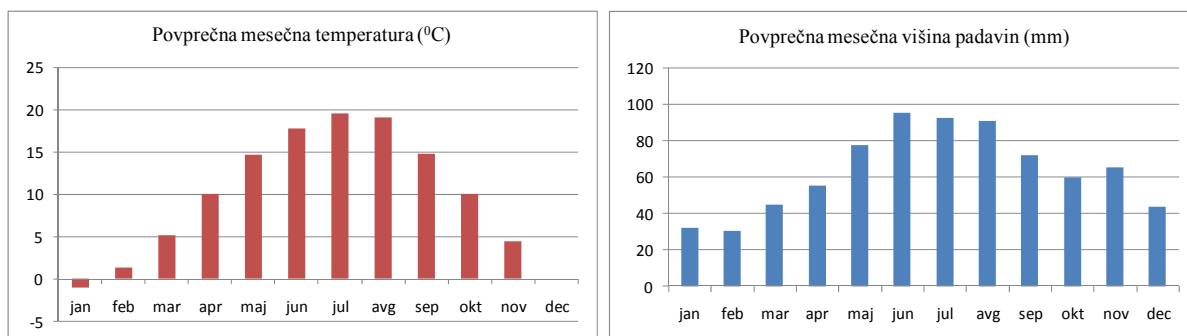
Slika 12: Pedološka karta Krajinskega parka Goričko (Pedološka karta Slovenije, 2009)

Figure 12: The pedological map of the Goričko Landscape Park (Pedološka karta Slovenije, 2009)

### 3.1.3 Klimatske razmere

Podnebje v Krajinskem parku Goričko je zmerno celinsko. V nadaljevanju tega poglavja in na sliki 13 predstavljamo podatke o temperaturi in podatke o padavinah za vremensko postajo Veliki Dolenci, merjenih v obdobju 1961-2008 (Meteorološki podatki..., 2009).





Slika 13: Povprečna mesečna temperatura (°C) in povprečna mesečna višina padavin (mm) na vremenski postaji Veliki Dolenci 1961-2008 (Meteorološki podatki..., 2009)

Figure 13: Mean air temperature and amount of precipitation during 1961–2008 from the weather station Veliki Dolenci (Meteorološki podatki..., 2009)

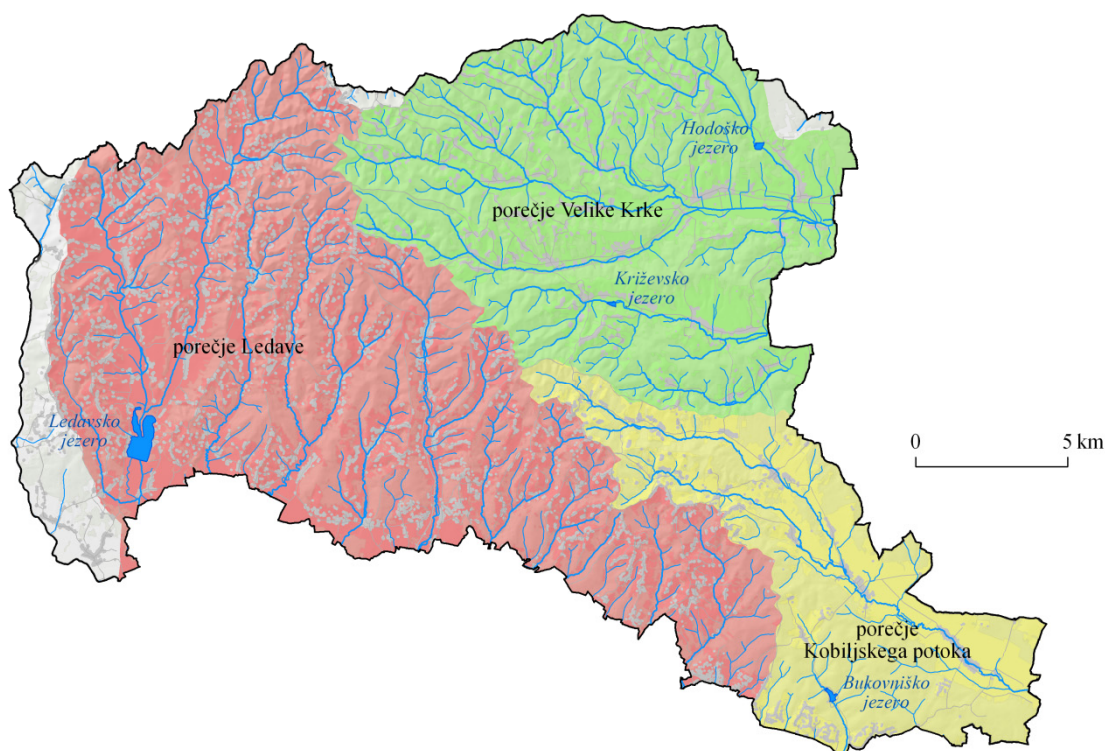
Letna povprečna temperatura zraka je 9,7°C, dneva deviacija pa je 8,3°C. Najnižja povprečna dnevna temperatura zraka je bila -15,6°C, med tem ko je bila najvišja povprečna dnevna temperatura zraka 28,7°C. Letno povprečje dni z minimalno temperaturo zraka  $\leq -10,0^{\circ}\text{C}$  (mrzel dan) je 7,9 dni. Letno povprečje dni z maksimalno temperaturo zraka  $< 0^{\circ}\text{C}$  (leden dan) je 26. Letno povprečje dni z minimalno temperaturo  $< 0^{\circ}\text{C}$  (hladen dan) je 99. Letno povprečje dni z maksimalno temperaturo  $\geq 25,0^{\circ}\text{C}$  (topel dan) je 49,2. Letno povprečje dni z maksimalno temperaturo  $\geq 30,0^{\circ}\text{C}$  (vroči dan) je 7,5.

Letno povprečje padavin je 761,8 mm, dnevna deviacija pa je 5,7 mm. Najvišja dnevna količina padavin je bila 80,0 mm. Letno povprečje dni s snežno odejo je 40,7. Najvišja izmerjena snežna odeja je bila 70 cm. Maksimalna višina novozapadlega snega je bila 47 cm. Letno povprečje dni s padavinami  $\geq 0,1$  mm je 118,6. Letno povprečje dni z nevihto in grmenjem je 24,8.

Po Gabrovcu in Kastelčevi (1998) znaša letna energija kvaziglobalnega obsevanja (vsota direktnega in difuznega sončnega obsevanja) nagnjenih površin od 3 300 MJ/m<sup>2</sup> v nižjih predelih osrednjega in vzhodnega Krajinskega parka Goričko, na preostalem območju pa večinoma 4 000 do 4 800 MJ/m<sup>2</sup>.

### 3.1.4 Hidrološke lastnosti porečij

V pleistocenu so se današnji pritoki Ledave v murski ravnini izlivali v Muro. Šele ob koncu pleistocena, ko je Ledava nasula ob tedanjem izlivu v Muro (nekako pri Radgoni) vršaj in si je vrezala novo strugo, po kateri teče še sedaj, je le-ta prestregla murske pritoke (Pleničar, 1968). S tem je postala Ledava zanje lokalna erozijska baza in je od tedaj vplivala na vodni režim vseh teh potokov.



Slika 14: Glavna porečja v Krajinskem parku Goričko (Vodna telesa..., 2006)

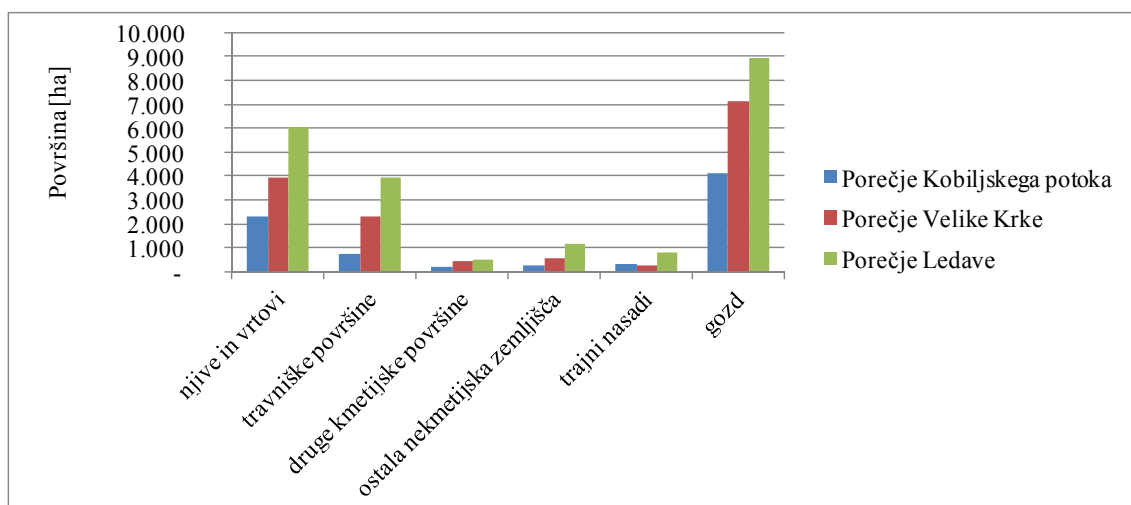
Figure 14: Main river basins in the Goričko Landscape Park (Vodna telesa..., 2006)

Po podatkih Vodna telesa... (2006), Krajinski park Goričko razdelimo na tri glavna porečja (slika 14), ki pripadajo porečju reke Mure, vse skupaj pa pripada Podonavju. Severozahodni in osrednji del zavzema porečje Ledave. Severovzhodni del odvodnjavata Velika Krka in Kobiljski potok.

Porečje reke Ledave pokriva 21,4 km<sup>2</sup> (46.3%) Krjinskega parka Goričko, porečje Velike Krke pokriva 14,6 km<sup>2</sup> (31.6%) med tem ko Kobiljski potok pokriva območje 7,9 km<sup>2</sup> (17%). Skupna dolžina vseh tekočih voda v Krajinskem parku Goričko je 664 km, od tega 309 km pripada Poledavju, 95 km porečju Velike Krke, ostalo pa pripada povodju Kobiljskega potoka. Ta tri povodja skupaj pokrivajo skoraj 95% površine Krajinskega parka Goričko.

### 3.1.5 Raba zemljišč

Pri primerjavi strukture rabe zemljišč (slika 15) med posameznimi porečji smo ugotovili določene razlike. Delež gozda narašča od zahoda kjer gozd v porečju Ledave predstavlja 42% rabe zemljišč, prek porečja Velike Krke, kjer gozd predstavlja 49% rabe zemljišč do vzhoda kjer v porečju Kobiljskega potoka gozd predstavlja že 52% rabe tal. V porečju Kobiljskega potoka je bistveno manjši delež travniških površin (9%), med tem ko je ta delež v porečju Velike Krke 16% in v porečju Ledave 18%. V ostalih kategorijah rabe zemljišč ni bistvenih razlik med porečji.

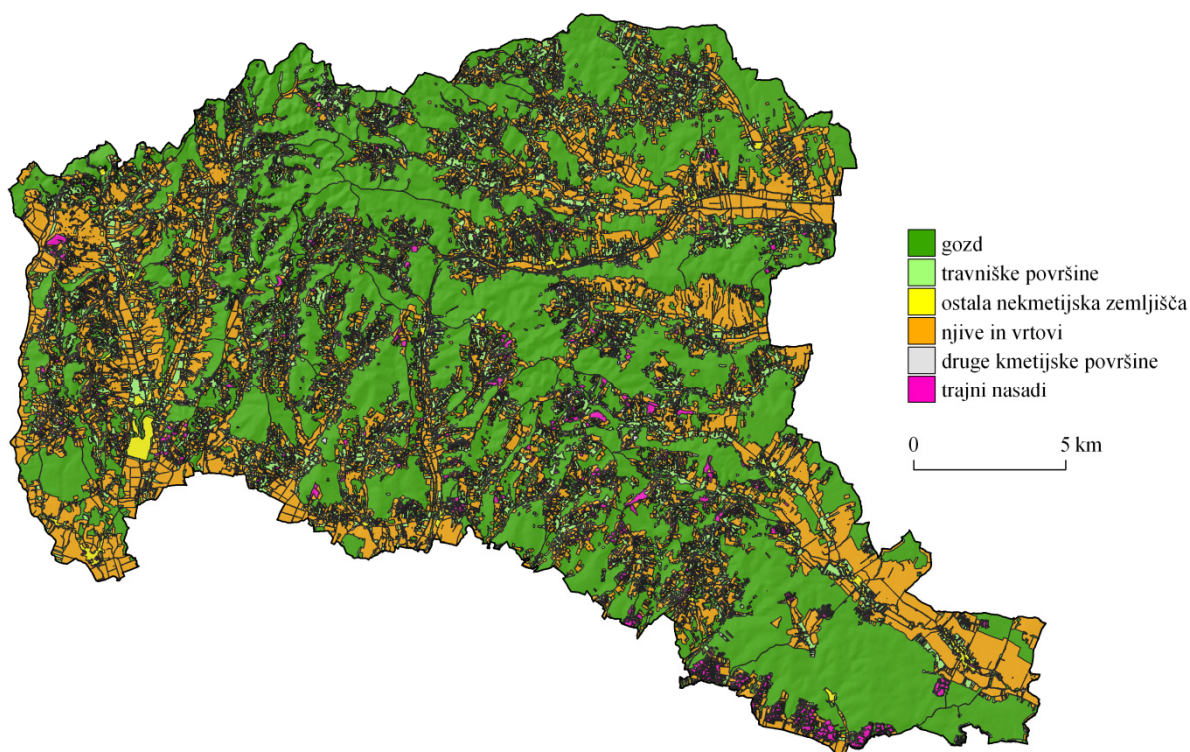


Slika 15: Raba zemljišč [ha] po porečjih v Krajinskem parku Goričko

Figure 15: Land use [ha] in the Goričko Landscape Park river basins

Na območju Krajinskega parka Goričko ni naravnih jezer, pač pa so z zaježitvami potokov nastali vodni zadrževalniki: Ledavsko jezero na Ledavi s površino 91 ha, Bukovniško jezero na Bukovniškem potoku s površino 7 ha, Hodoško jezero s površino 5,4 ha in Križevsko jezero s površino 2,5 ha.

Krajinski park Goričko pokriva 46,3 km<sup>2</sup> površine. Slika 16 predstavlja rabo zemljišč v Krajinskem parku Goričko. Največji delež (46 %) tako predstavlja gozd, 29 % površin je njiv in vrtov, 16 % je travnikov, 3 % predstavljajo ostale kmetijske površine, prav tako 3 % predstavljajo trajni nasadi, med tem ko 4 % predstavljajo ostale nekmetijske površine. V literaturi ne najdemo natančnega podatka o rabi zemljišč v Krajinskem parku Goričko. Statistični urad Republike Slovenije (Pokrovnost tal, 2005) ugotavlja, da je na nivoju občin pokrovnost tal z gozdom v Krajinskem parku Goričko 5 do 65%, Kaligarič in sod. (2008) pa navajajo, da je gozda manj kot 41%.

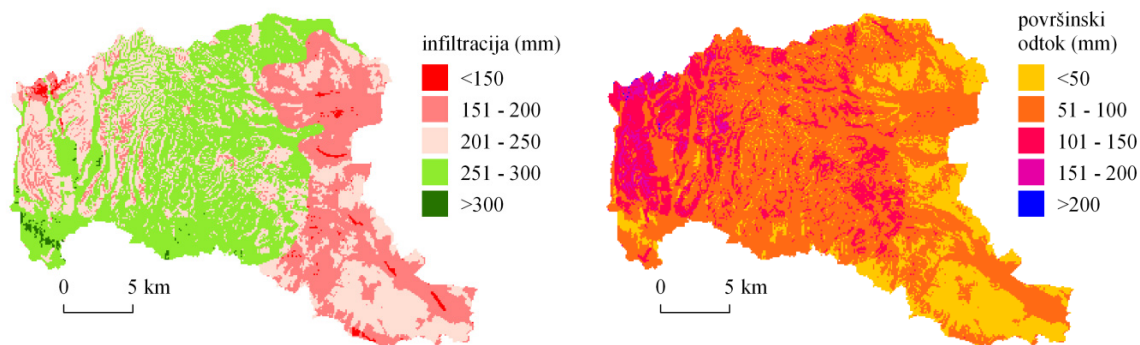


Slika 16: Raba zemljišč v Krajinskem parku Goričko (Karta raba tal, 2009)

Figure 16: Land use in the Goričko Landscape Park (Karta raba tal, 2009)

### 3.1.6 Infiltracija in površinski odtok

Infiltracijo in površinski odtok predstavljamo na sliki 17. Infiltracija je najmanjša na vzhodu (109 mm) in na severozahodnem delu Krajinskega parka Goričko, največja (303 mm) je pa na skrajnem severovzhodnem in jugozahodnem delu. Površinski odtok se zmanjšuje od zahoda proti vzhodu Krajinskega parka Goričko. Največji površinski odtok je ocenjen na 223 mm, najmanjši pa na 22 mm.



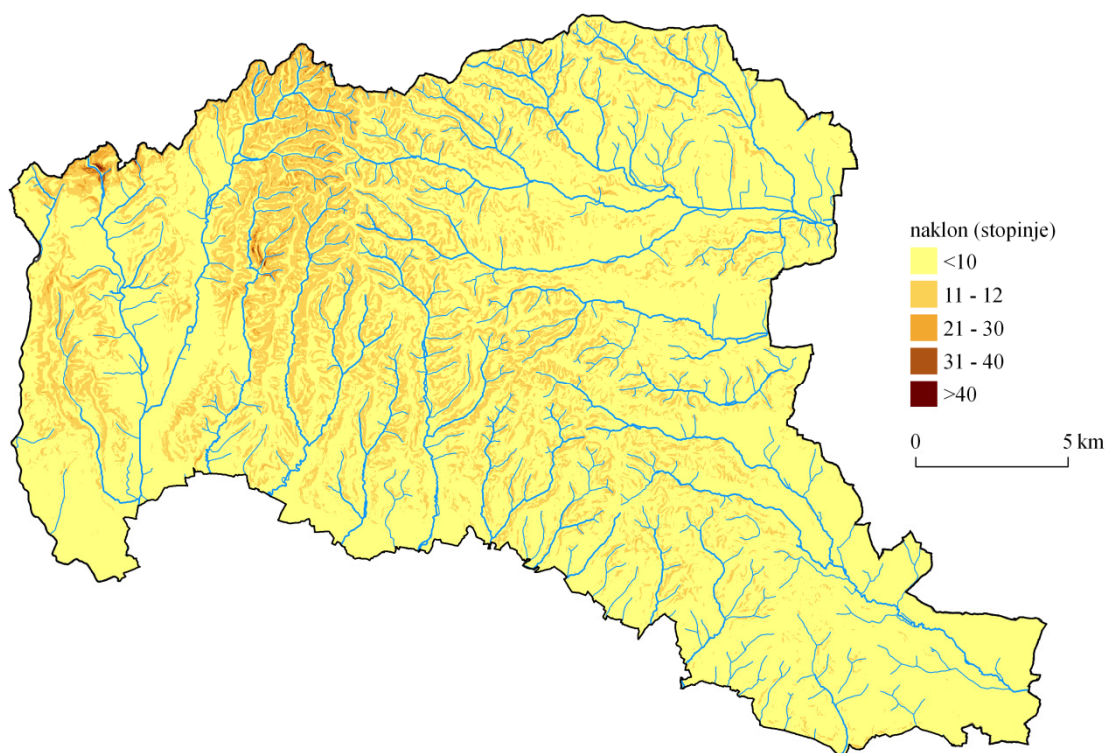
Slika 17: Karta infiltracije in karta površinskega odtoka v Krajinskem parku Goričko (Karta infiltracije, 2004 in Karta površinskega odtoka, 2004)

Figure 17: Map of the infiltration and Map of the surface runoff in the Goričko Landscape Park (Karta infiltracije, 2004 in Karta površinskega odtoka, 2004)

### 3.1.7 Naklon reliefa

Krajinski park Goričko je rahlo zaobljen svet, katerega griči in hrbti imajo povprečno višino med 300 in 350 m nadmorske višine, vmesne doline in nižine pa večinoma 220 do 260 m. Najvišji vrh se nahaja na skrajnem severozahodu (geotektonska enota Južni Burglandski prag) Sotinski breg ali Kugla z nadmorsko višino 418 m.

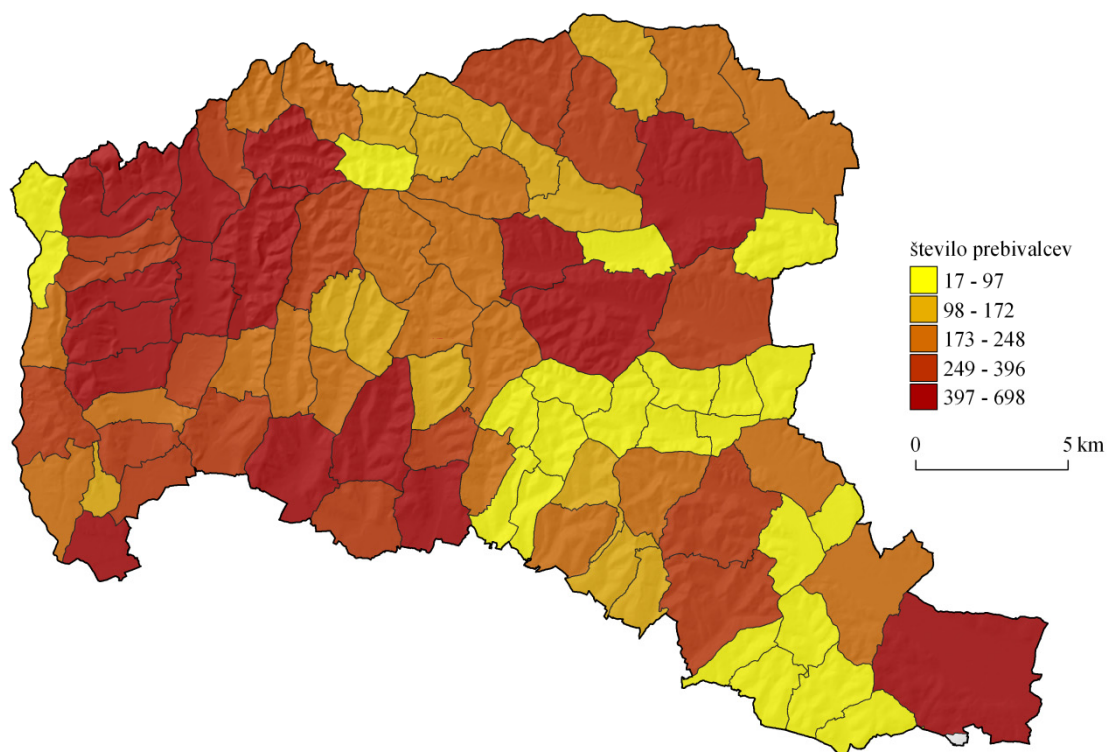
Na zahodu oziroma v Poledavju so griči bolj strmi (tudi nad 40 stopinj), med tem ko so na vzhodu griči položnejši, z naklonom pod 10 stopinj. Naklon Krajinskega parka Goričko je prikazan na sliki 18.



Slika 18: Karta naklona reliefa Krajinskega parka Goričko (Digitalni model višin 125, 2001)  
*Figure 18: Slope map of the Goričko Landscape Park (Digitalni model višin 125, 2001)*

### 3.1.8 Prebivalstvo

Po podatkih (Centralni register prebivalstva, 2009) je na raziskovalnem področju Krajinskega parka Goričko, na dan 4. marec 2009 živelo skupaj 19.391 prebivalcev. Slika 19 prikazuje število prebivalcev po katastrskih občinah. Gostota prebivalcev se od zahoda proti vzhodu zmanjšuje. V porečju reke Ledave Krajinskega parka Goričko živi 0,61 prebivalca na ha, v porečju Velike Krke 0,30 in v porečju Kobiljskega potoka le 0,23 prebivalca na ha.



Slika 19: Število prebivalcev po katastrskih občinah v Krajinskem parku Goričko

Figure 19: Population by individual cadastral communities in the Goričko Landscape Park

## 4 REZULTATI IN DISKUSIJA

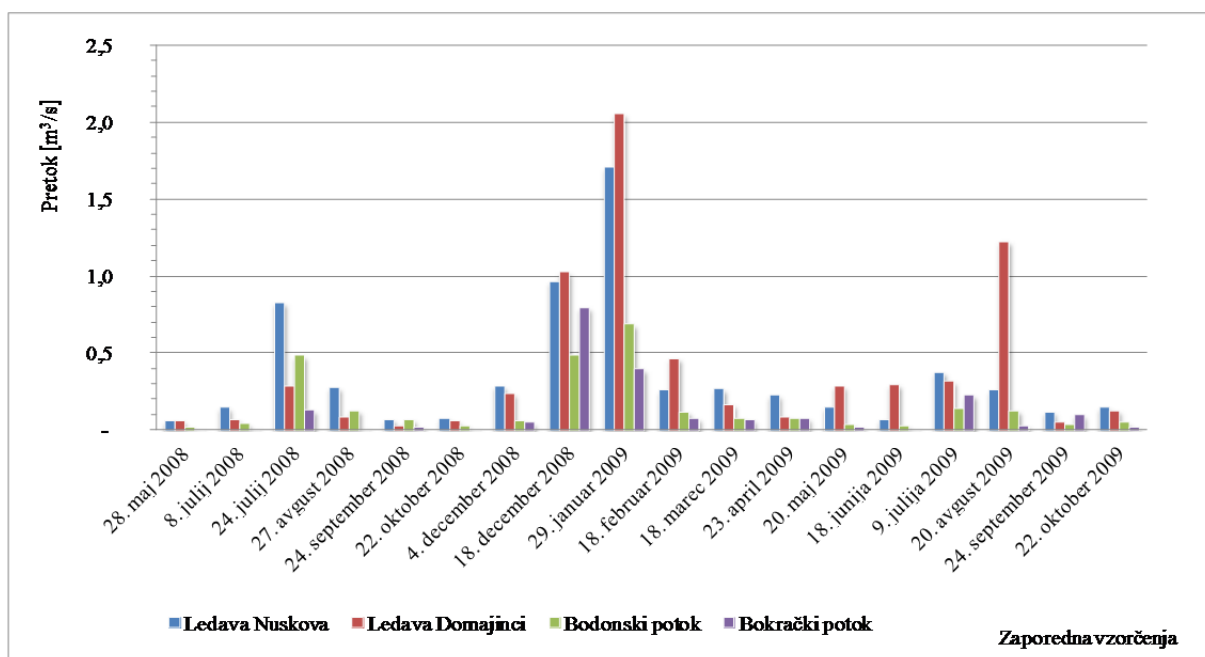
Kakovost tekočih voda v Krajinskem parku Goričko smo ocenili na osnovi podatkov monitoringa, od katerega zasnovo smo podrobneje predstavili v poglavju 2.4. Rezultate terenskih meritev in rezultate kemijske analize predstavljamo v prilogah od A do K po odvzemnih mestih. Meritve v okviru doktorske disertacije smo izvajali v eno in pol letnem ciklusu (18 meritev) kot redne meritve in kot izredne meritve. Izredne meritve smo izvedli v času izrednih padavinskih dogodkov, to je v času večdnevnihih intenzivnih padavin. Ločeno od meritev smo izvedli oceno virov dušikovih in fosforjevih spojin po posameznih porečjih, kjer smo uporabili podatke, ki smo jih pridobili iz uradnih evidenc in ki so podrobno predstavljeni v poglavju 3.1.

V poglavju 4.1 najprej predstavljamo rezultate po mestih odvzema vzorcev po porečjih (glej sliko 15): porečje Ledave (vzorčevalne točke 5, 6, 7 in 9), porečje Velike Krke (1, 2, 3 in 8) in porečje Kobiljskega potoka (4, 10 in 11). V poglavju 4.2 primerjamo porečja Ledave, Velike Krke in Kobiljskega potoka po bremenu onesnaženja. V poglavju 4.3 predstavljamo podatke o izrednih meritvah. V poglavju 4.4. ocenjujemo vire dušikovih in fosforjevih spojin po posameznih porečjih.

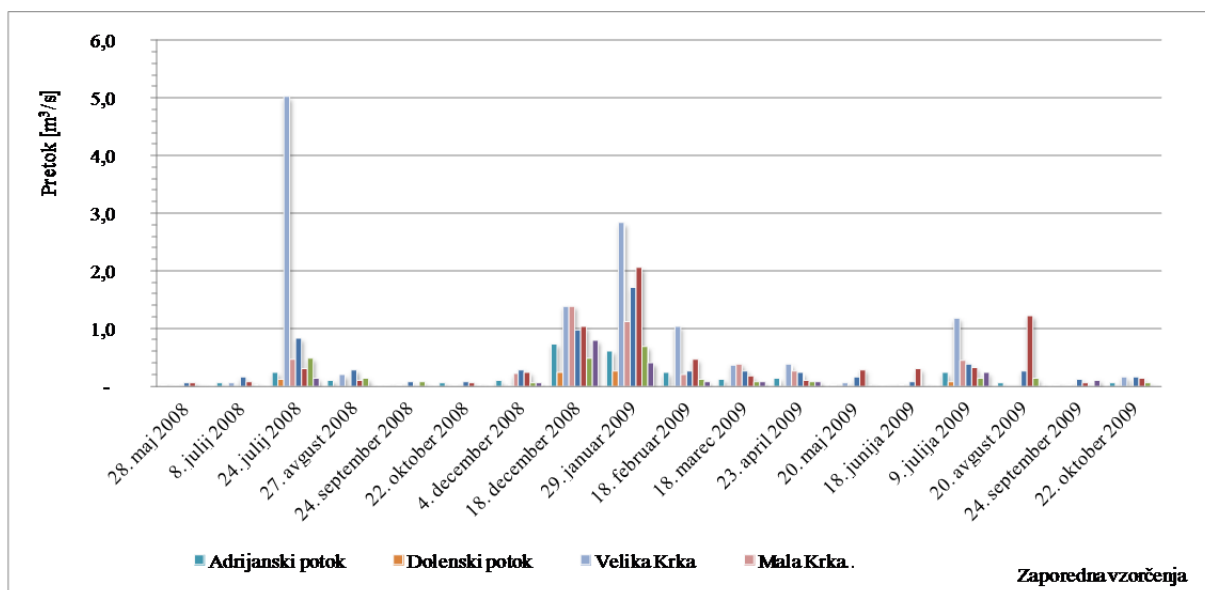
### 4.1 Rezultati po parametrih po porečjih

#### 4.1.1 Pretok

Za vodotoke na katerih je potekala raziskava, so značilni majhni pretoki. Pretok na posameznih mestih vzorčevanja prikazujemo na slikah 20 do 22 in v preglednici 4. Pretočne krivulje za posamezna mesta vzorčevanja so prikazane v prilogah od M do Z. Vzorcevali smo po vnaprej določeni časovnici, zato so pretoki v okviru rednega vzorčevanja bili slučajni. Vsi potoki imajo hudourniški značaj. Vzorcevanja so v veliki večini (>90 %) potekala pri pretoku, ki je manjši od 0,5 m<sup>3</sup>/s. V obdobju poteka raziskave so bile količine padavin primerljive z dolgoletnim povprečjem (glej poglavje 3.1.3). Obdobje pred pričetkom raziskave je bilo sušno, zato je bil v okviru drugega vzorčevanja presušen Kobiljski potok. Nadpovprečno deževni so bili poletni meseci (junij, julij in avgust) v letu 2008 in julij 2009, saj je v juliju 2008 padlo 148 mm padavin. Iz letne količine padavin sklepamo, da so razmere bile primerljive z dolgoletnim povprečjem, z nekaterimi sezonskimi odstopanji v poletnih mesecih. Izmerjene podatke o pretokih za vzorčni mesti Ledava Nuskova in Velika Krka smo primerjali s podatki iz avtomatskih državnih hidroloških postaj (Državni hidrološki monitoring, 2014). Podatki o točkah vzorčevanja in o avtomatskih hidroloških postajah so prikazani na sliki 5. Korelacija  $[Q_{IZMERJEN}]/[Q_{DRŽAVNI\ MONITORING}]$ ,  $r^2$  je 0,96 za redne meritve, standardna deviacija je 0,4.



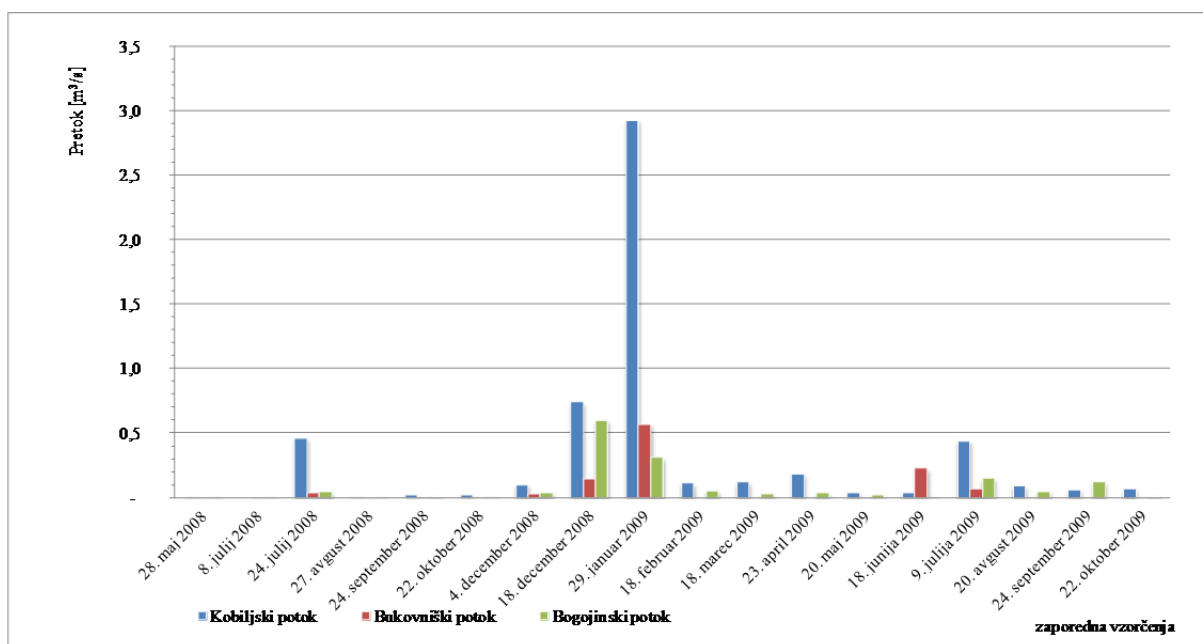
Slika 20: Pretok [ $m^3/s$ ] na mestih vzorčenja porečja Ledave v času vzorčenja  
Figure 20: Discharges [ $m^3/s$ ] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 21: Pretok [ $m^3/s$ ] na mestih vzorčenja porečja Velike Krke v času vzorčenja  
Figure 21: Discharges [ $m^3/s$ ] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time

V primerjavi porečij ugotavljamo, da se pretočnost potokov zmanjšuje od zahoda proti vzhodu. Najmanjšo pretočnost potokov ugotavljamo v porečju Kobiljskega potoka, kot posledico manjšega površinskega odtoka (glej poglavje 3.1.6) in manjše infiltracije.





Slika 22: Pretok [m<sup>3</sup>/s] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 22: Discharges [m<sup>3</sup>/s] at sampling points of Kobiljski potok basin

Preglednica 4: Statistične vrednosti izmerjenih pretokov [m<sup>3</sup>/s] v času vzorčevanja  
Table 4: Statistical value of measured flow [m<sup>3</sup>/s] in sampling time

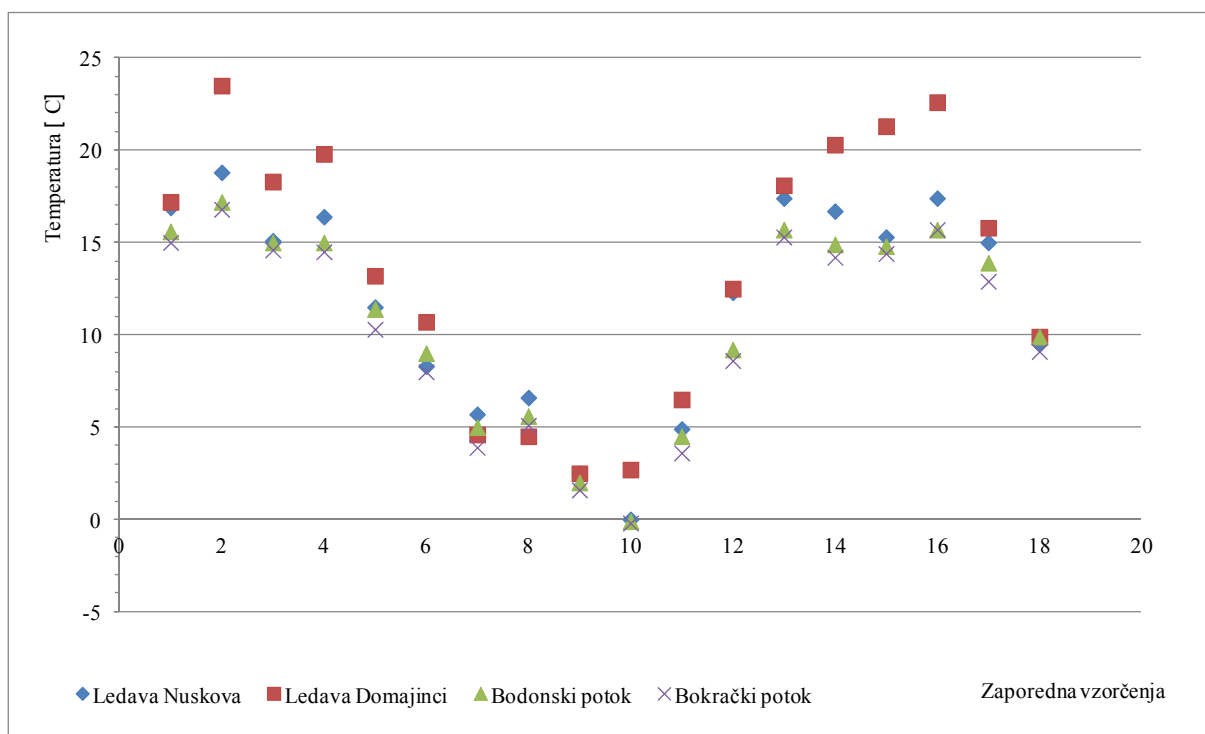
Pretok [m <sup>3</sup> /s]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečni pretok	0,35	0,39	0,15	0,12	0,16	0,05	0,72	0,25	0,32	0,06	0,08
Mediana	0,25	0,21	0,08	0,04	0,08	0,01	0,11	0,01	0,09	0,01	0,03
Maksimalna	1,71	2,06	0,69	0,80	0,73	0,26	5,02	1,39	2,93	0,57	0,60
Minimalna	0,06	0,03	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Standardna deviacija	0,42	0,53	0,19	0,20	0,20	0,08	1,30	0,40	0,70	0,14	0,15

Preglednica 5: Statistične vrednosti izmerjenih temperatur [°C] rečne vode v času vzorčevanja  
Table 5: Statistical value of measured temperature [°C] of river water in sampling time

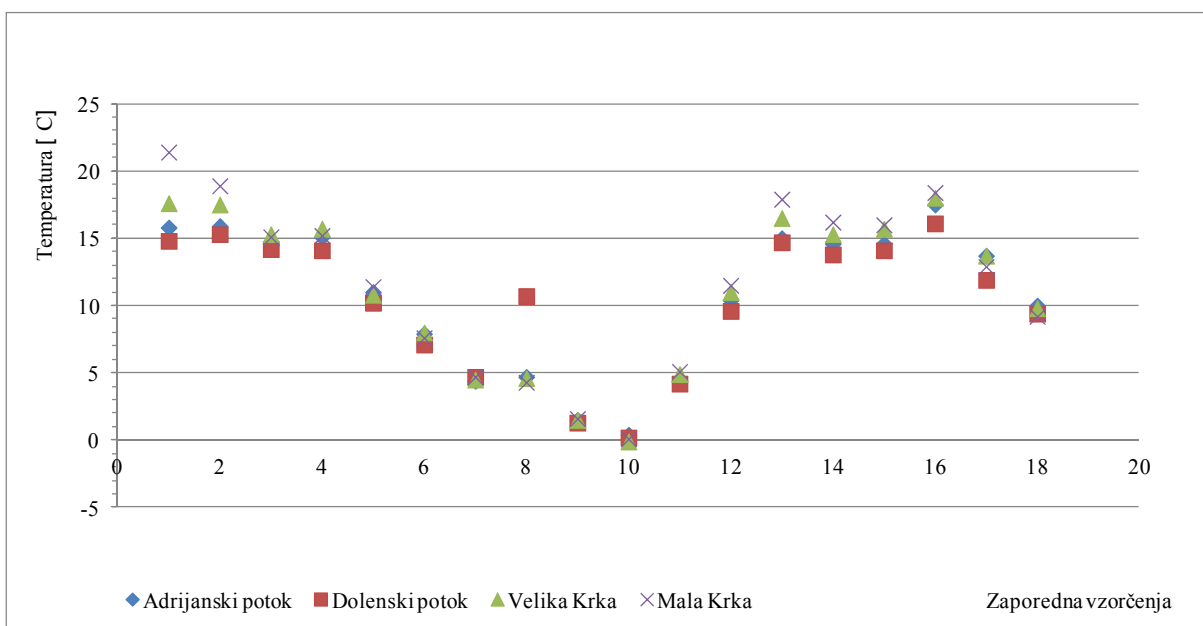
Temperatura [°C]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	11,68	13,56	10,79	10,19	10,63	10,36	11,13	11,53	11,99	11,28	10,84
Mediana	13,65	14,50	12,65	11,60	12,35	11,30	12,35	12,20	11,80	12,30	12,30
Maksimalna	18,80	23,50	17,20	16,80	17,50	16,10	18,00	21,40	25,60	18,20	18,00
Minimalna	0,00	2,50	-0,10	-0,20	0,40	0,20	-0,10	0,10	0,10	0,30	0,20
Standardna deviacija	5,80	7,12	5,39	5,43	5,45	4,97	5,93	6,42	6,92	5,68	5,65

#### 4.1.2 Temperatura vode

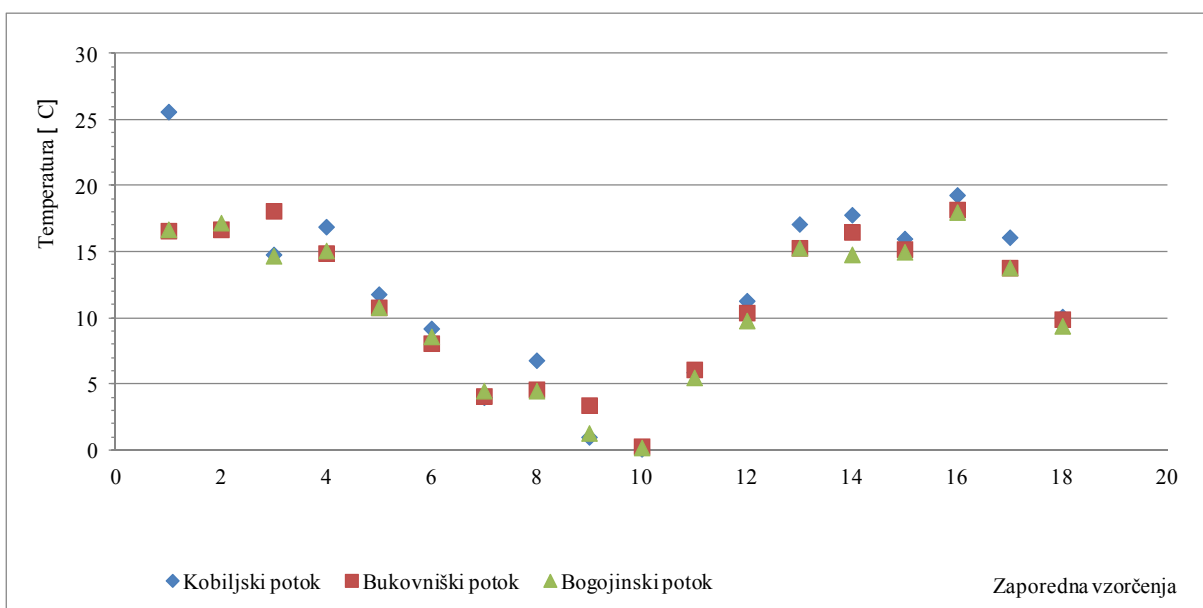
Visoka stopnja korelacije je za razmerje  $[T_{\text{ZRAKA}}]/[T_{\text{VODE}}]$ , ker je korelacija  $r^2$  praviloma višji od 0,9 in kaže na skromen toplotni potencial reke in na prevladujoč vpliv vremenskih razmer na razmere v reki. Izračun korelacij je podan v prilogi L. Slike od 23 do 25 in preglednica 5 prikazujejo temperaturo vode po posameznih porečjih po mestih vzorčevanja. Prikazane vrednosti prikazujejo izrazito sezonski vpliv, z minimum temperature rečene vode v februarju in z maksimum v juliju oziroma v avgustu. Povprečne mesečne temperature zraka so bile primerljive z dolgoletnim povprečjem, nekoliko toplejši so bili le spomladanski meseci (marec, april in maj). Temperatura vode po porečjih je primerljiva. Nekoliko odstopa le temperatura vode na vzorčevalnem mestu na Ledavi v Domajincih. Na tem mestu vzorčevanja beležimo višjo izmerjeno povprečno temperaturo kot posledico segrevanja vode v umetnem zadrževalniku Ledavsko jezero.



Slika 23: Temperatura [°C] vode na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 23: Water temperature [°C] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



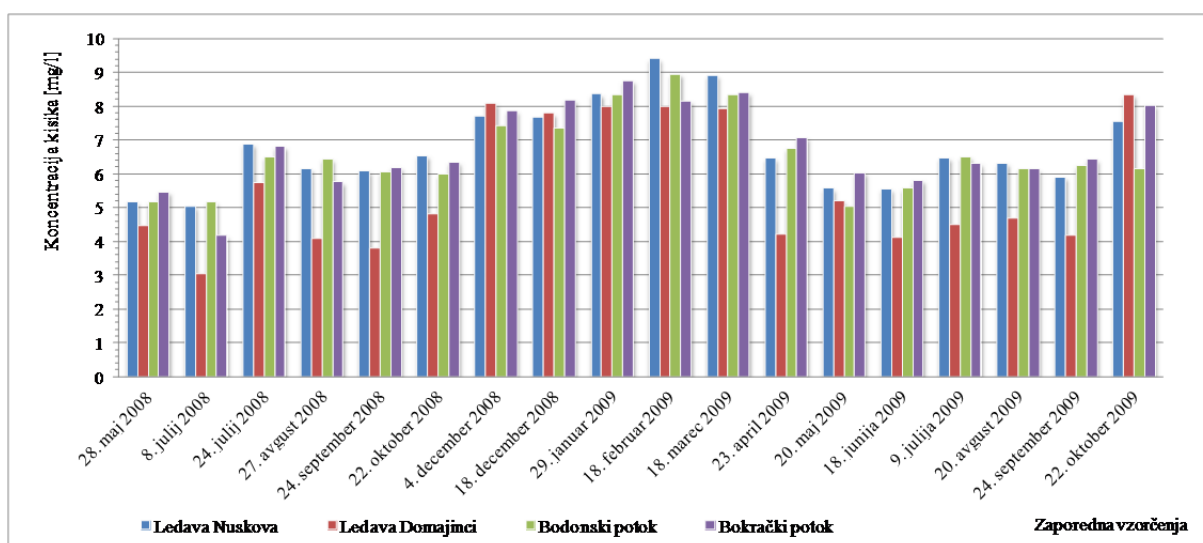
Slika 24: Temperatura [°C] vode na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 24: Water temperature [°C] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 25: Temperatura vode [°C] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 25: Water temperature [°C] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

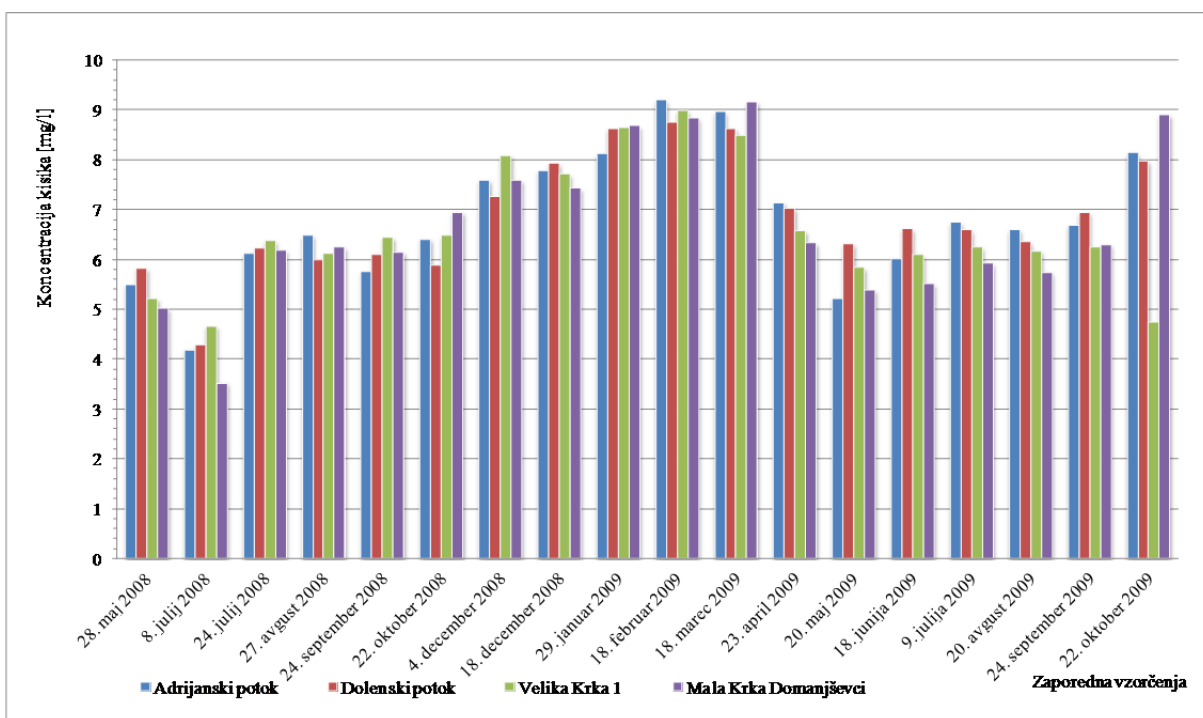
### 4.1.3 Koncentracija kisika

Na slikah 26 do 28 in v preglednici 6 prikazujemo vsebnost raztopljenega kisika v vodi po porečjih in na vzorčevalnih mestih. Temperatura rečne vode je odvisna od letnega časa, zato ugotavljamo največje koncentracije kisika v rečni vodi v zimskem času in s tem prevladujoč vpliv vremenskih razmer na razmere v rekah na območju Krajinskega parka Goričko. Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je namreč odvisna od temperature vode: topnost kisika v vodi narašča s padanjem temperature vode. To dokazujemo s korelacijo  $[T_{\text{VODE}}]/[C_{\text{KISKA}}]$ ,  $r^2$  je praviloma manjši od - 0,5 kar je dokaz, da koncentracija kisika v rečni vodi narašča z nižanjem temperature rečne vode in obratno. Izračun korelacij je podan v prilogi L. Kisikove razmere po porečjih so primerljive, odstopajo le kisikove razmere na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci kot posledica zadrževanja vode v umetnem zadrževalniku Ledavsko jezero. Razmere s kisikom v rekah praviloma ne ustrezajo kriterijem določenih z Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib za salmonidne vode.

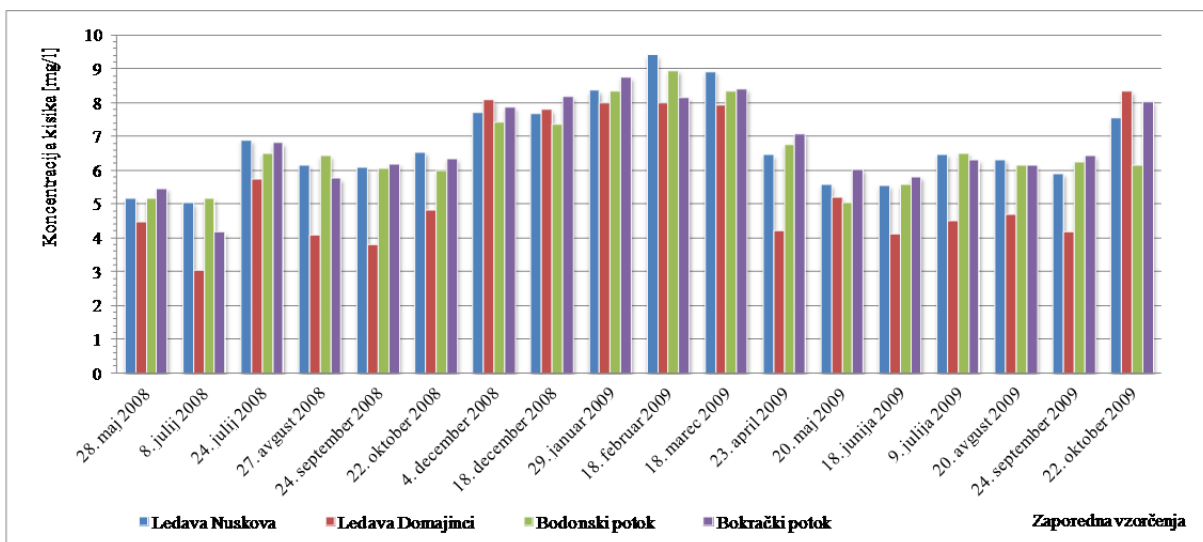


Slika 26: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Ledave v času vzorčevanja

Figure 26: Dissolved oxygen concentration [mg/l] of Ledava river basin in sampling time



Slika 27: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Velike Krke v času vzorčenja  
Figure 27: Dissolved oxygen concentration [mg/l] of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 28: Koncentracija raztopljenega kisika [mg/l] v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčenja  
Figure 28: Dissolved oxygen concentration [mg/l] of Kobiljski potok river basin in sampling time

Preglednica 6: Statistične vrednosti za izmerjeno koncentracijo raztopljenega kisika [mg/l] v času vzorčevanja

Table 6: Statistical value of measured oxygen concentration [mg/l] in sampling time

Koncentracija kisika [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojnski potok
Povprečna	6,76	5,60	6,56	6,77	6,83	6,86	6,63	6,67	7,08	6,33	6,88
Mediana	6,46	4,74	6,34	6,38	6,66	6,62	6,32	6,28	6,73	6,11	6,44
Maksimalna	9,40	8,33	8,95	8,75	9,21	8,75	9,00	9,18	9,40	8,63	9,80
Minimalna	5,03	3,04	5,04	4,17	4,20	4,29	4,67	3,53	5,24	3,80	4,07
Standardna deviacija	1,26	1,84	1,13	1,23	1,31	1,17	1,28	1,53	1,28	1,27	1,40

Preglednica 7: Statistične vrednosti za izmerjene pH vrednosti v času vzorčevanja

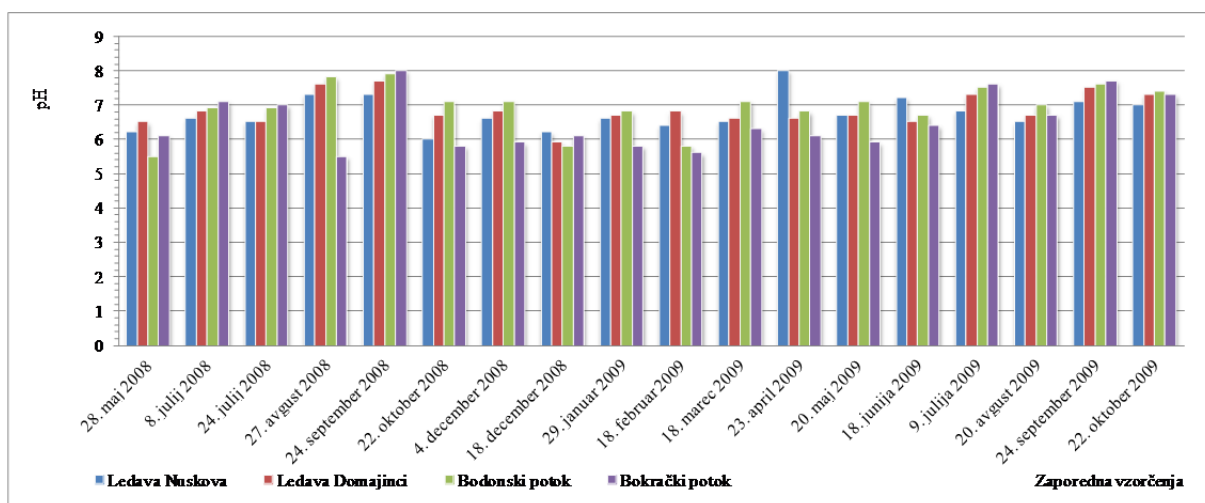
Table 7: Statistical value of measured pH in sampling time

pH	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojnski potok
Povprečna	6,75	6,84	6,93	6,49	6,57	6,53	6,64	6,78	6,89	6,87	7,04
Mediana	6,60	6,70	7,05	6,20	6,30	6,40	6,50	6,65	6,80	6,90	7,05
Maksimalna	8,00	7,70	7,90	8,00	7,80	7,40	7,40	7,60	7,50	7,50	7,60
Minimalna	6,00	5,90	5,50	5,50	5,20	5,00	5,80	5,90	6,30	5,60	6,30
Standardna deviacija	0,49	0,46	0,66	0,78	0,67	0,65	0,49	0,47	0,42	0,52	0,41

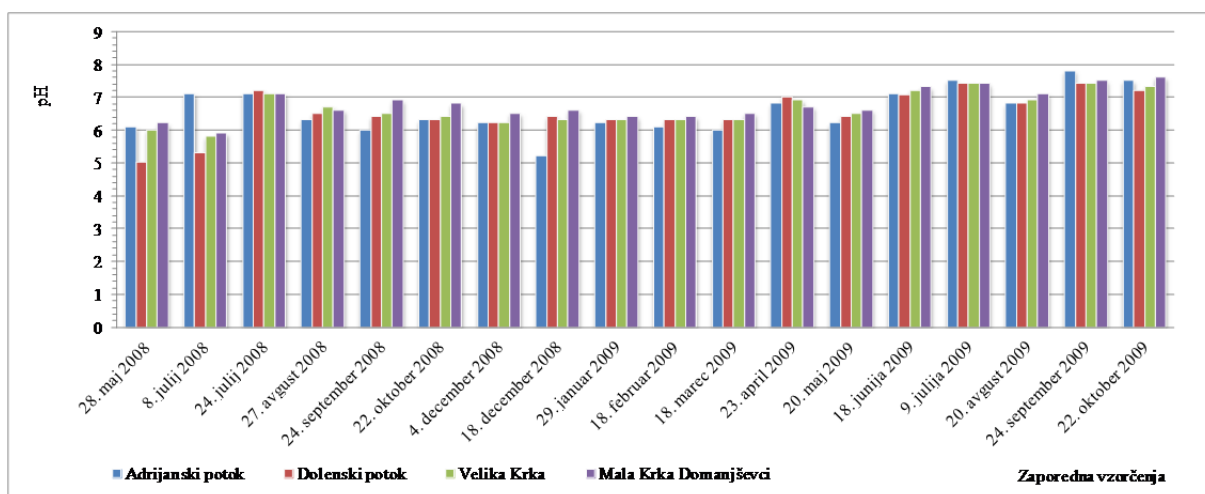
Nasičenost s kisikom ni bila izmerjena

#### 4.1.4 Reakcija vode oz. pH

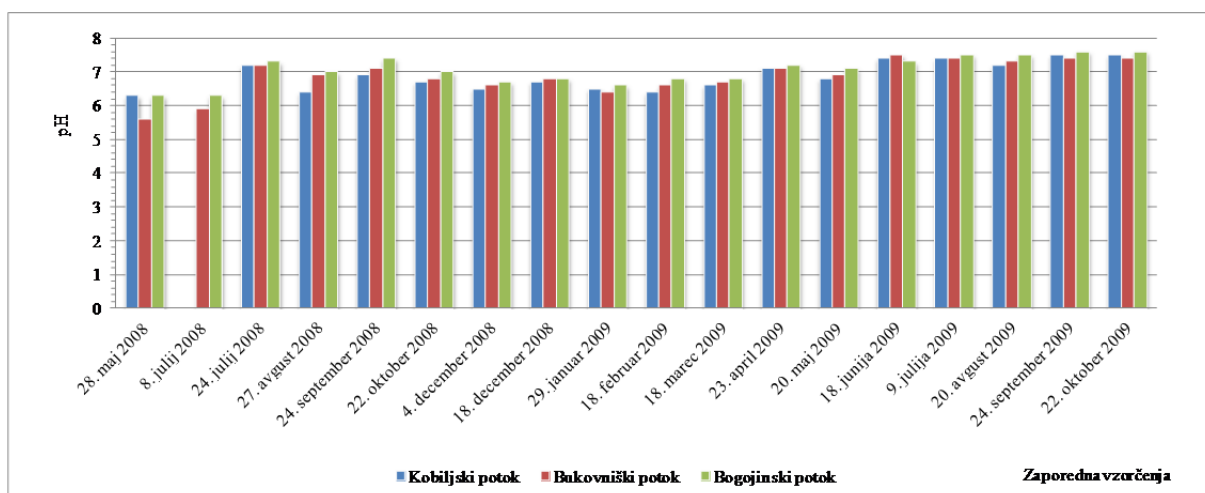
Slike 29 do 31 in preglednica 7 prikazujejo pH vode in kažejo na kisle do nevtralne razmere kot posledica nekarbonatne podlage (glej poglavje 3.1.2). Ker značilnih korelacij z drugimi parametri nismo dokazali, sklepamo da prevladujoč vpliv na pH razmere predstavlja geološko pedološka podlaga. V času vzorčevanja so bile pH razmere ustrezne glede na kriterije, določene z Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib, kjer je mejna vrednost za salmonidne vode od 6 do 9. Na celotnem raziskovalnem področju vladajo podobne razmere, saj so izmerjene vrednosti pH primerljive.



Slika 29: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 29: Reaction or pH at sampling points of Ledava river basin



Slika 30: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 30: Reaction or pH at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



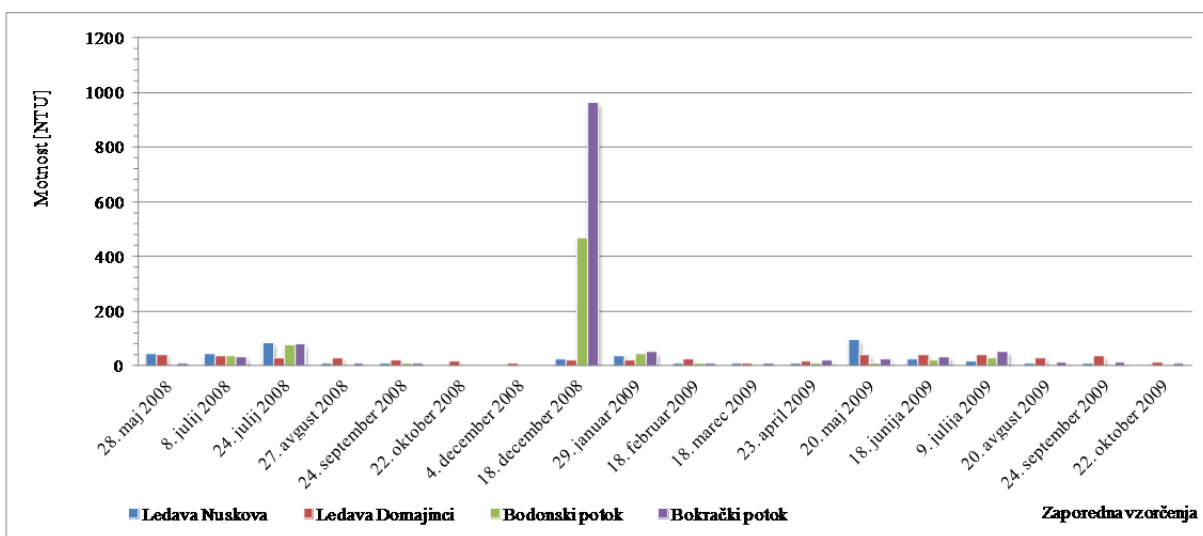
Slika 31: Reakcija ali vrednosti pH na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

Figure 31: Reaction or pH at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

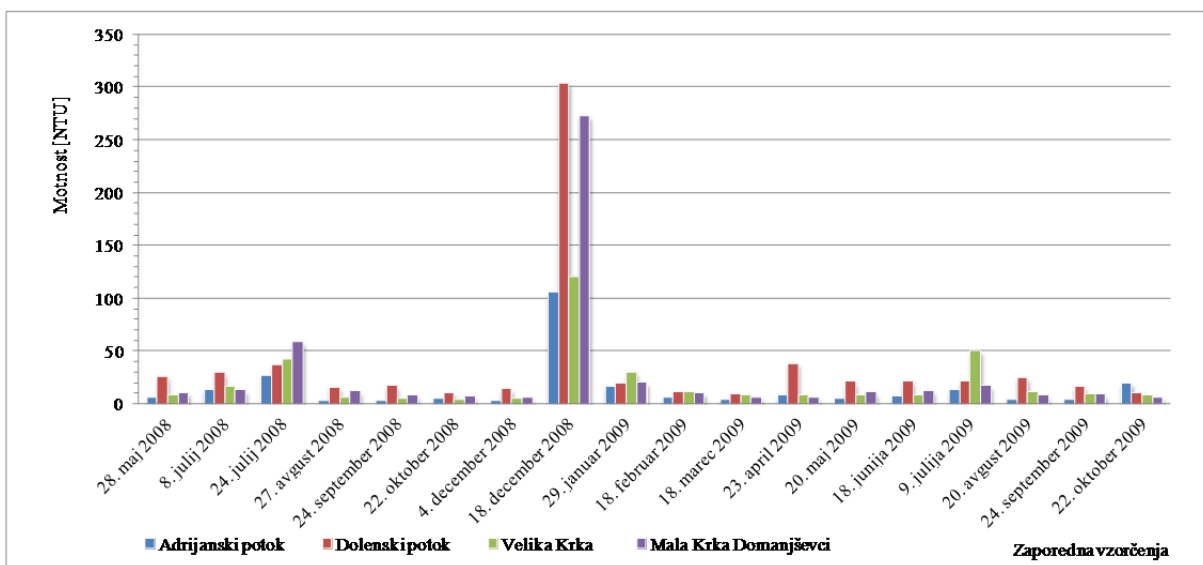
#### 4.1.5 Motnost

Motnost je posledica suspendiranih in koloidnih delcev ter drugih mikroskopskih delcev kakor tudi organskih snovi v vodi. Logična je visoka stopnja korelacije za razmerje [MOTNOST]/[SUSPENDIRANE SNOVI],  $r^2 > 0,9$ . Visoka stopnja korelacije je značilna tudi za odnos [MOTNOST]/[PRETOK],  $r^2 > 0,5$ . Izračun korelacij je podan v prilogi L. Ta odnos ni značilen za mesto vzorčevanja Ledava Domanjinci, kot posledica usedanja in akumulacije delcev v umetnem zadrževalniku Ledavsko jezero. Izmerjene vrednosti prikazujemo na slikah 32 do 34 in v preglednici 8.

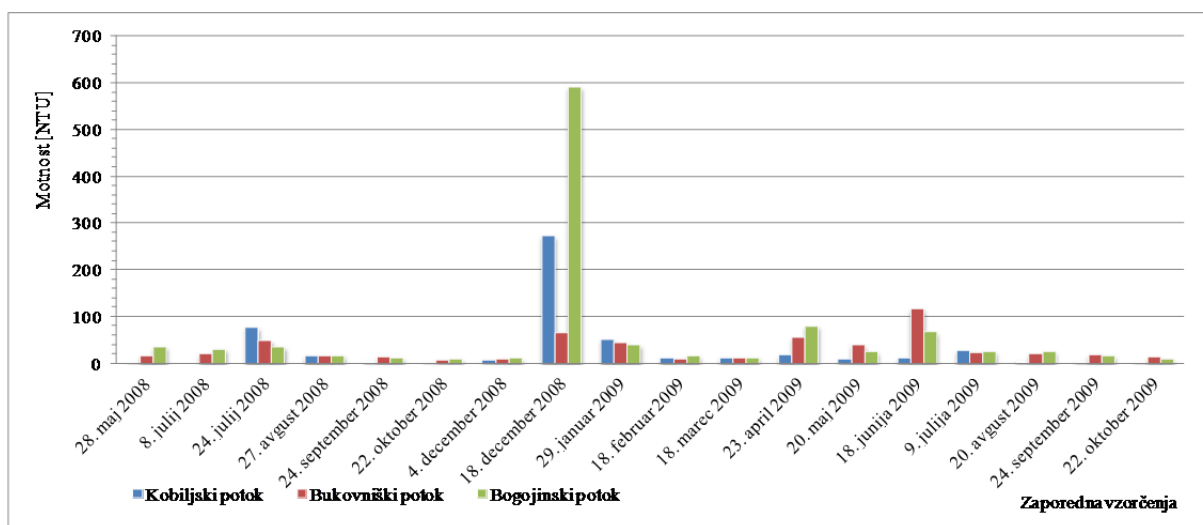




Slika 32: Motnost [NTU] na mestih vzorčenja v porečju Ledave v času vzorčenja  
Figure 32: Turbidity [NTU] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 33: Motnost [NTU] na mestih vzorčenja v porečju Velike Krke v času opazovanja  
Figure 33: Turbidity [NTU] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 34: Motnost [NTU] na mestih vzorčenja v porečju Kobiljskega potoka v času opazovanja  
Figure 34: Turbidity [NTU] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

Preglednica 8: Statistične vrednosti za izmerjeno motnost [NTU] v času vzorčenja

Table 8: Statistical value of measured turbidity [NTU] in sampling time

Motnost (NTU)	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	25,85	26,71	42,46	75,84	14,00	35,76	19,84	27,19	31,26	30,56	58,54
Mediana	9,94	27,15	7,99	14,03	5,89	20,13	8,28	10,31	10,82	19,54	24,50
Maksimalna	94,70	42,80	471,00	963,00	106,00	303,00	120,00	272,00	273,00	117,00	592,00
Minimalna	4,83	9,26	4,53	5,78	2,81	8,82	4,31	5,76	1,57	7,60	8,04
Standardna deviacija	27,06	11,39	108,64	222,33	23,88	67,23	28,21	62,27	65,34	27,85	134,55

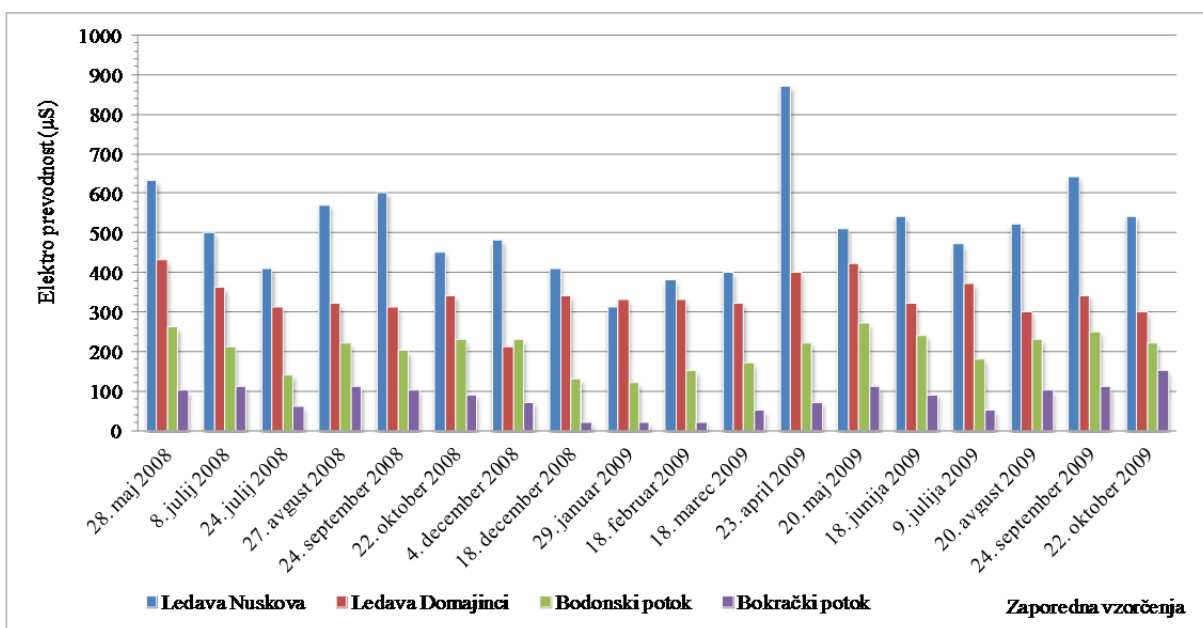
Preglednica 9: Statistične vrednosti za izmerjeno elektroprevodnost [ $\mu\text{S}$ ] v času vzorčenja

Table 9: Statistical value of measured electroconductibility [ $\mu\text{S}$ ] in sampling time

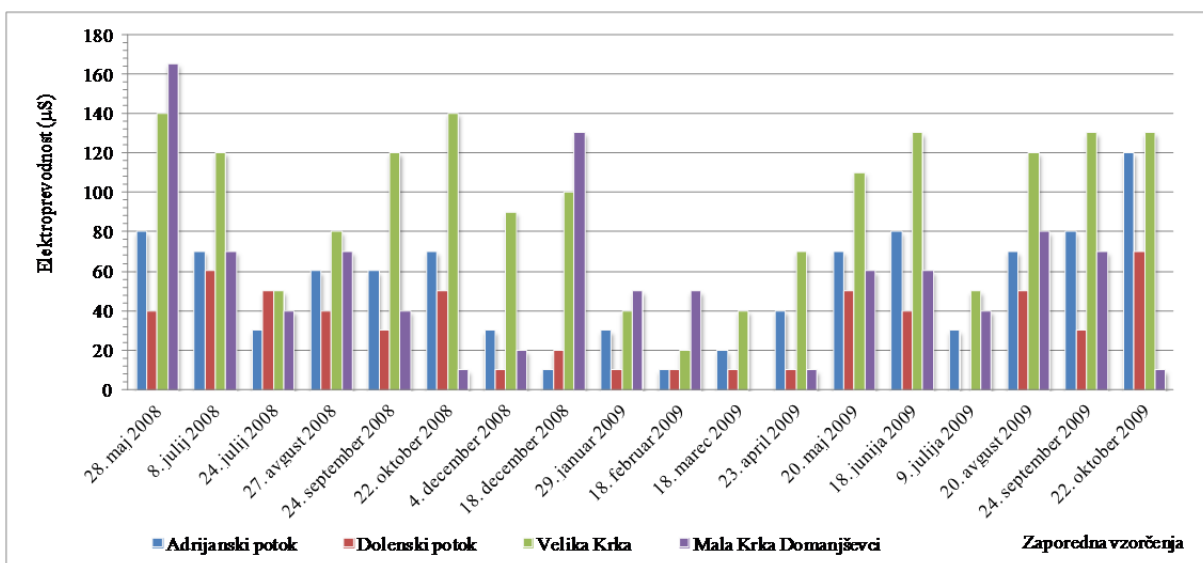
Elektro prevodnost ( $\mu\text{S}$ )	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	512,78	336,17	203,89	79,44	53,33	32,22	93,33	54,17	84,00	73,89	90,28
Mediana	505,00	330,00	220,00	90,00	60,00	35,00	105,00	50,00	80,00	75,00	70,00
Maksimalna	870,00	430,00	270,00	150,00	120,00	70,00	140,00	165,00	150,00	150,00	520,00
Minimalna	310,00	210,00	120,00	20,00	10,00	0,00	20,00	0,00	20,00	0,00	5,00
Standardna deviacija	125,92	49,94	45,39	36,86	29,70	20,74	39,41	42,09	37,71	47,67	114,87

#### 4.1.6 Elektro prevodnost

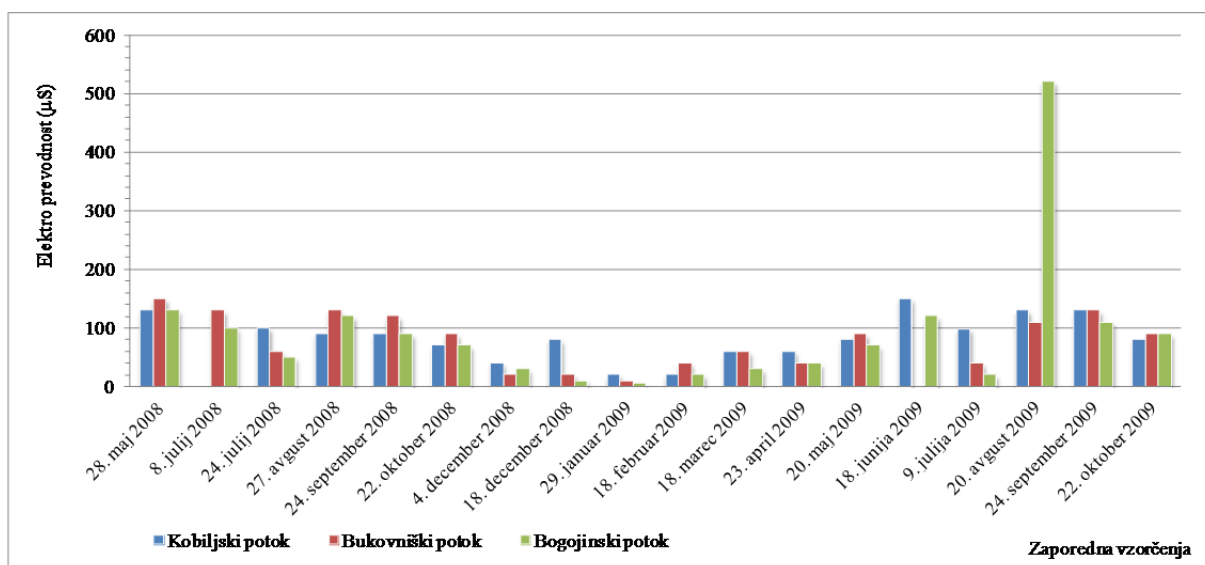
Izmerjene vrednosti za elektroprevodnost so po porečjih in po posameznih vzorčevalnih mestih različne. Ker je vodni režim potokov odvisen od količine padavin, je značilno, da so minimumi izmerjenih vrednosti za električno vrednost bili izmerjeni v času večjih pretokov. Dokaz za to je dovolj visoka korelacijska odvisnost [ELEKTRIČNA PREVODNOST]/[PRETOK],  $r^2 < - 0,5$ . Izračun korelacij je podan v prilogi L. Izmerjene vrednosti za elektroprevodnost so prikazane na slikah 35 do 37 in v preglednici 9.



Slika 35: Elektroprevodnost [µS] na mestih vzorčenja v porečju Ledave v času vzorčenja  
 Figure 35: Electro conductivity [µS] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 36: Elektroprevodnost [µS] na mestih vzorčenja v porečju Velike Krke v času vzorčenja  
 Figure 36: Electro conductivity [µS] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time

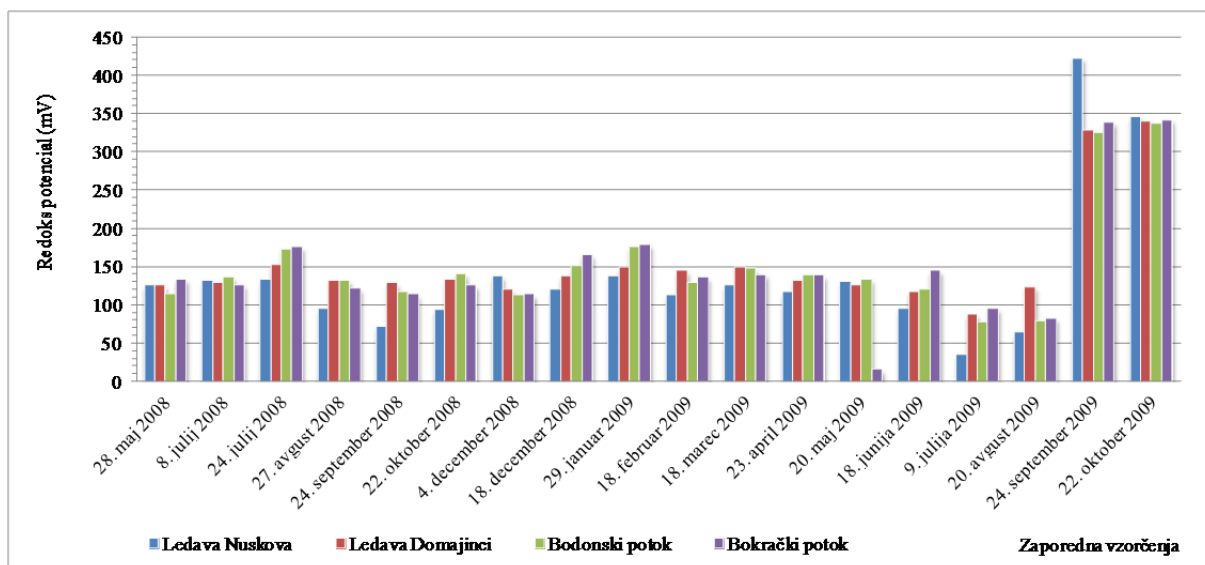


Slika 37: Elektroprevodnost [µS] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

Figure 37: Electro conductivity [µS] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

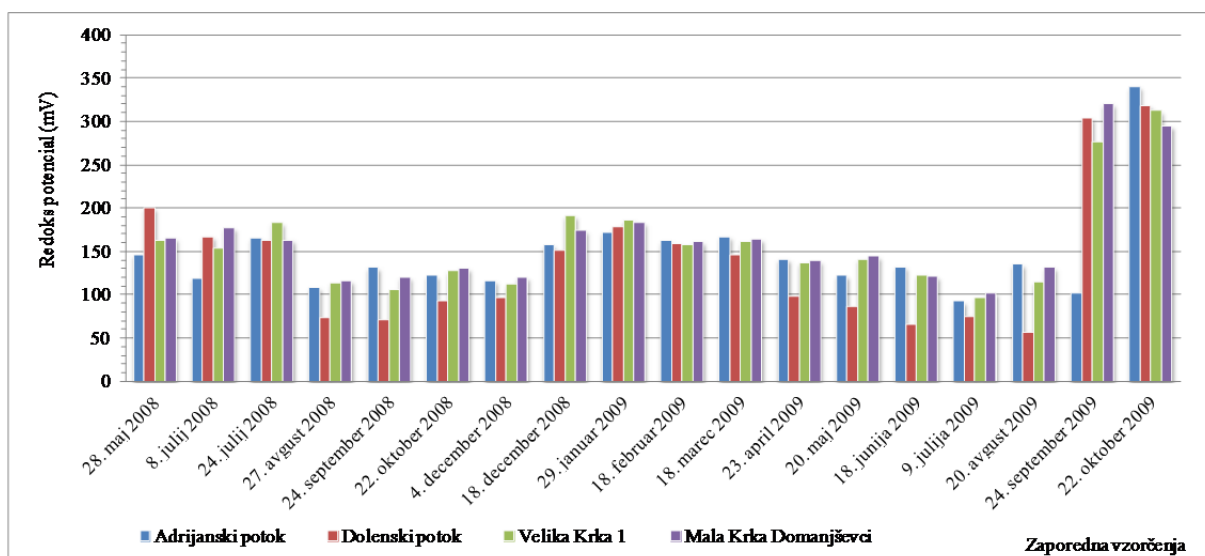
#### 4.1.7 Redoks potencial

Slike 38 do 40 in preglednica 10 prikazujejo izmerjene vrednosti za redoks potencial na vzorčevalnih mestih.

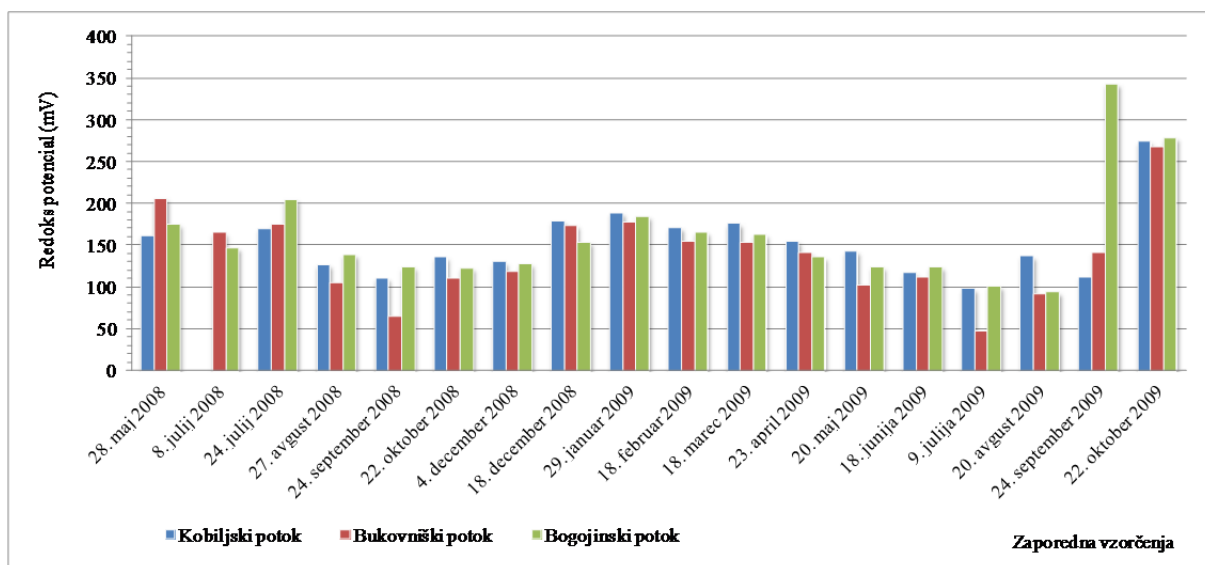


Slika 38: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja

Figure 38: Redox potential [mV] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



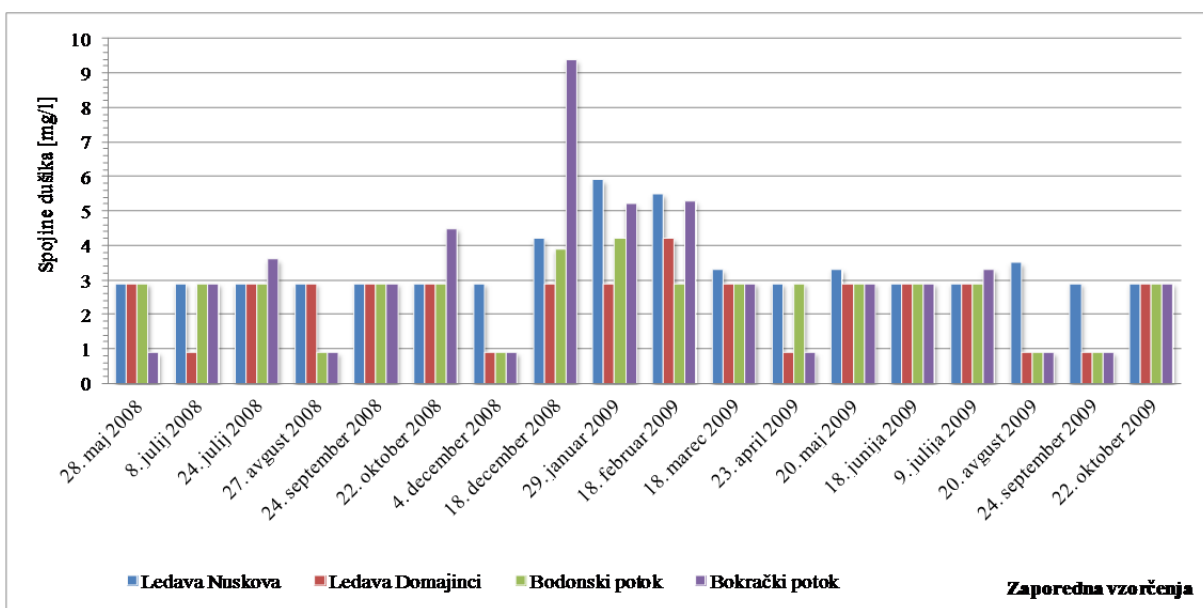
Slika 39: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
 Figure 39: Redox potential [mV] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



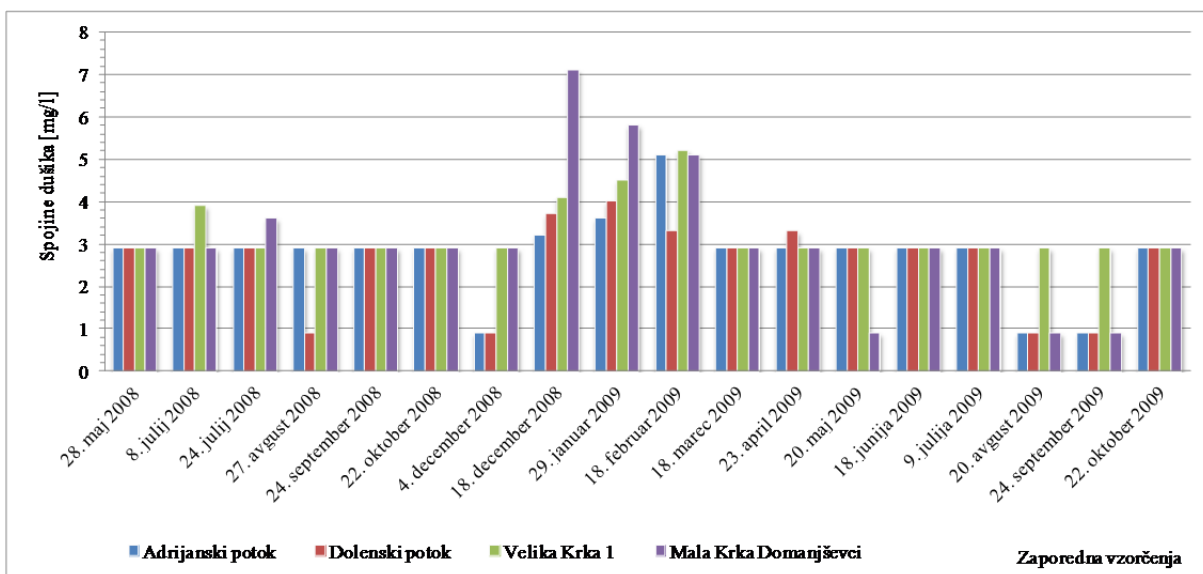
Slika 40: Redoks potencial [mV] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
 Figure 40: Redox potential [mV] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.1.8 Spojine dušika

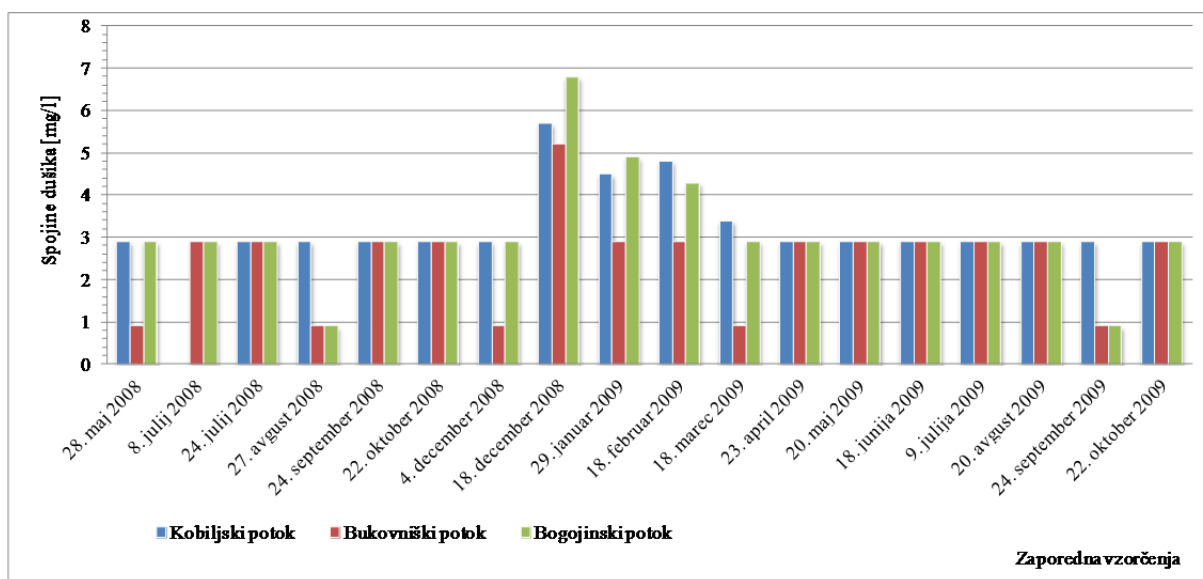
Izmerjene koncentracije spojine dušika ali skupni dušik prikazujemo na slikah 41 do 43 in v preglednici 11. Koncentracija skupnega dušika v časovnem obdobju poteka raziskave so dokaj stabilne (vzrok je v kemizmu dušika), z vrhom meritev od 8 (december 2008) do 10 (februar 2009) v vseh treh porečjih, kar je posledica obsežnejšega padavinskega obdobja s spiranjem dušika s kmetijskih površin.



Slika 41: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja  
 Figure 41: Total nitrogen [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 42: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja  
 Figure 42: Total nitrogen [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 43: Spojine dušika [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 43: Total nitrogen [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

Preglednica 10: Statistične vrednosti za izmerjeni redoks potencial [mV] v času vzorčevanja  
Table 10: Statistical value of measured redox potential [mV] in sampling time

Redoks potencial (mV)	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	137,89	152,67	151,72	148,67	146,06	138,78	158,39	162,50	152,18	139,44	161,67
Mediana	122,50	131,00	134,50	134,00	133,50	122,00	147,00	152,50	143,00	141,50	143,00
Maksimalna	422,00	340,00	337,00	341,00	340,00	318,00	312,00	320,00	274,00	268,00	343,00
Minimalna	34,00	87,00	77,00	15,00	92,00	57,00	97,00	102,00	98,00	47,00	94,00
Standardna deviacija	94,61	67,63	69,96	78,55	53,76	76,74	57,20	58,02	41,42	52,57	62,24

Preglednica 11: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti spojin dušika [mg/l] v času vzorčevanja  
Table 11: Statistical value of measured value of total nitrogen [mg/l] in sampling time

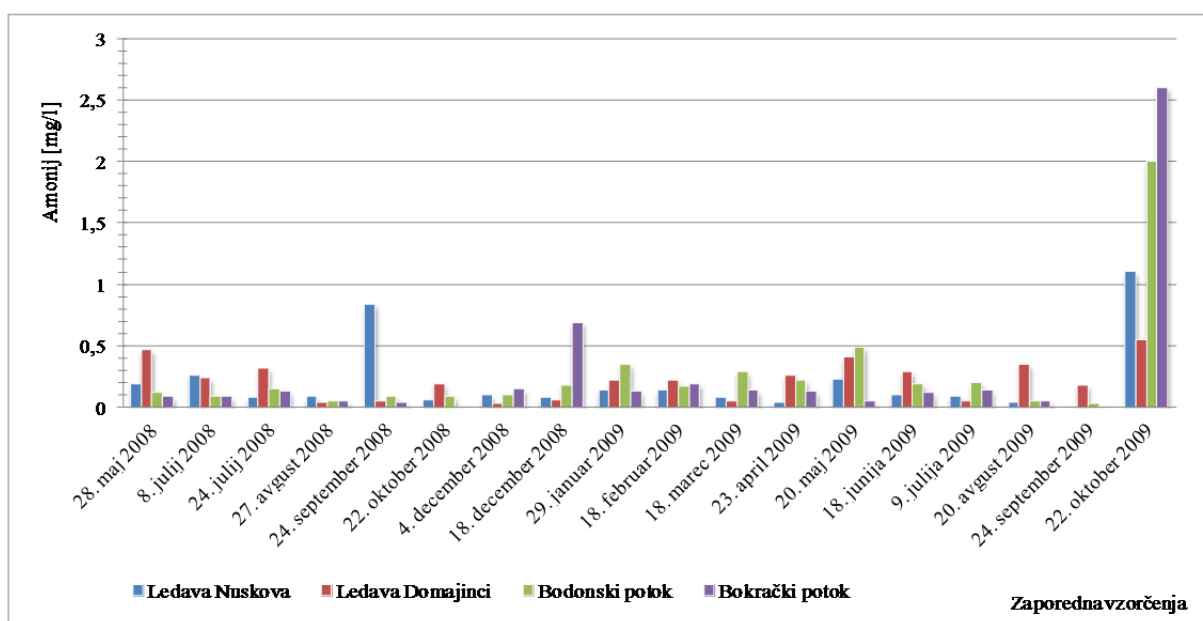
Spojine dušika [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	3,36	2,42	2,58	3,01	2,74	2,61	3,24	3,12	3,30	2,47	3,08
Mediana	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
Maksimalna	5,90	4,20	4,20	9,40	5,10	4,00	5,20	7,10	5,70	5,20	6,80
Minimalna	2,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	2,90	0,90	2,90	0,90	0,90
Standardna deviacija	0,92	1,01	1,00	2,17	1,00	0,99	0,70	1,58	0,85	1,14	1,30

Preglednica 12: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti amonija [mg/l] v času vzorčevanja  
Table 12: Statistical value of measured value of ammonium [mg/l] in sampling time

Amonij [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	0,20	0,22	0,27	0,27	0,08	0,15	0,10	0,06	0,14	0,33	0,11
Mediana	0,10	0,22	0,16	0,13	0,06	0,10	0,09	0,05	0,09	0,13	0,08
Maksimalna	1,10	0,55	2,00	2,60	0,64	0,86	0,32	0,28	0,91	2,80	0,40
Minimalna	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Standardna deviacija	0,29	0,16	0,45	0,60	0,14	0,19	0,07	0,06	0,21	0,67	0,10

#### 4.1.8.1 Amonij

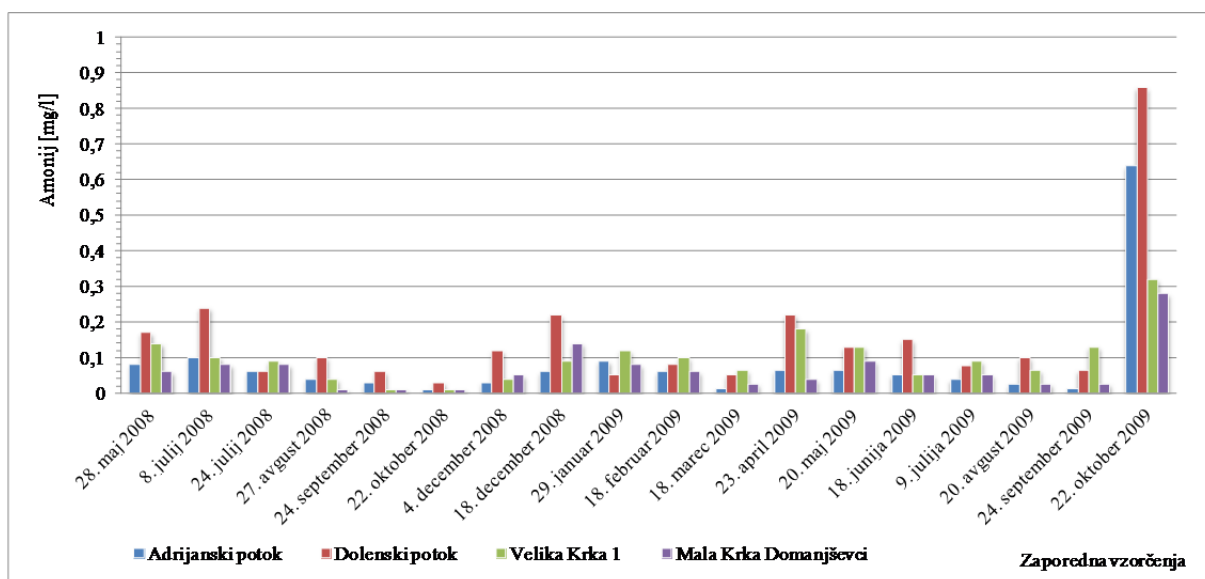
Prisotnost amonijevega dušika ( $\text{NH}_4^+$ ) v rečni vodi je posledica fekalnega onesnaženja (vir prebivalstvo in živinoreja). Rezultate meritev za amonij na vzorčevalnih mestih prikazujemo na slikah 44 do 46 in v preglednici 12. Skale na grafih niso enotne. Priporočene vrednosti 0,04 mg/l amonija po Uredbi o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Uredba o kakovosti..., 2002) za salmonidne vode so redno presežene na vseh vzorčevalnih mestih. Ugotavljamo, da so povprečne vsebnosti amonija na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova pred vtokom v Ledavsko jezero nižje kot na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci za iztokom iz Ledavskega jezera. Po drugi strani v poglavju 4.1.9 ugotavljamo, da je srednja vrednost nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ) pred Ledavskim jezerom večja pred vtokom kot za Ledavskim jezerom. Sklepamo, da v prevladujočih anaerobnih razmerah v umetnem zadrževalniku Ledavsko jezero poteka denitrifikacija. Ker je standardna deviacija za nitrat značilno manjša na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci od tiste na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova, to pomeni, da je proces stalen in kontinuiran.



Slika 44: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja

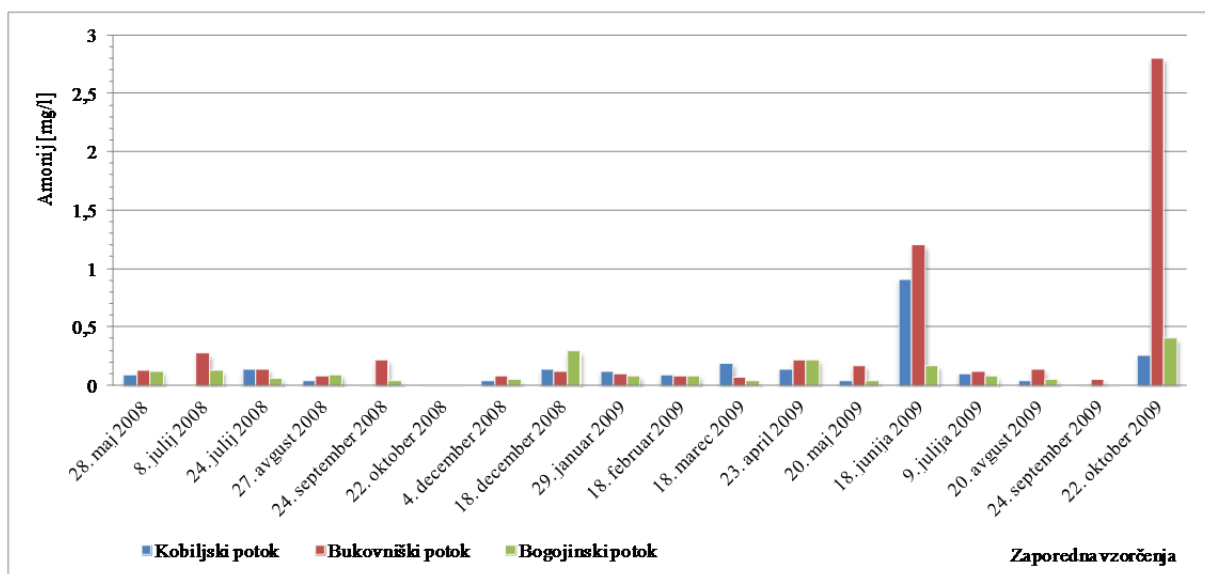
Figure 44: Ammonium [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time





Slika 45: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja

Figure 45: Ammonium [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



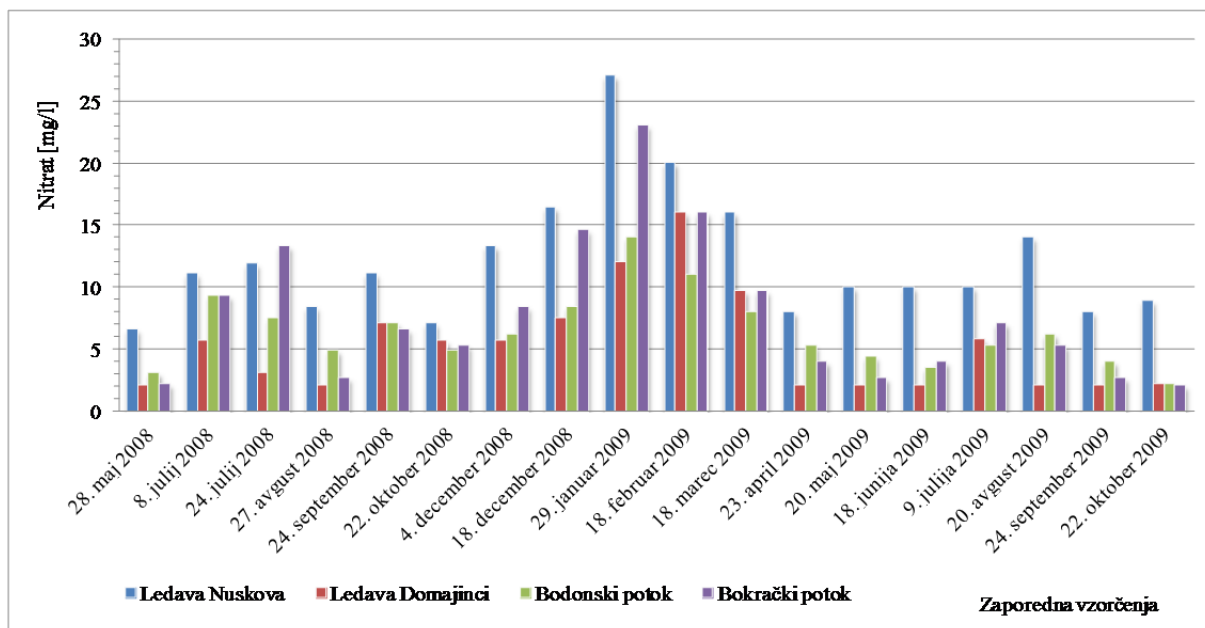
Slika 46: Amonij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

Figure 46: Ammonium [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

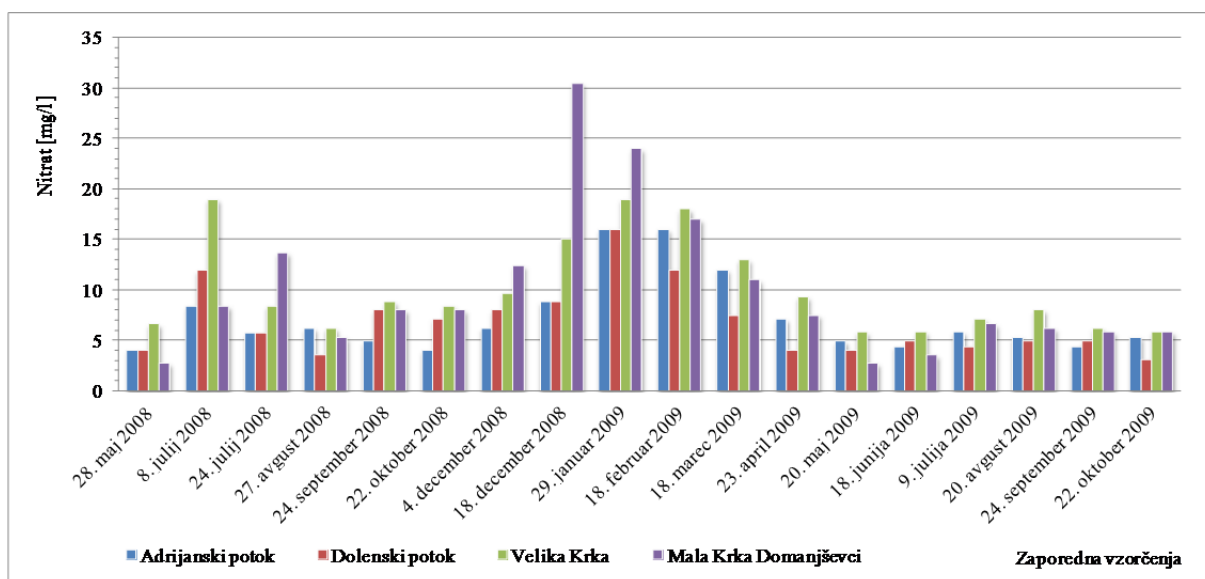
#### 4.1.8.2 Nitrat

Nitrat je topna oblika dušika, ki praviloma hitro prehaja v podtalnico in nato kot bazni odtok prehaja v rečno vodo. Rezultate meritev nitratov na vzorčevalnih mestih prikazujemo na slikah 47 do 49 in v preglednici 13. Ugotavljamo dovolj visoko stopnjo korelacije [NITRAT]/[PRETOK],  $r^2 > 0,4$ , da lahko sklepamo, da je to posledica spiranja nitrata s kmetijskih površin, kot posledica slabo prepustnih tal. Izračun korelacij je podan v prilogi L. Vsebnost nitratov sicer ne presega mejnih vrednosti

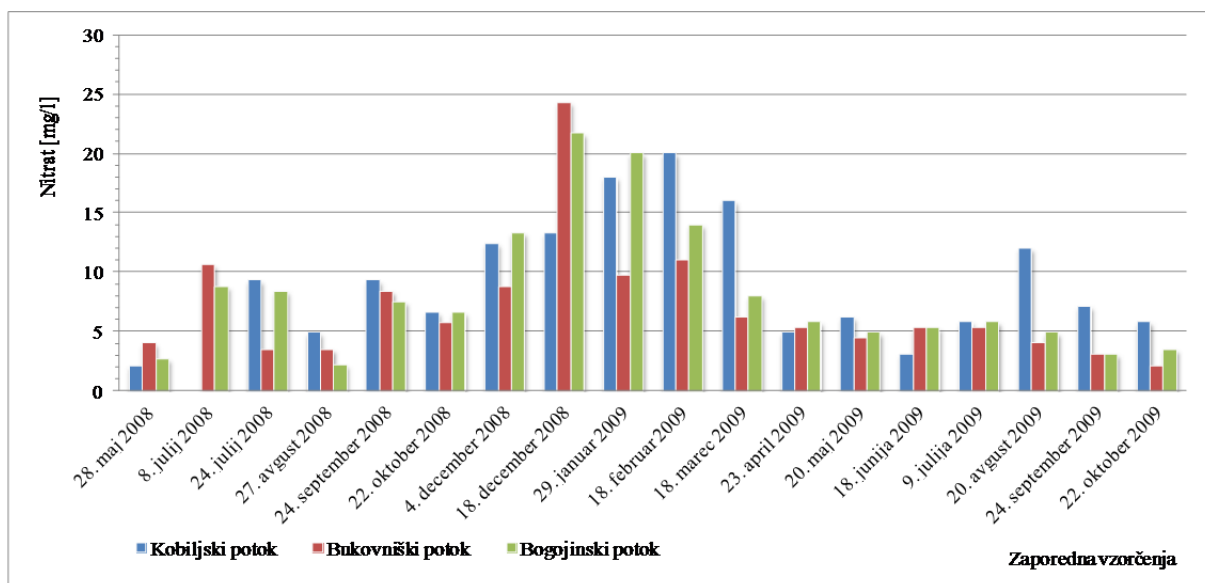
predpisanih s Pravilnikom o pitni vodi, so pa kljub temu izmerjene vrednosti za tekoče površinske vode značilno visoke. Viden je tudi sezonski vpliv izpiranja nitrata s kmetijskih površin s presežkom po spomladanskem oziroma jesenskem gnojenju, v odvisnosti od padavin. Kljub temu, da rastline v času rasti (junij, julij) dobro porabljajo nitrat, so izgube v tem obdobju značilno višje zaradi večje založenosti zemlje z nitrati, kot posledica spomladanskega gnojenja.



Slika 47: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja  
Figure 47: Nitrate [mg/l] at sampling points of Leava river basin in sampling time



Slika 48: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velika Krka v času vzorčevanja  
 Figure 48: Nitrate [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 49: Nitrat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
 Figure 49: Nitrate [mg/l] at sampling points of Kobiljskega potoka river basin in sampling time

Preglednica 13: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti nitrata [mg/l] v času vzorčevanja  
*Table 13: Statistical value of measured value of nitrate [mg/l] in sampling time*

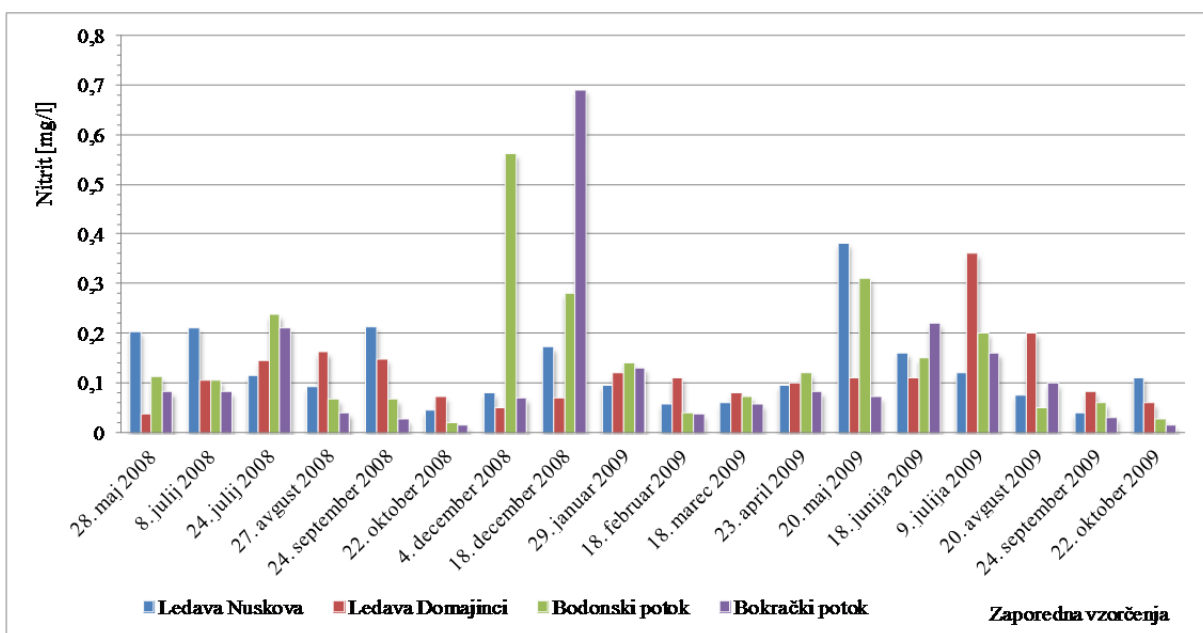
Nitrat [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA			
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok	
Povprečna	12,10	5,29	6,41	7,72	7,19	6,82	10,01	9,95	9,22	6,96	8,14	
Mediana	10,55	4,40	5,75	5,95	5,75	5,30	8,40	7,75	7,10	5,30	6,20	
Maksimalna	27,00	16,00	14,00	23,00	16,00	16,00	19,00	30,50	20,00	24,30	21,70	
Minimalna	6,60	2,10	2,20	2,10	4,00	3,10	5,80	2,70	2,10	2,10	2,20	
Standardna deviacija	5,15	4,01	2,96	5,77	3,77	3,52	4,68	7,41	5,26	5,09	5,64	

Preglednica 14: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti za nitrit [mg/l] v času vzorčevanja  
*Table 14: Statistical value of measured value of nitrite [mg/l] in sampling time*

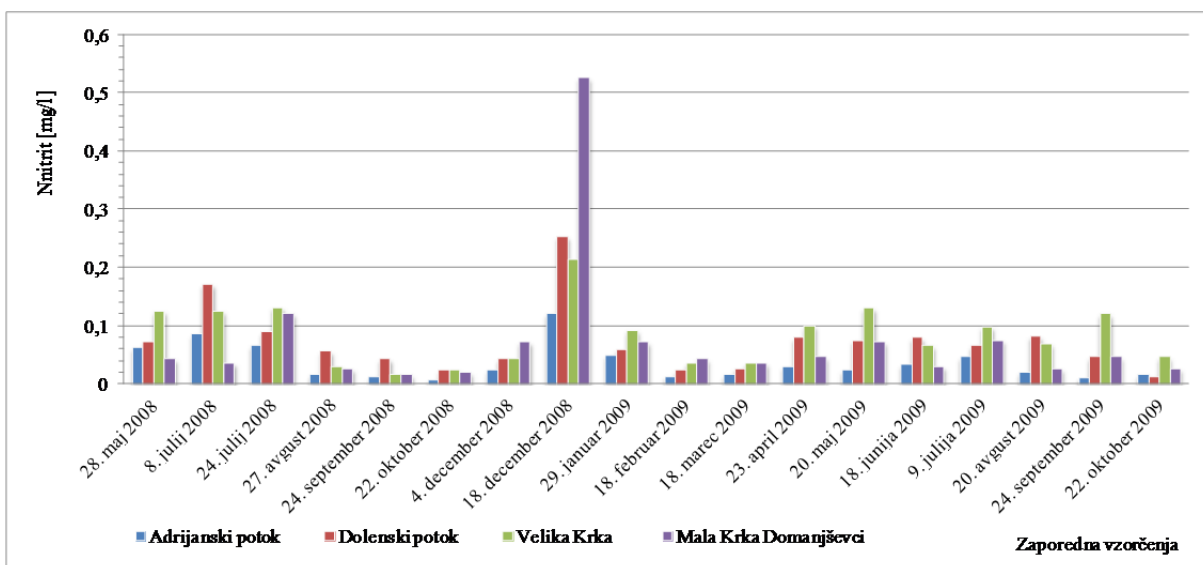
Nitrit [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA			
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok	
Povprečna	0,13	0,12	0,14	0,12	0,04	0,07	0,08	0,07	0,10	0,11	0,10	
Mediana	0,10	0,11	0,11	0,08	0,02	0,06	0,08	0,04	0,07	0,09	0,07	
Maksimalna	0,38	0,36	0,56	0,69	0,12	0,25	0,21	0,53	0,46	0,30	0,66	
Minimalna	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
Standardna deviacija	0,08	0,07	0,13	0,16	0,03	0,06	0,05	0,12	0,11	0,09	0,14	

#### 4.1.8.3 Nitrit

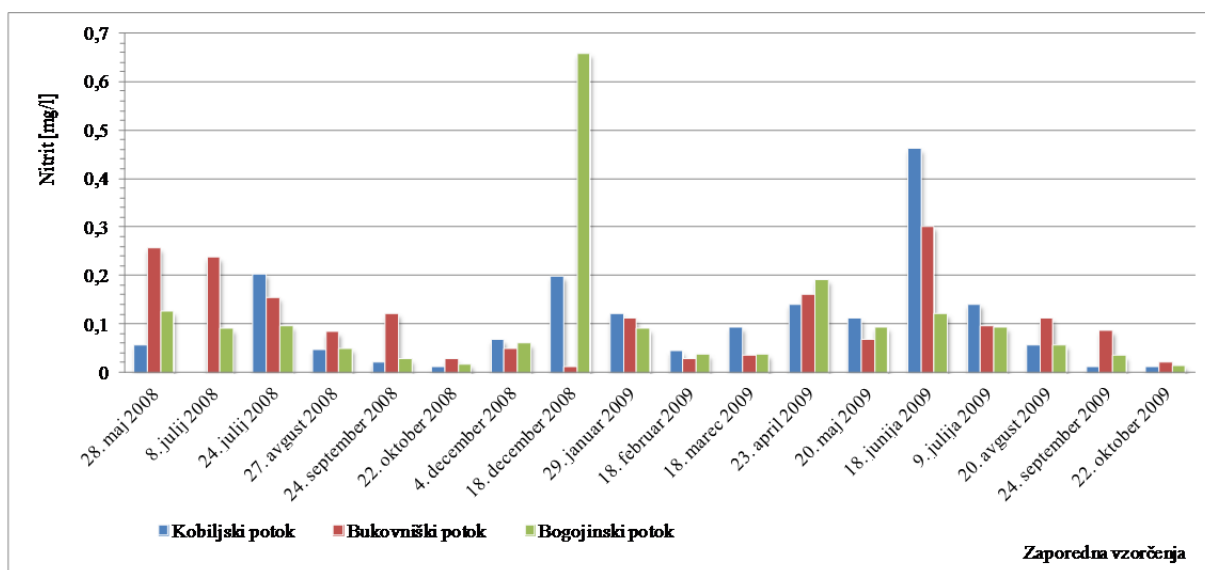
Iz poznavanja dušikovega cikla vemo, da so nitriti produkti nitrifikacijskih procesov. Izmerjene vrednosti nitritov na vzorčevalnih mestih so prikazane na slikah 50 do 52 in v preglednici 14. Obremenitve so glede na priporočeno vrednost po Uredbi o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib za salmonidne vode povišane (Uredba o kakovosti..., 2002) in so stalne. Na nekaterih vzorčevalnih mestih (Kobiljski potok, Bogojinski potok, Mala Krka, Velika Krka) obstaja visoka korelacijska odvisnost [NITRIT]/[AMONIJ],  $r^2 > 70$ , kar je lahko posledica naselij in neurejene kanalizacijske infrastrukture ter živinoreje. Izračun korelacij je podan v prilogi L. Na vzorčevalnih mestih, kjer je vpliv naselij manjši, te korelacijske odvisnosti nismo dokazali.



Slika 50: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Ledave v času vzorčenja  
 Figure 50: Nitrite [mg/l] at sampling points of Leava river basin in sampling time



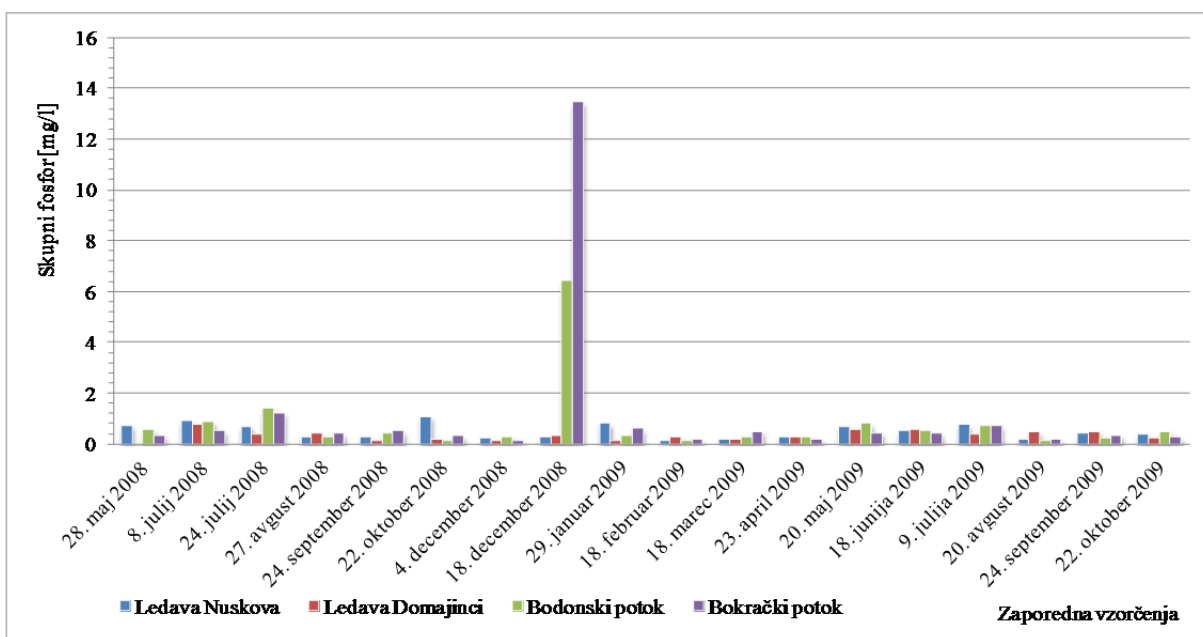
Slika 51: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Velike Krke v času vzorčenja  
 Figure 51: Nitrite [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



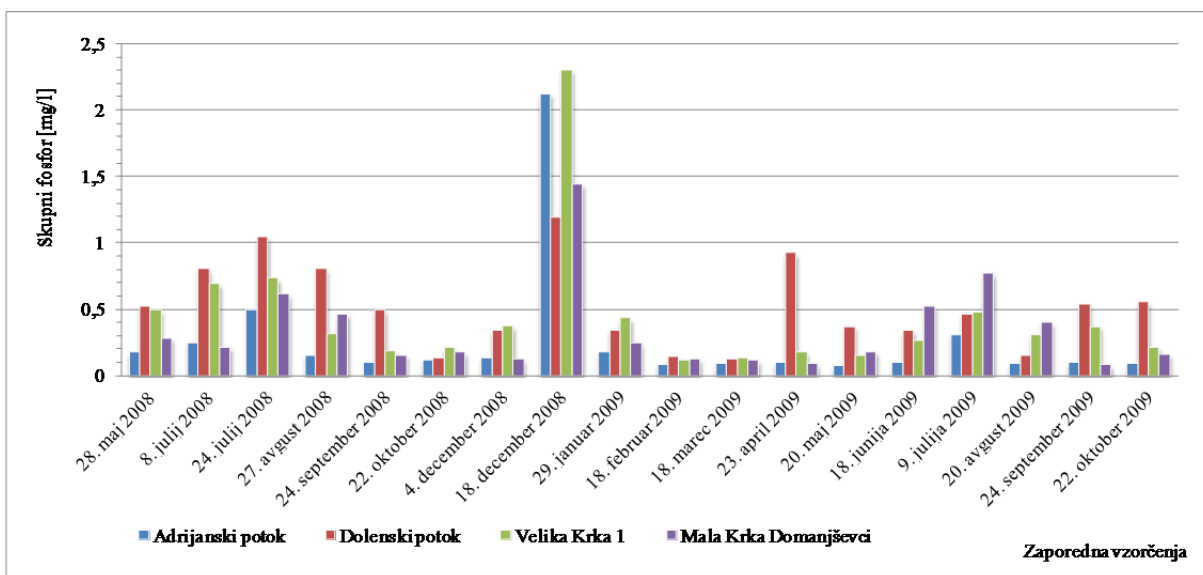
Slika 52: Nitrit [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 52: Nitrite [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.1.9 Skupni fosfor

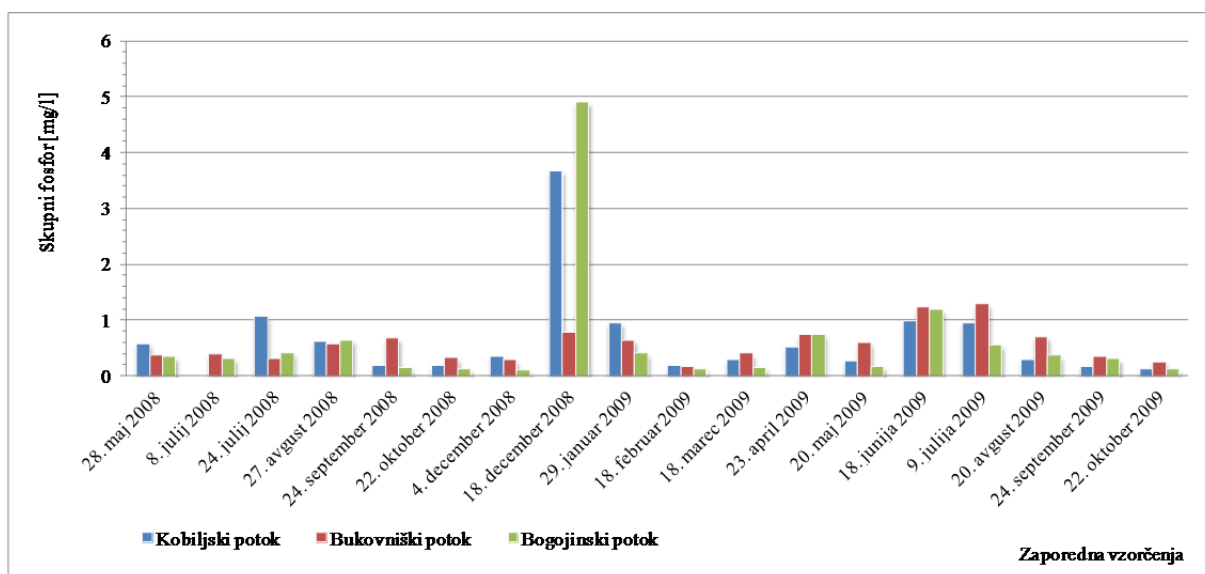
Izmerjene koncentracije celotnega fosforja predstavljamo na slikah od 53 do 55 in v preglednici 15. Izstopa visoka stopnja korelacije [SKUPNI FOSFOR]/[SUSPENDIRANE SNOVI],  $r^2 > 0,5$ . Izračun korelacij je podan v prilogi L. Fosfor vezan na površino delcev prsti se v času padavin v procesu erozije spira v tekoče vode (vpliv difuznih virov na obremenjevanje). V času majhnih pretokov so koncentracije skupnega fosforja sicer značilno manjše, vendar konstantne, in so posledica neurejenih kanalizacijskih sistemov in neurejenih gnojničnih jam na kmetijah (vpliv točkovnega obremenjevanja s skupnim fosforjem).



Slika 53: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja  
 Figure 53: Total phosphorus [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 54: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja  
 Figure 54: Total phosphorus [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 55: Skupni fosfor [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 55: Total phosphorus [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

Preglednica 15: Statistične vrednosti za spojine skupnega fosforja [mg/l] v času vzorčevanja  
Table 15: Statistical value of total phosphorus [mg/l] in sampling time

Skupni fosfor [mg/l]	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	0,48	0,33	0,79	1,15	0,26	0,51	0,44	0,34	0,67	0,56	0,62
Mediana	0,38	0,30	0,35	0,40	0,11	0,47	0,31	0,19	0,35	0,48	0,33
Maksimalna	1,07	0,76	6,43	13,46	2,12	1,19	2,30	1,44	3,67	1,29	4,90
Minimalna	0,10	0,10	0,12	0,13	0,07	0,12	0,11	0,08	0,13	0,15	0,10
Standardna deviacija	0,29	0,19	1,44	3,08	0,48	0,32	0,50	0,34	0,84	0,31	1,10

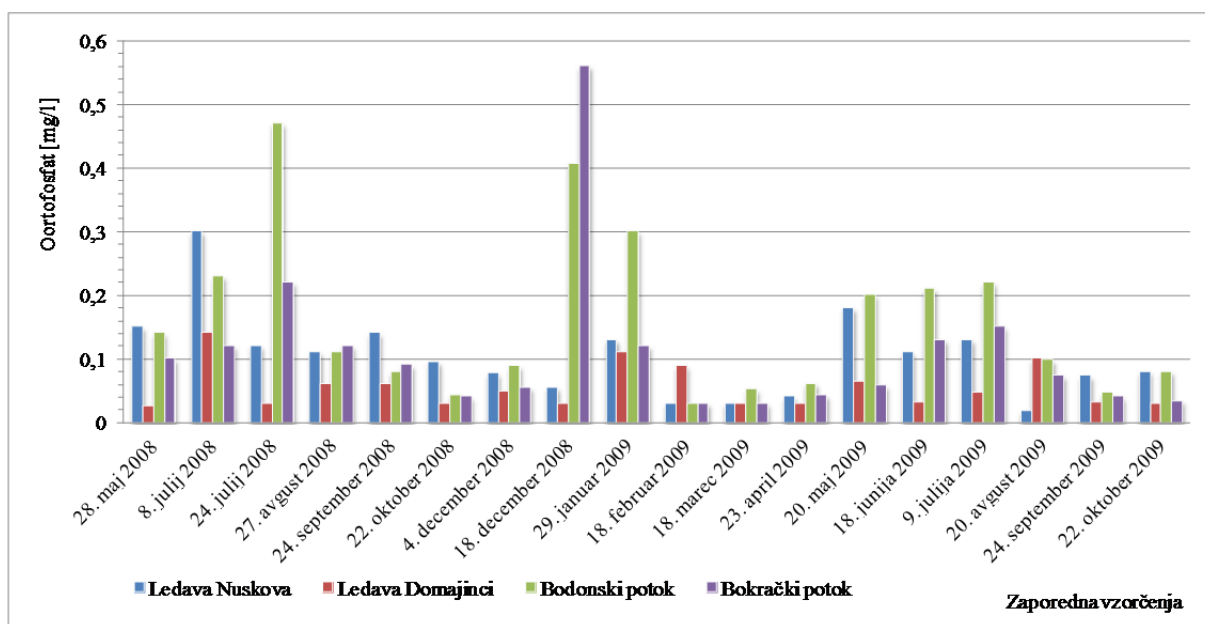
Preglednica 16: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti ortofosfata [mg/l] v času vzorčevanja  
Table 16: Statistical value of measured value of orthophosphate [mg/l] in sampling time

Ortofosfat (mg/l)	POREČJE LEDAVE				POREČJE VELIKE KRKE				POREČJE KOBILJSKEGA POTOKA		
	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
Povprečna	0,10	0,05	0,16	0,11	0,06	0,12	0,12	0,08	0,13	0,15	0,11
Mediana	0,10	0,04	0,10	0,08	0,03	0,11	0,08	0,06	0,13	0,16	0,08
Maksimalna	0,30	0,14	0,47	0,56	0,29	0,23	0,61	0,31	0,28	0,32	0,47
Minimalna	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Standardna deviacija	0,07	0,03	0,13	0,12	0,06	0,06	0,13	0,07	0,08	0,09	0,11

#### 4.1.9.1 Ortofosfat

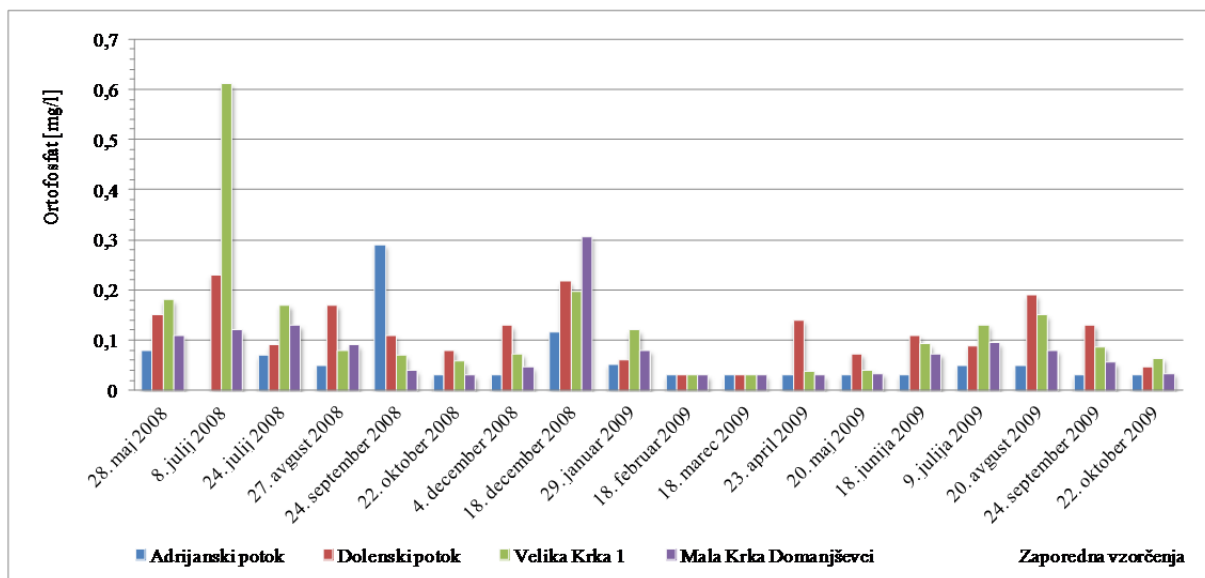
Rezultate meritev koncentracije ortofosfata prikazujemo na slikah 56 do 58 in v tabeli 16. Prav tako kot pri skupnem fosforju je opazna visoka korelacija [ORTOFOSFAT]/[SUSPENDIRANE SNOVI], v porečju Ledave je  $r^2 > 0,7$ , razen na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci, kjer je ta korelacija blizu ničle. Izračun korelacij je podan v prilogi L. Sklepamo, da je to posledica akumulacije ortofosfata v umetnem zadrževalniku Ledavskega jezera. Trend je sezonske narave.





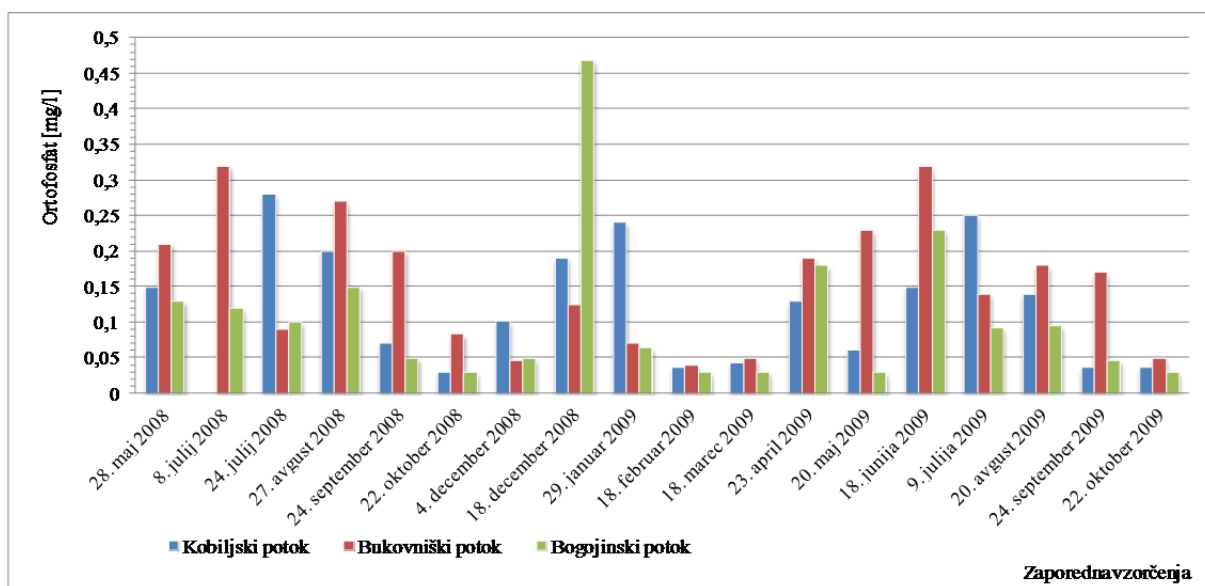
Slika 56: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Ledave v času vzorčenja

Figure 56: Orthophosphate [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 57: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Velike Krke v času vzorčenja

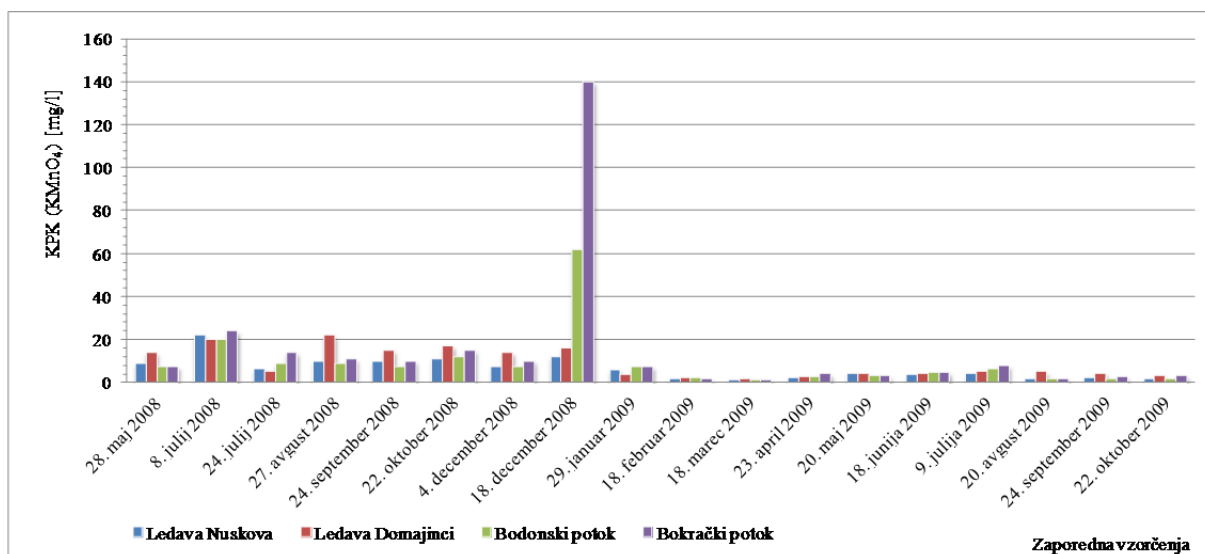
Figure 57: Orthophosphate [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



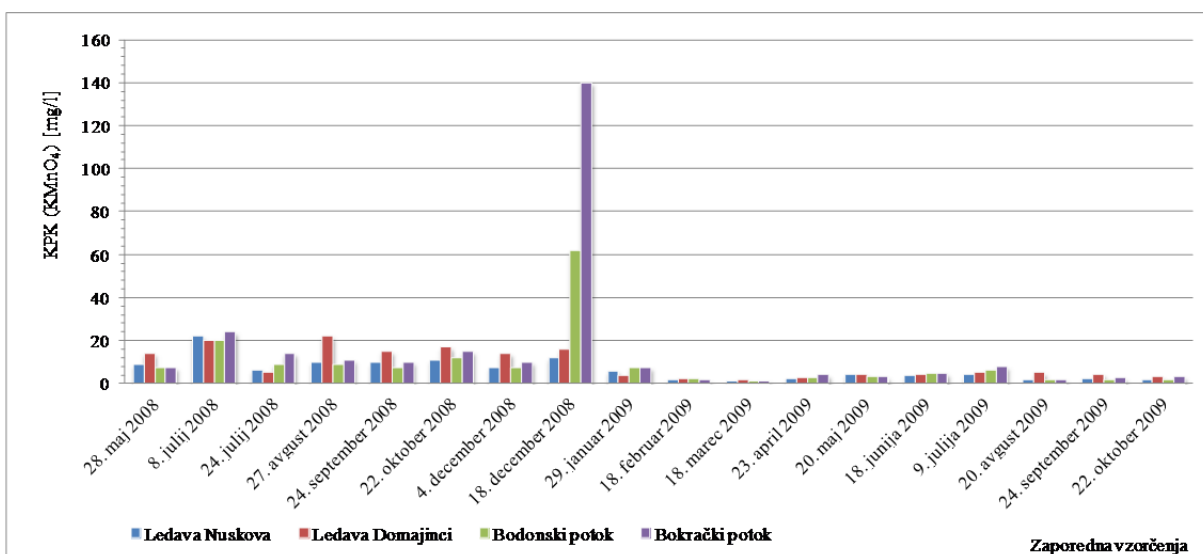
Slika 58: Ortofosfat [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 58: Orthophosphate [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.1.10 Meritve KPK

Z rezultati meritev KPK (kemijska potreba po kisiku) prikažemo celotno organsko onesnaženje. Rezultati meritev so prikazani na slikah 59 do 61 in v tabeli 18. Najvišje koncentracije beležimo na vzorčevalnih mestih v porečju Kobiljskega potoka, kar je posledica neurejene komunalne infrastrukture.

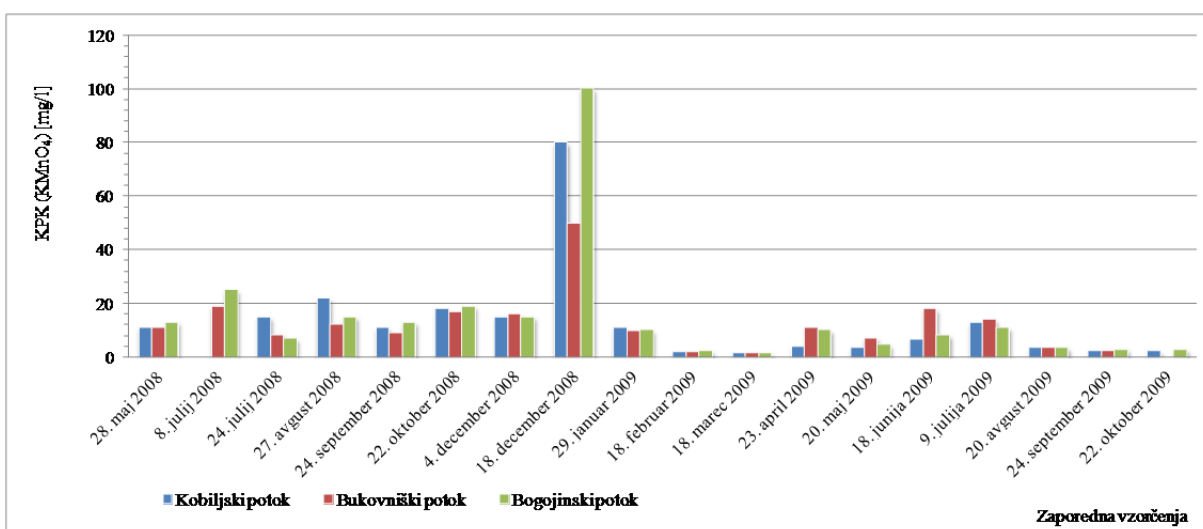


Slika 59: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja Ledave v času vzorčevanja  
Figure 59: COD [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 60: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja Velike Krke v času vzorčevanja

Figure 60: COD [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 61: KPK [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

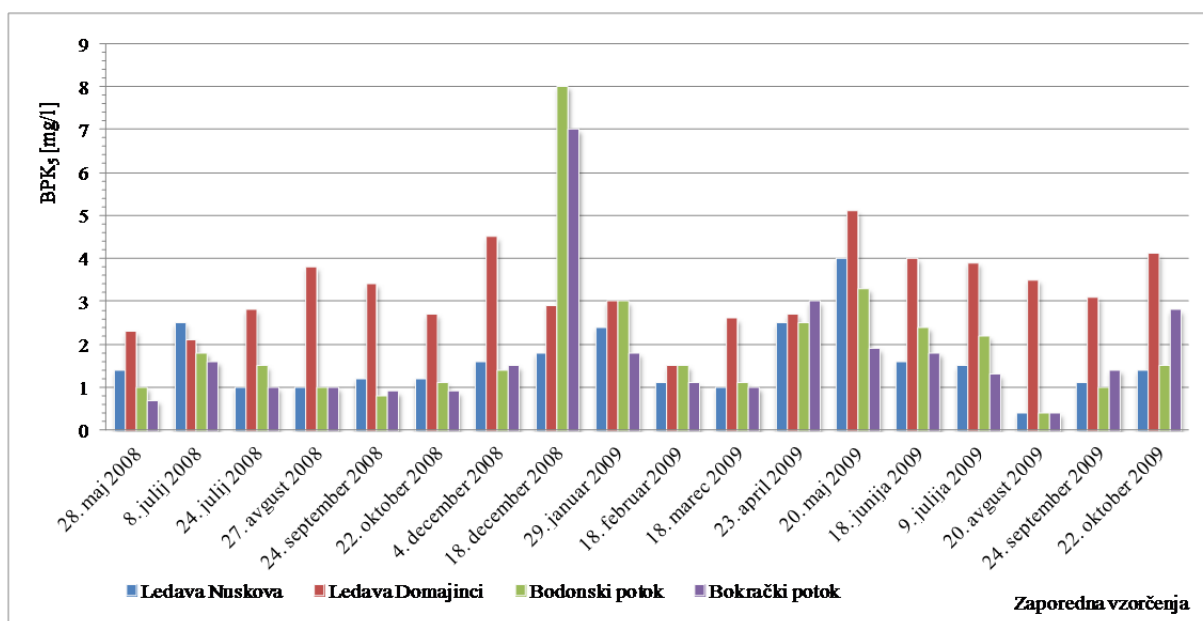
Figure 61: COD [mg/l] at sampling points of Kobiljskega potoka river basin in sampling time

Preglednica 17: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti KPK [mg/l] v času vzorčevanja  
Table 17: Statistical value of measured value of COD [mg/l] in sampling time

KPK KMnO <sub>4</sub> [mg/l]	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinjski potok
Povprečna	6,39	8,88	9,24	14,94	7,67	12,44	7,36	9,04	13,02	11,80	14,65
Mediana	4,95	5,00	6,80	7,50	4,60	9,45	5,35	6,85	11,00	10,40	10,00
Maksimalna	22,00	22,00	62,00	140,00	65,00	70,00	36,00	38,00	80,00	50,00	100,00
Minimalna	1,10	1,90	1,00	1,30	0,70	1,40	1,10	1,30	1,50	0,41	1,60
Standardna deviacija	5,30	6,85	13,98	31,76	14,74	15,93	8,32	8,82	18,38	11,20	22,23

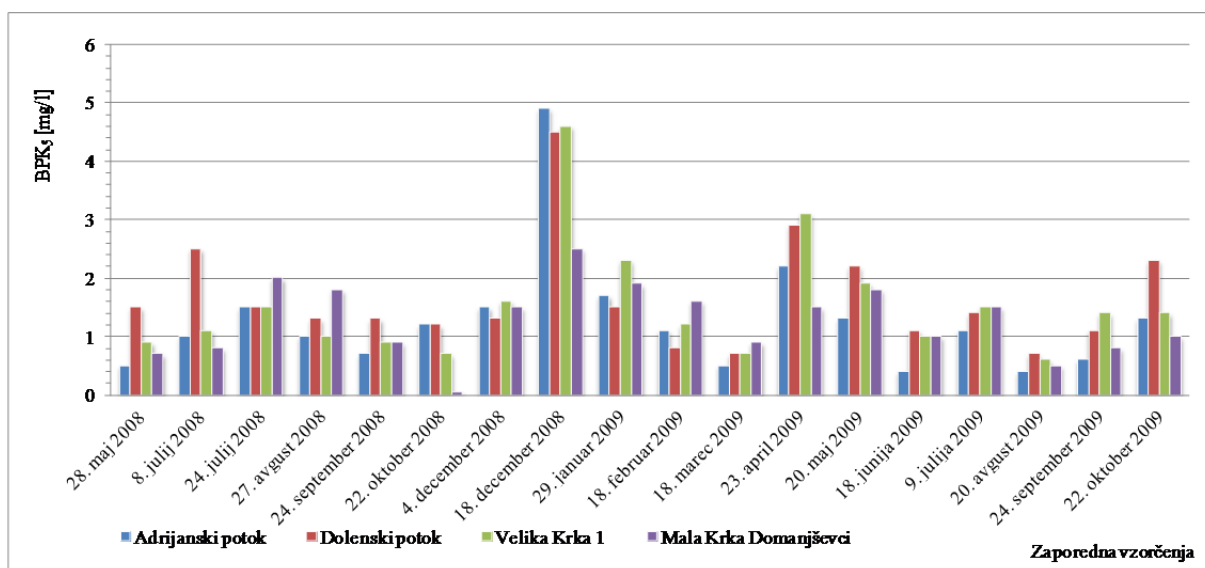
#### 4.1.11 Meritve BPK<sub>5</sub>

Na slikah 62 do 64 in v preglednici 18 prikazujemo rezultate meritev za biološko potrebo po kisiku po petih dneh (BPK<sub>5</sub>), kar predstavlja biološko razgradljivo organsko onesnaženje. Mejna vrednost (< = 3) po Uredbi o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Uredba o kakovosti..., 2002) je večkrat presežena, najpogosteje na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci.

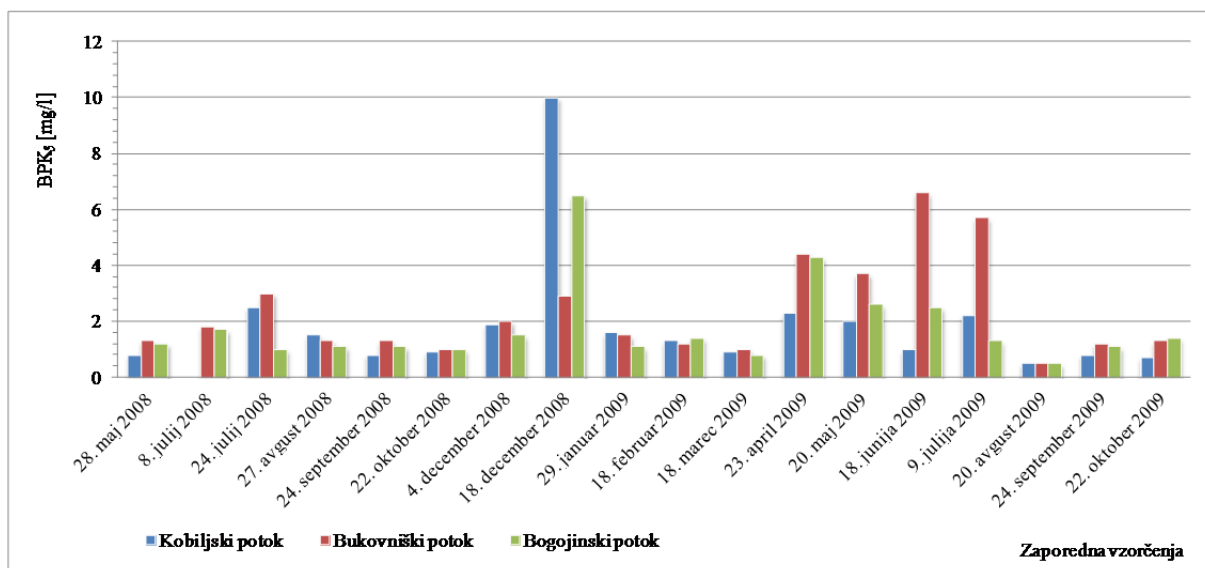


Slika 62: BPK<sub>5</sub> [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja

Figure 62: BOD<sub>5</sub> [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 63:  $BPK_5$  [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Velike Krke v času vzorčenja  
Figure 63:  $BOD_5$  [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



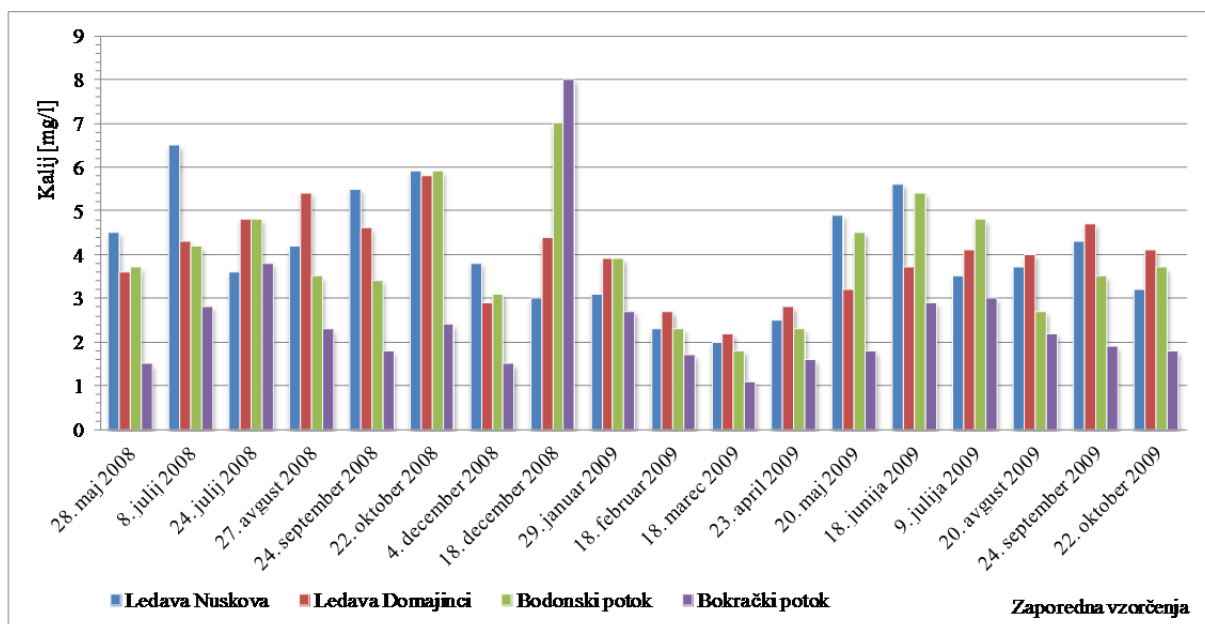
Slika 64:  $BPK_5$  [mg/l] na mestih vzorčenja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčenja  
Figure 64:  $BOD_5$  [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

Preglednica 18: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti  $BPK_5$  [mg/l] v času vzorčenja  
Table 18: Statistical value of measured value of  $BOD_5$  [mg/l] in sampling time

$BPK_5$ [mg/l]	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinjski potok
Povprečna	1,59	3,22	1,97	1,73	1,27	1,66	1,52	1,26	1,86	2,32	1,78
Mediana	1,40	3,05	1,50	1,35	1,10	1,35	1,30	1,25	1,30	1,40	1,25
Maksimalna	4,00	5,10	8,00	7,00	4,90	4,50	4,60	2,50	10,00	6,60	6,50
Minimalna	0,40	1,50	0,40	0,40	0,40	0,70	0,60	0,05	0,50	0,50	0,50
Standardna deviacija	0,82	0,90	1,70	1,48	1,03	0,94	0,99	0,62	2,19	1,74	1,46

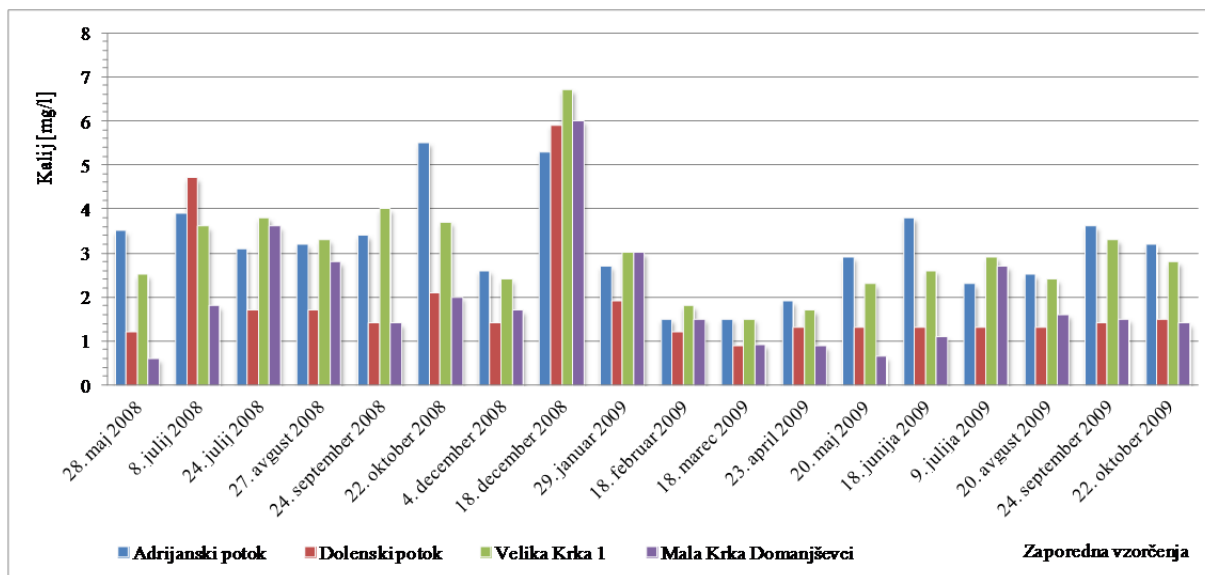
#### 4.1.12 Kalij

Izmerjene vrednosti za kalij prikazujemo na slikah 65 do 67 in v preglednici 19. Vsebnosti kalija so stalne in sezonsko povišane.



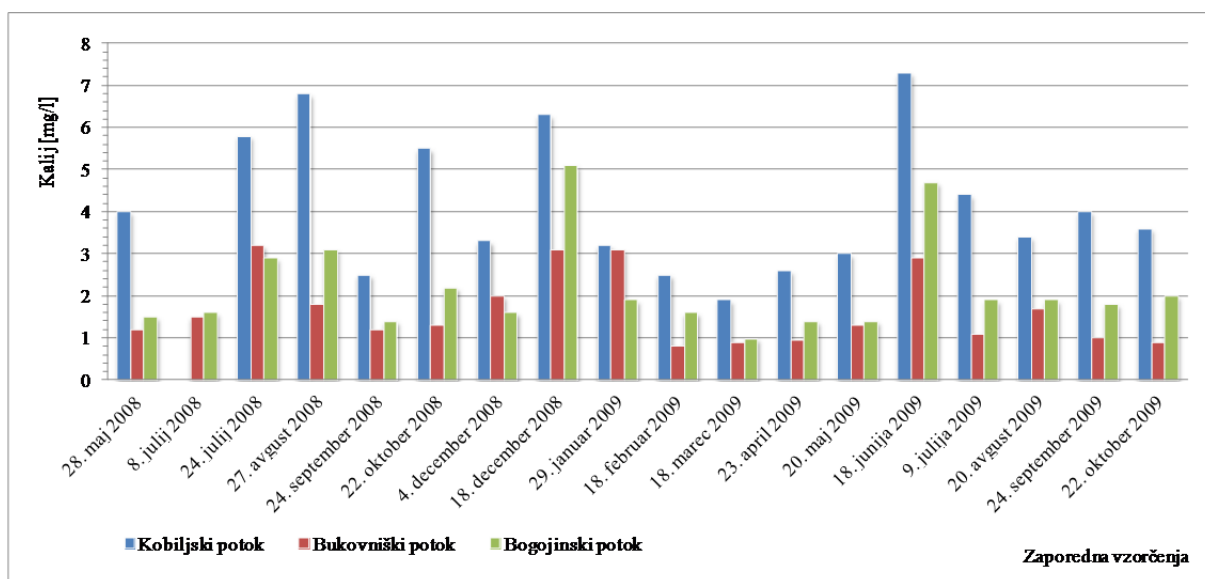
Slika 65: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja

Figure 65: Potassium [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 66: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja

Figure 66: Potassium [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 67: Kalij [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 67: Potassium [mg/l] at sampling points of Kobiljskega potoka river basin in sampling time

Preglednica 18: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti kalija [mg/l] v času vzorčevanja

Table 19: Statistical value of measured value of potassium [mg/l] in sampling time

Kalij [mg/l]	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojski potok
Povprečna	4,01	3,96	3,92	2,49	3,13	1,86	3,02	1,95	4,12	1,66	2,17
Mediana	3,75	4,05	3,70	2,05	3,15	1,40	2,85	1,55	3,60	1,30	1,85
Maksimalna	6,50	5,80	7,00	8,00	5,50	5,90	6,70	6,00	7,30	3,20	5,10
Minimalna	2,00	2,20	1,80	1,10	1,50	0,90	1,50	0,60	1,90	0,81	0,99
Standardna deviacija	1,28	0,95	1,33	1,53	1,09	1,30	1,17	1,31	1,64	0,84	1,12

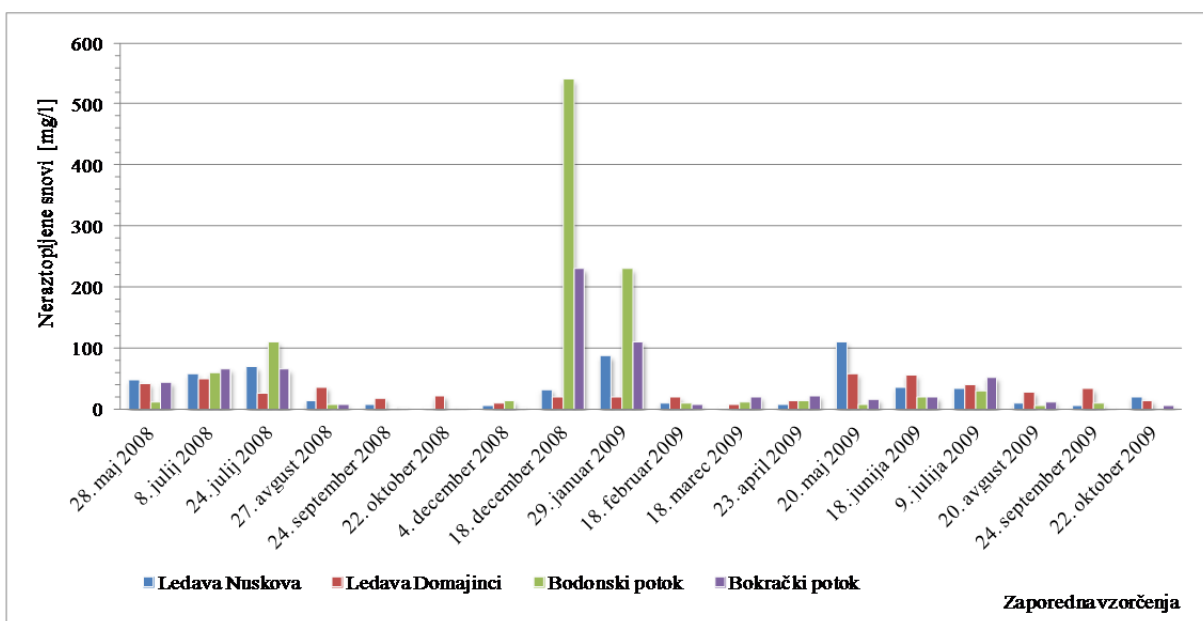
Preglednica 19: Statistične vrednosti za izmerjene vrednosti neraztopljenih snovi [mg/l] v času vzorčevanja

Table 20: Statistical value of measured value of undissolved matter [mg/l] in sampling time

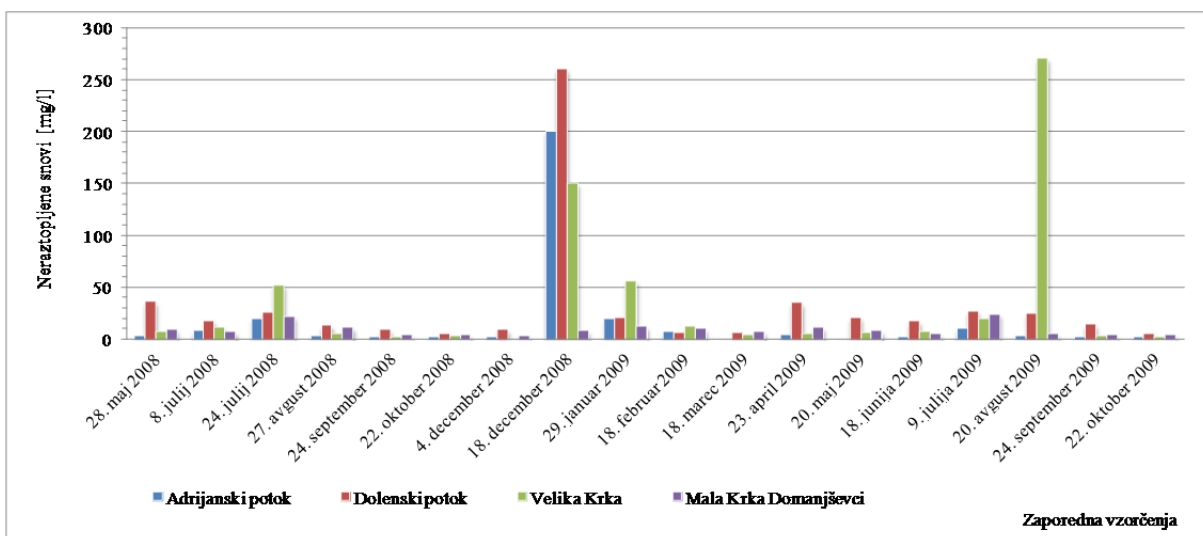
Neraztopljene snovi [mg/l]	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojski potok
Povprečna	31,02	28,17	60,14	38,07	16,17	30,67	34,23	8,76	53,98	21,33	74,42
Mediana	16,50	23,00	11,50	17,50	2,75	17,00	6,50	7,60	8,20	8,40	17,50
Maksimalna	110,00	58,00	540,00	230,00	200,00	260,00	270,00	24,00	640,00	73,00	890,00
Minimalna	4,00	8,00	1,90	2,00	0,90	4,90	0,90	3,00	0,90	3,70	4,00
Standardna deviacija	31,65	15,69	132,21	56,32	46,25	58,07	69,05	5,91	153,56	23,29	205,07

#### 4.1.13 Neraztopljene snovi

Neraztopljene snovi ali tudi suspendirane snovi, so v največji meri odvisne od padavin in posledično od pretoka. Visoka stopnja korelacije [NERAZTOPLJENE SNOVI]/[PRETOK] velja za vsa vzorčevalna mesta razen za vzorčni mesti Ledava Nuskova in Ledava Domajinci. Rezultati meritev so prikazani na slikah 68 do 70 in v preglednici 20.

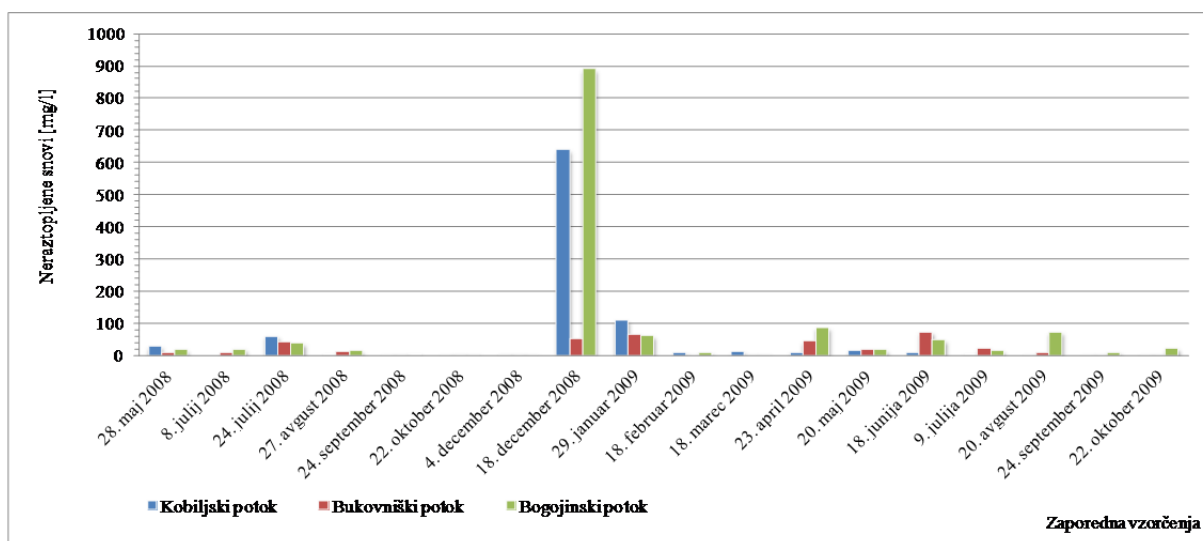


Slika 68: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Ledave v času vzorčevanja  
Figure 68: Undissolved matter [mg/l] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 69: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 69: Undissolved matter [mg/l] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time





Slika 70: Neraztopljene snovi [mg/l] na mestih vzorčevanja porečja Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

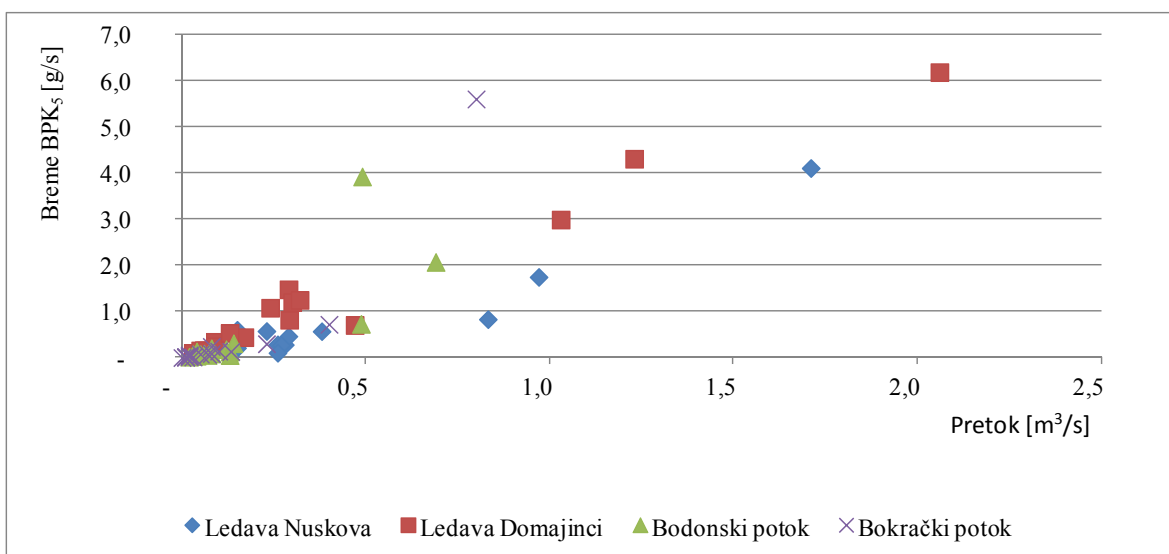
Figure 70: Undissolved matter [mg/l] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.2 Primerjava porečij po bremenu onesnaženja

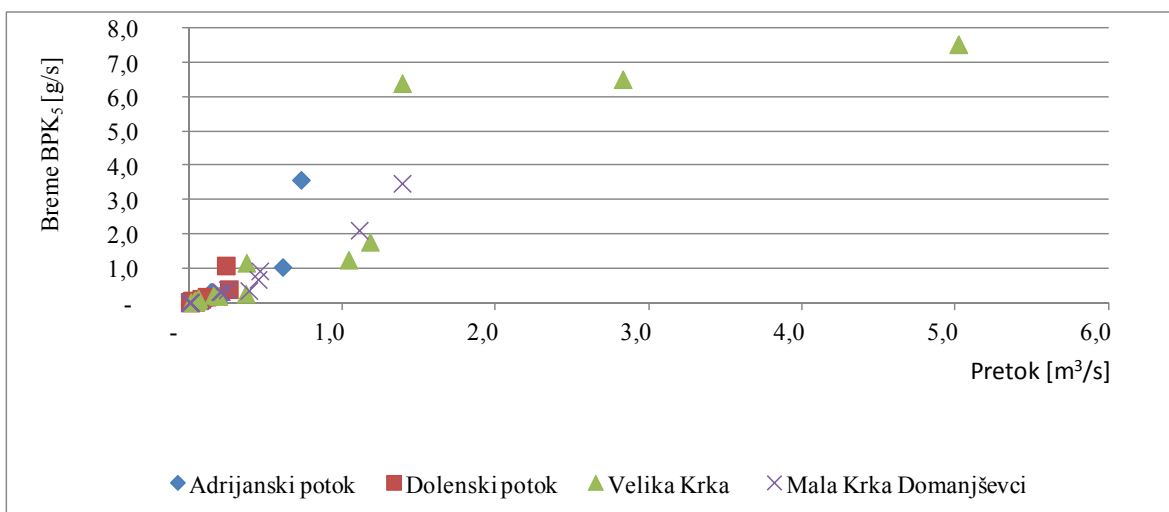
Z bremenom onesnaženja v odvisnosti od pretoka, prikazujemo vire onesnaženja. Za tekoče vode, kjer so razpršeni viri onesnaženja prevladujoči, se breme onesnaženja s pretokom povečuje. Nasprotno je značilno za točkovne vire onesnaženja, kjer se koncentracija onesnažila pri povečanem pretoku zmanjša. Da je vpliv razpršenih virov na tekoča vodna telesa na območju Krajinskega parka pomemben, smo pokazali tudi z modeli za posamezna vzorčevalna mesta za posamezne parametre.

##### 4.2.1 Brema onesnaženja BPK<sub>5</sub> in KPK

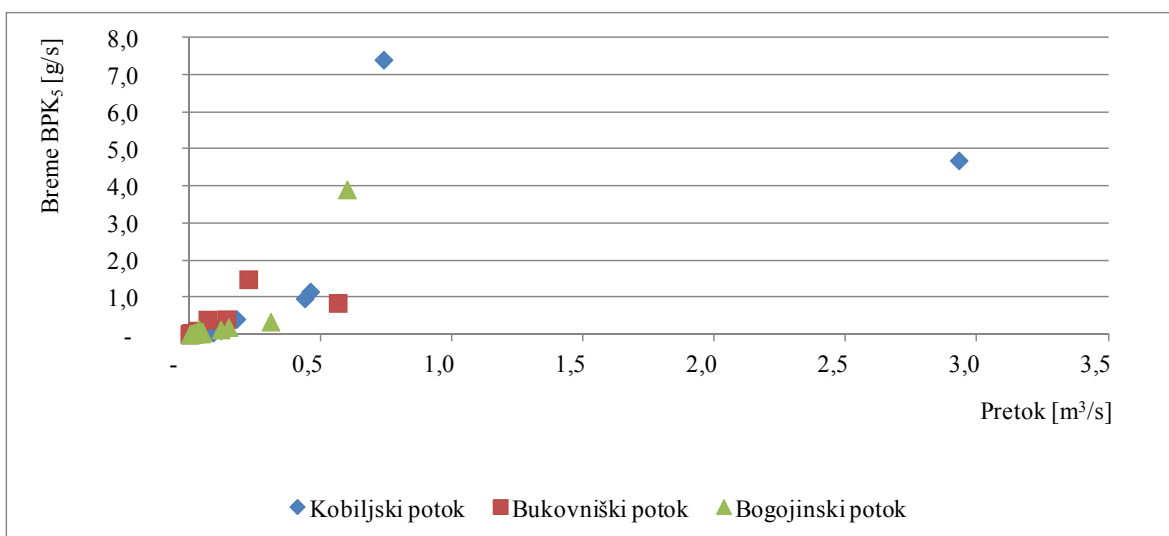
Breme onesnaženja BPK<sub>5</sub> je prikazano na slikah 71 do 73. S povečanim pretokom se povečuje tudi breme na vseh vzorčevalnih mestih v vseh treh porečjih, kar je dokaz za pomemben vpliv razpršenih virov. Brema onesnaženja KPK, ki je prikazano na slikah 74 do 76, sicer narašča s pretokom, ni pa tako izrazito. Posebej v porečju Ledave, je brema onesnaženja pri različnih pretokih precej konstantno. Ocenjujemo, da je vpliv razpršenih virov na brema KPK manj izrazit, in da je prispevek točkovnih virov prav tako značilen.



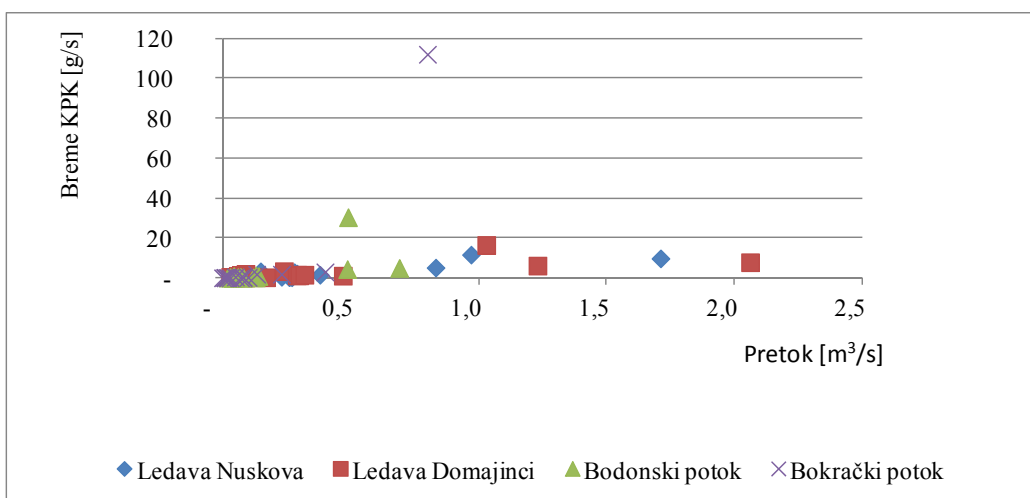
Slika 71: Breme BPK<sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 71: BOD<sub>5</sub> compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



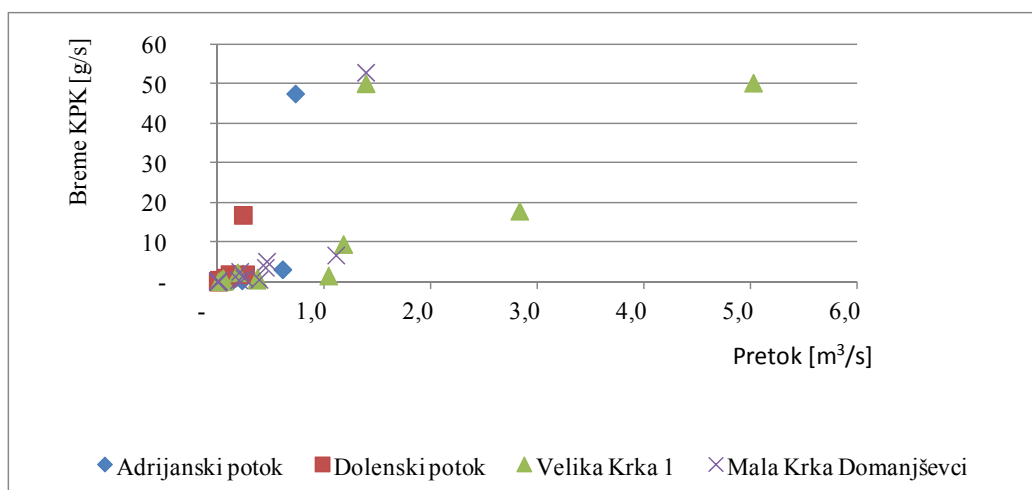
Slika 72: Breme BPK<sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 72: BOD<sub>5</sub> compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



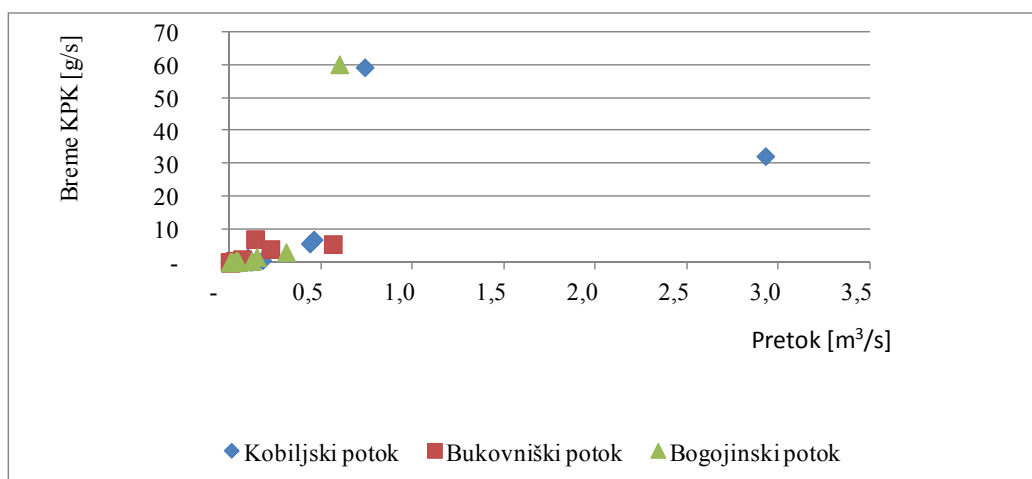
Slika 73: Breme BPK<sub>5</sub> [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 73: *BOD<sub>5</sub> compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time*



Slika 74: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 74: *COD compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time*



Slika 75: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 75: COD compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time

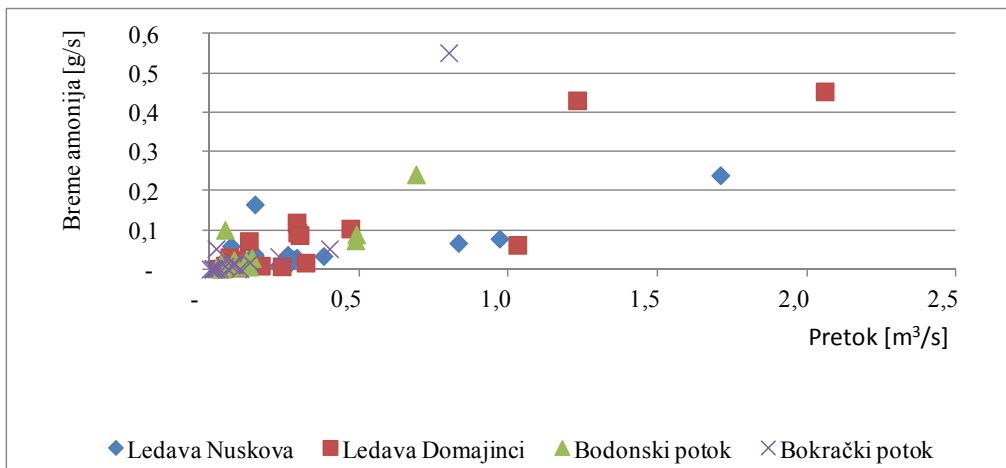


Slika 76: Breme KPK [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 76: COD compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.2.2 Breme onesnaženja z dušikovimi spojinami

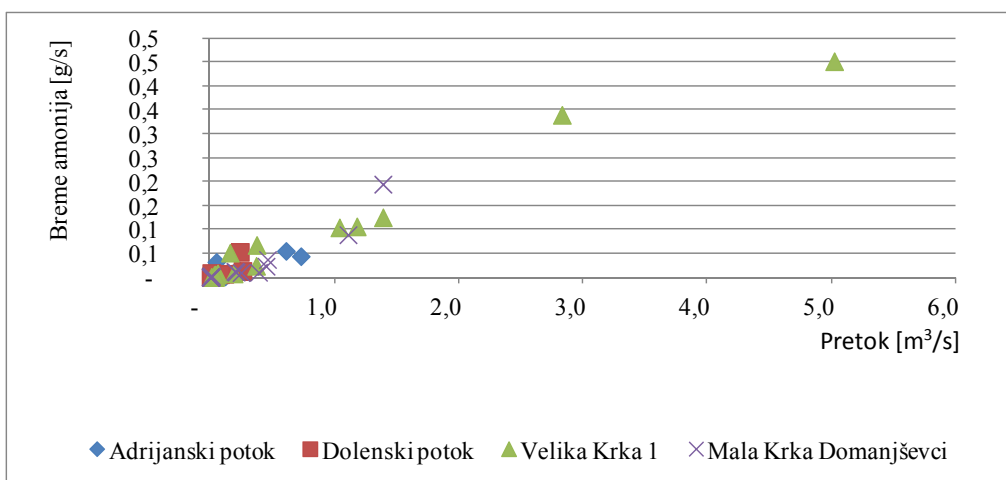
Breme onesnaženja z dušikovimi spojinami in sicer za amonij, nitrat, nitrit in skupni dušik, prikazujemo na slikah od 77 do 88. Breme onesnaženja kaže na pomemben vpliv razpršenih virov na tekoče vode v Krajinskem parku Goričko. Bremena onesnaženja kaže na pomemben vpliv razpršenih virov na tekoče vode v Krajinskem parku Goričko (Ilić in Panjan, 2016). Manj izrazit vpliv opazamo na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci. Ocenjujemo, da je razlog vpliv umetnega zadrževalnika Ledavsko jezero, kjer potekajo kemijski procesi in akumulacija. Prav tako manj izrazit je ta vpliv na vzorčevalnem mestu Bukovniški potok. Ocenjujemo da je vzrok v manjši pretočnosti potoka, ki ga

regulirajo z umetnim zadrževalnikom Bukovniško jezero. To je turistično območje, kjer lahko večje število obiskovalcev vpliva na trenutne razmere v vodotoku.



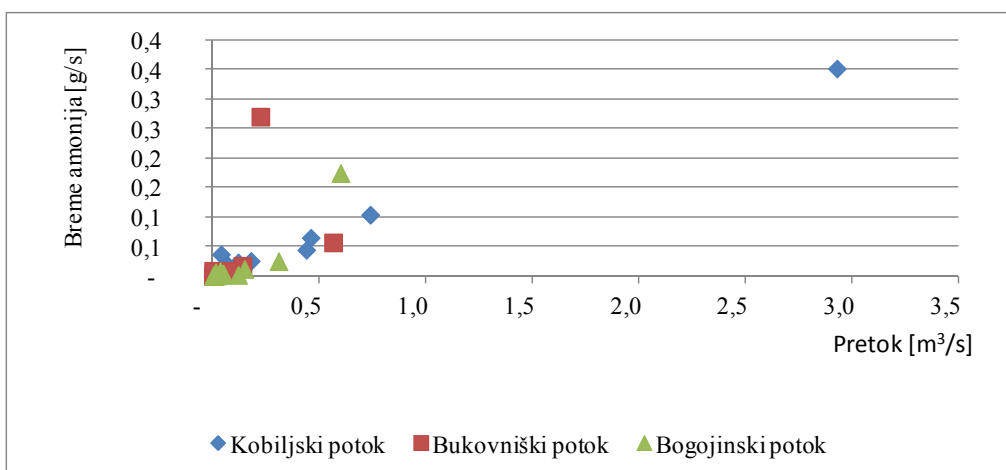
Slika 77: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja

Figure 77: Ammonium compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time

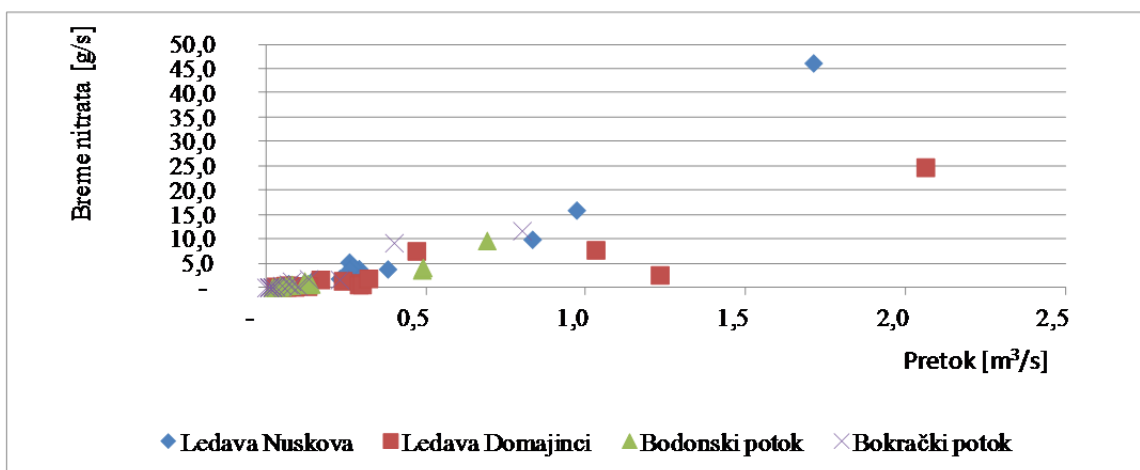


Slika 78: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja

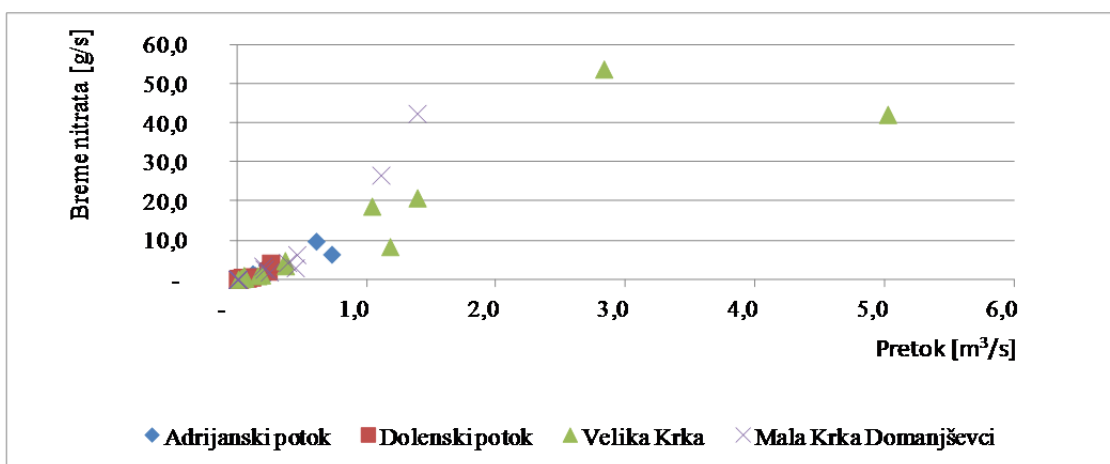
Figure 78: Ammonium compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



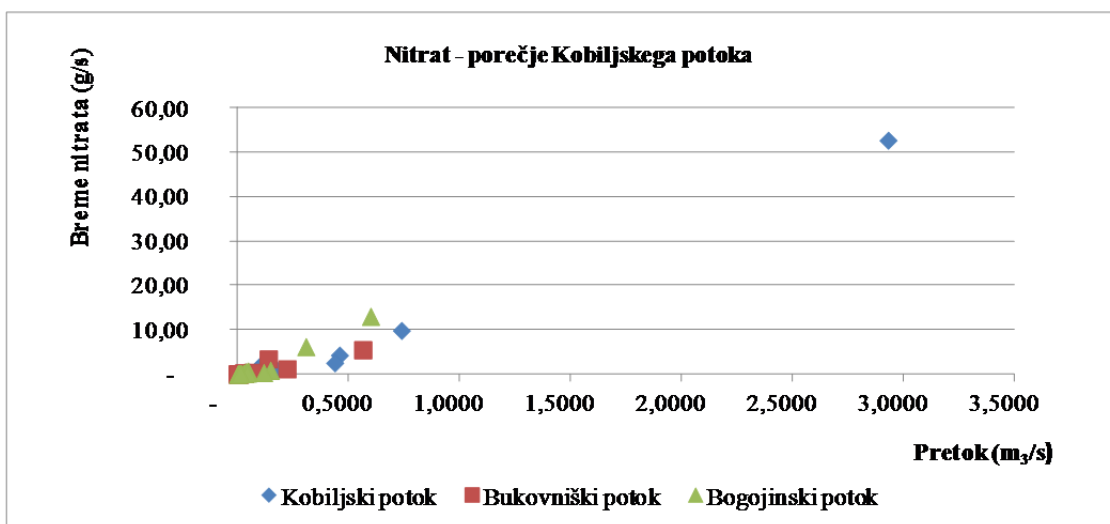
Slika 79: Breme amonija [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 79: Ammonium compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time



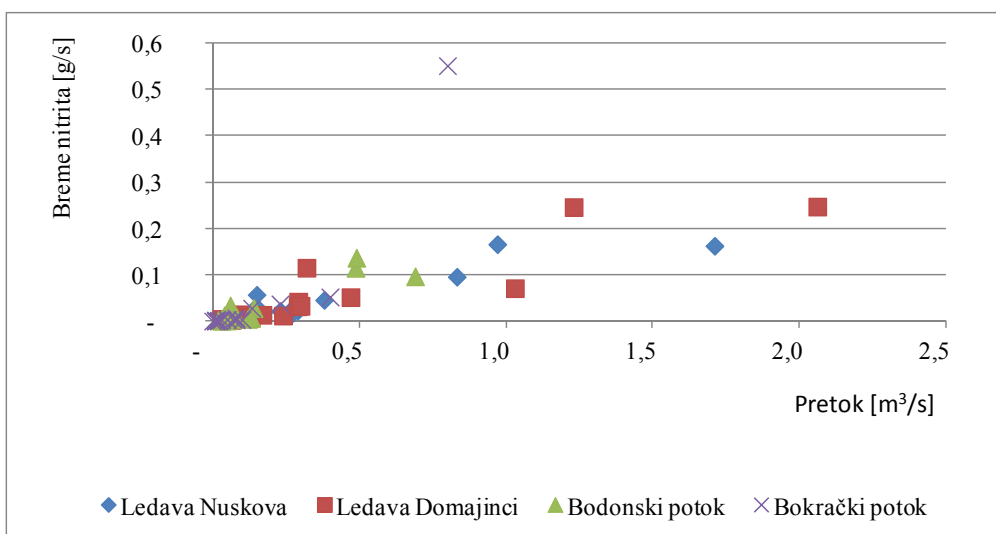
Slika 80: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 80: Nitrate compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 81: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 81: Nitrate compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time

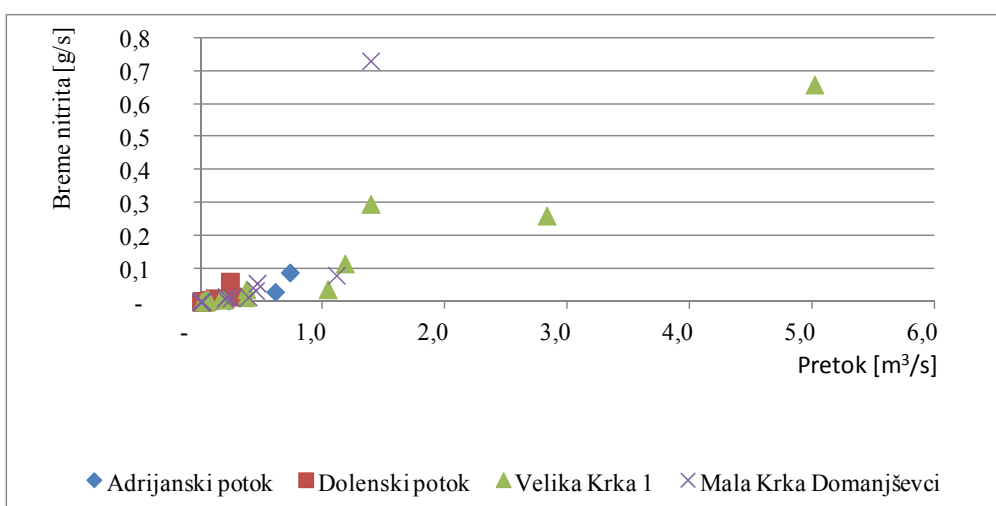


Slika 82: Breme nitrata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 82: Nitrate compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time



Slika 83: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja

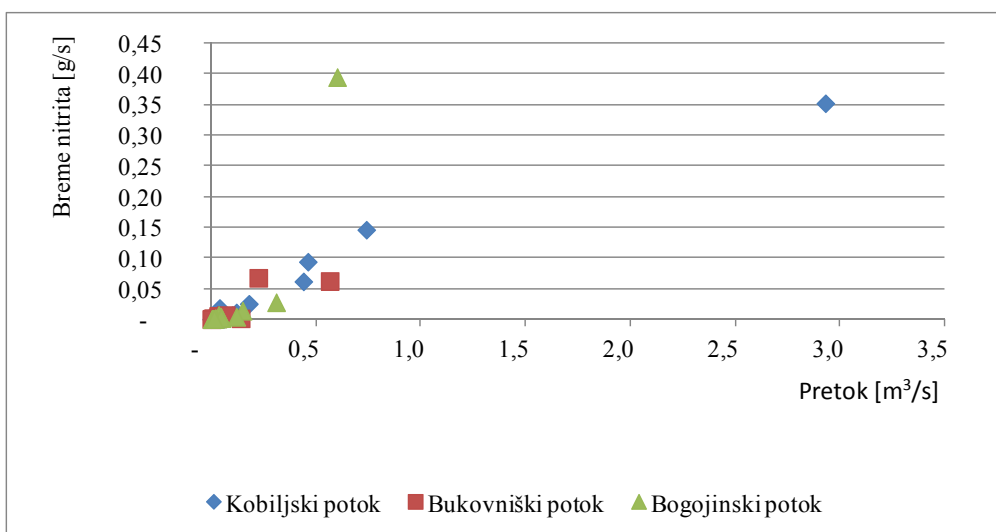
Figure 83: Nitrite compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



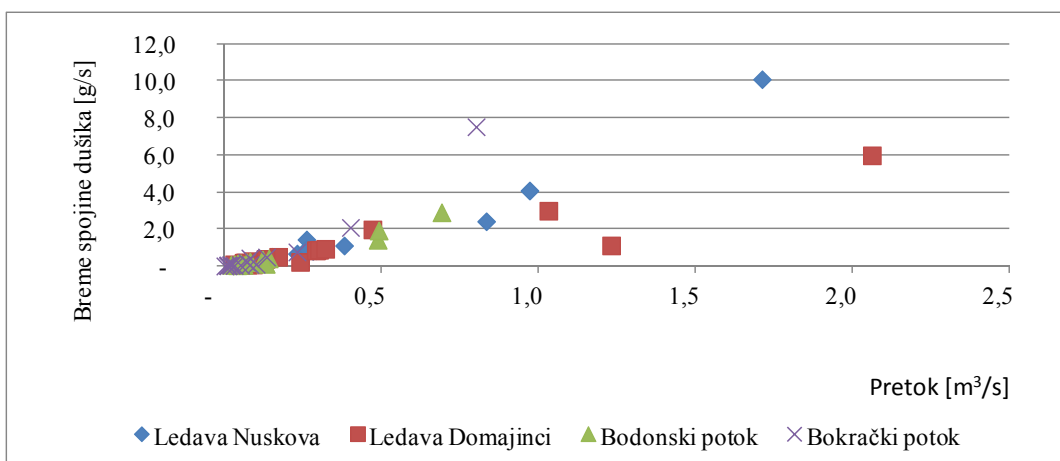
Slika 84: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja

Figure 84: Nitrite compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time

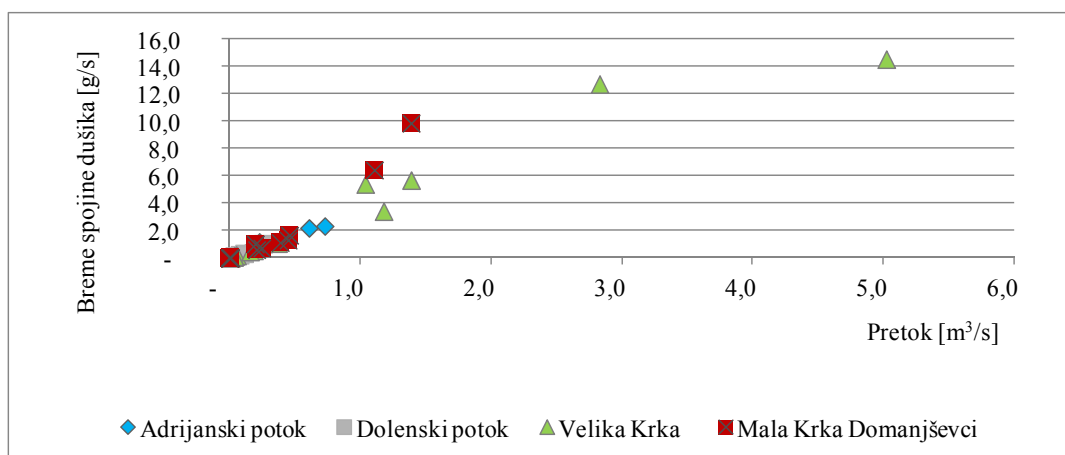




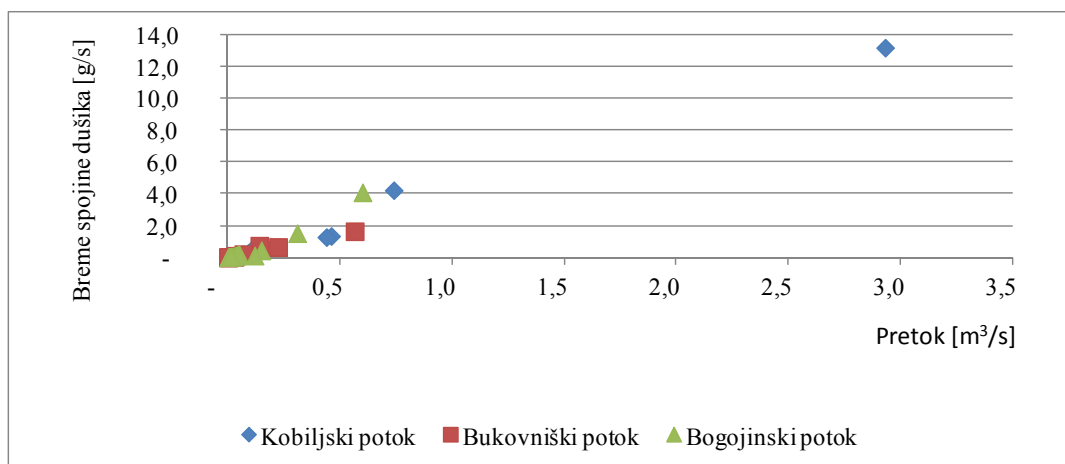
Slika 85: Breme nitrita [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 85: Nitrite compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time



Slika 86: Breme spojine dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
Figure 86: Total nitrogen compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



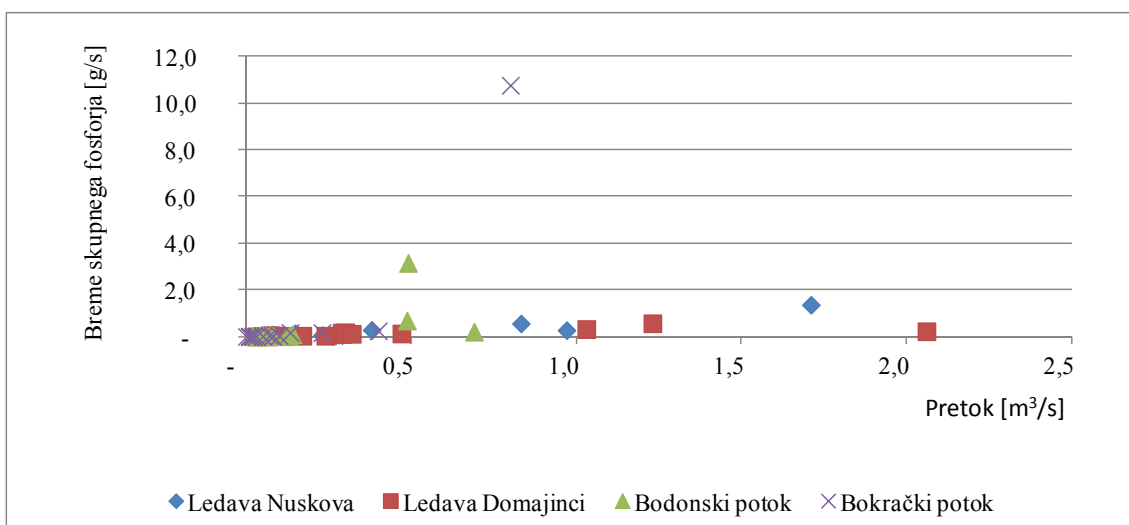
Slika 87: Breme spojin dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 87: Total nitrogen compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



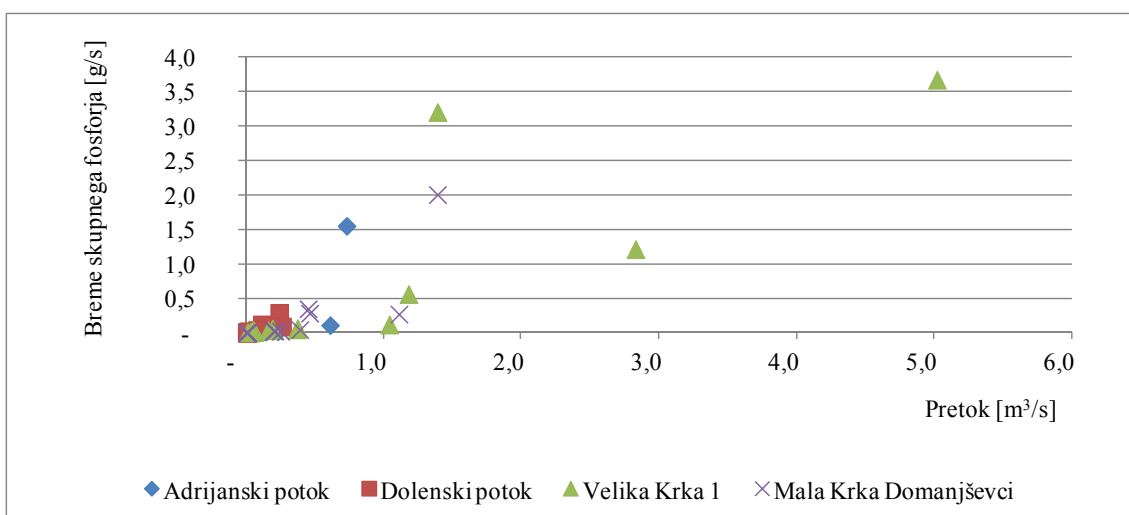
Slika 88: Breme spojin dušika [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 88: Total nitrogen compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.2.3 Breme onesnaženja s fosforjevimi spojinami

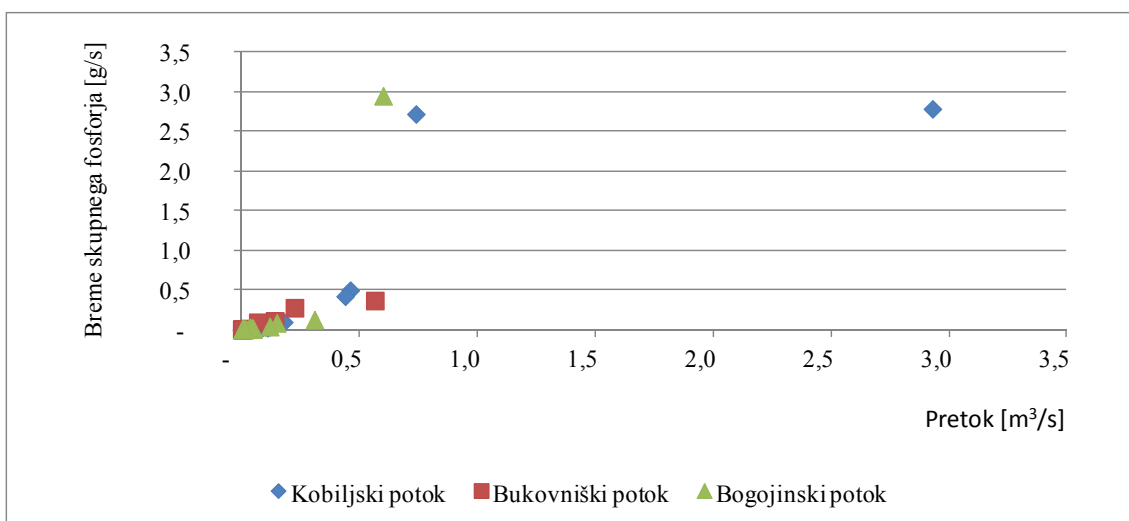
Breme onesnaženja s fosforjevimi spojinami smo prikazali na slikah 89 do 94. Slika 89 prikazuje breme onesnaženja za skupni fosfor v porečju Ledave. Breme onesnaženja je stalno. Na podlagi teh rezultatov ocenjujemo, da je prispevek k bremenu onesnaženja tako na točkovni kakor tudi na strani razpršenih virov torej neurejena kanalizacijska infrastruktura kakor tudi kmetijstvo (živinoreja) (Ilić in Panjan, 2016).



Slika 89: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja  
*Figure 89: Total phosphorus compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time*

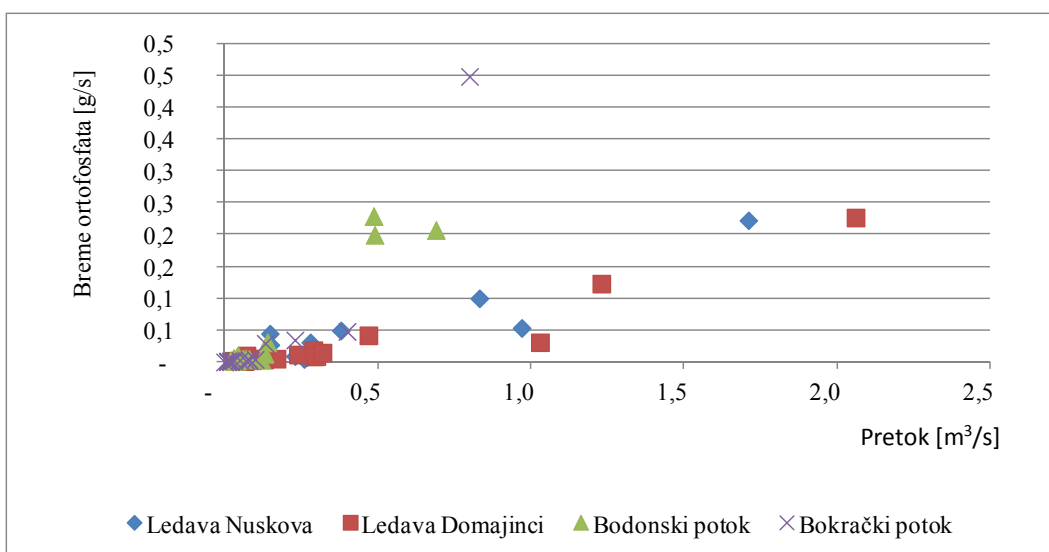


Slika 90: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
*Figure 90: Total phosphorus compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time*



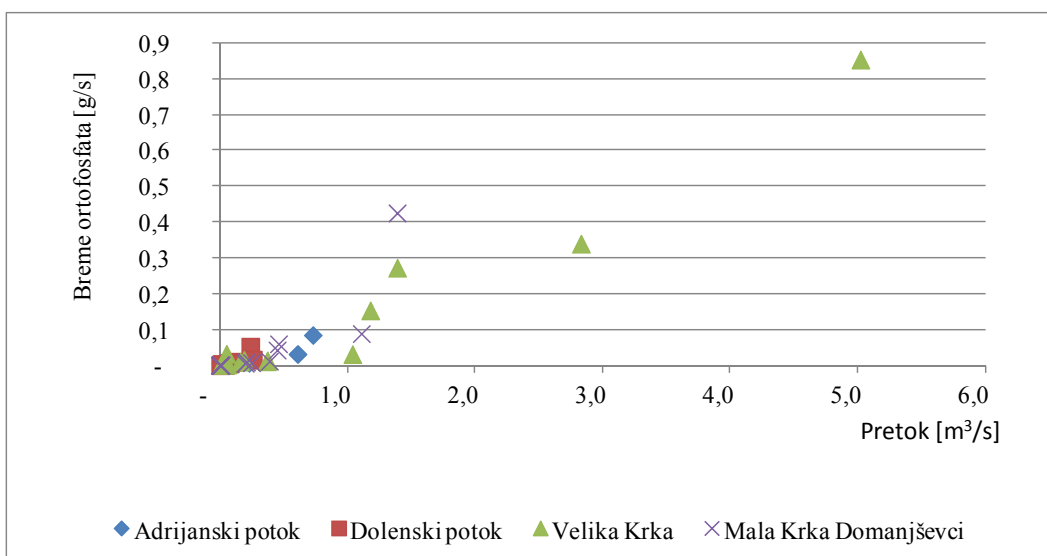
Slika 91: Breme skupnega fosforja [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja

Figure 91: Total phosphorus compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

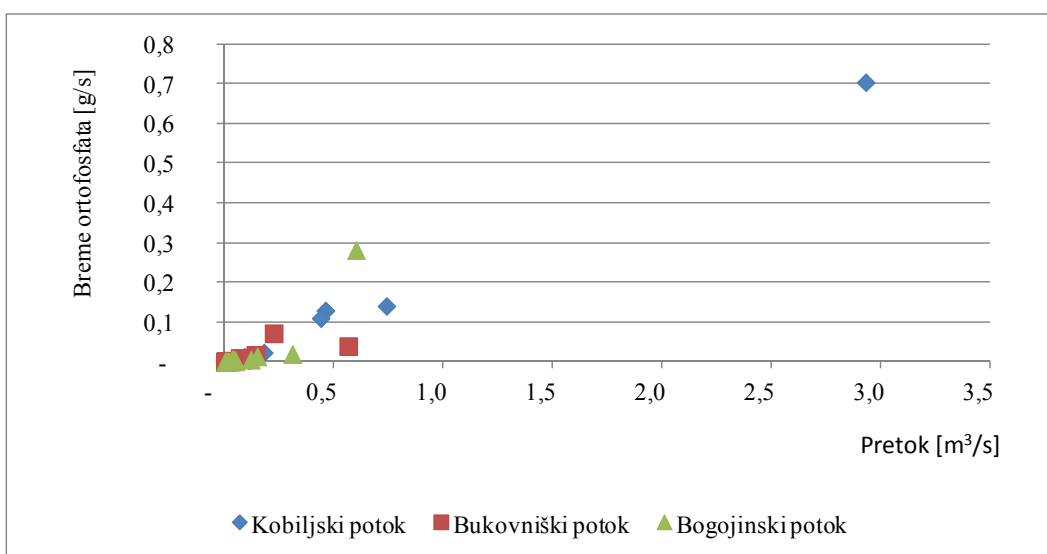


Slika 92: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Ledave v času vzorčevanja

Figure 92: Orthophosphate compound pollution [g/s] at sampling points of Ledava river basin in sampling time



Slika 93: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Velike Krke v času vzorčevanja  
Figure 93: Orthophosphate compound pollution [g/s] at sampling points of Velika Krka river basin in sampling time



Slika 94: Breme ortofosfata [g/s] na mestih vzorčevanja v porečju Kobiljskega potoka v času vzorčevanja  
Figure 94: Orthophosphate compound pollution [g/s] at sampling points of Kobiljski potok river basin in sampling time

#### 4.2.4 Statistični model za izračun bremena onesnaženja

Dejavniki, ki vplivajo na procese v naravnih ekosistemih so različni in jih je težko nadzirati. V poglavju 4.2.1 smo dokazali trend naraščanja bremena onesnaženja v odvisnosti od pretoka. Trendi pri večini parametrov jasno nakazujejo, da je vpliv razpršenih virov na stanje v rekah pomemben. Opazen

je tudi precejšen vpliv umetnega zadrževalnika Ledavsko jezero na vzorčevalnem mestu Ledava Domajinci.

Na podlagi rezultatov meritev smo za vsak parameter izdelali statistični model za izračun bremena onesnaženja onesnaženosti v odvisnosti od pretoka. Statistični modeli so prikazani v preglednicah 21 do 23. Rezultate statističnih modelov za skupni dušik in skupni fosfor predstavljamo na slikah 95 do 100. Premice na slikah ponazarjajo breme onesnaženja ob teoretično predpostavljenih pretokih. Modeli nakazujejo večjo občutljivost na breme onesnaženja tistih vodotokov, ki imajo realno nižje pretoke. Ogroženost takih vodotokov je večja.

Preglednica 20: Model bremena onesnaženja za porečje Ledave v odvisnosti od pretoka

Table 21: Model of compound pollution of Ledava river basin in correlation with flow

	Ledava Nuskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokrački potok
BPK <sub>5</sub>	$y=2,1730x - 0,1577$	$y=3,0497x + 0,0537$	$y=4,0569x - 0,1560$	$y=6,0777x - 0,2814$
R <sup>2</sup>	0,9507	0,9838	0,7947	0,9210
KPK	$Y=6,9691x - 0,1503$	$y=5,2970x + 0,6351$	$y=22,0105x - 0,8120$	$y=117,5734x - 7,0996$
R <sup>2</sup>	0,8754	0,7042	0,5977	0,8794
NO <sup>3-</sup>	$y=24,6064x - 2,8299$	$y=9,8693x - 0,9743$	$y=11,6808x - 0,4367$	$y=16,0472x - 0,3016$
R <sup>2</sup>	0,9581	0,8869	0,9518	0,9583
NO <sup>2-</sup>	$y=1,1087x + 0,0030$	$y=1,1308x + 0,0001$	$y=1,2010x - 0,0040$	$y=1,5952x - 0,0299$
R <sup>2</sup>	0,9168	0,9062	0,9122	0,9137
NH <sup>4+</sup>	$y=0,1079x + 0,0103$	$Y=0,2253x - 0,0014$	$Y=0,2584x - 0,0029$	$y=0,5862x - 0,0256$
R <sup>2</sup>	0,7394	0,8887	0,8396	0,9025
N (skupni)	$y=5,4510x - 0,4869$	$y=2,5233x - 0,0067$	$y=3,9656x - 0,1246$	$y=8,6945x - 0,3360$
R <sup>2</sup>	0,9687	0,9195	0,9782	0,9648
P (skupni)	$Y=0,7145x - 0,0669$	$y=0,1967x + 0,0383$	$y=2,1673x - 0,0823$	$y=11,2257x - 0,6557$
R <sup>2</sup>	0,9301	0,7352	0,5657	0,8774
Ortofosfat	$Y=0,1164x - 0,0057$	$Y=0,1015x - 0,0105$	$Y=0,3904x - 0,0175$	$y=0,4869x - 0,0236$
R <sup>2</sup>	0,9277	0,9480	0,9608	0,9197

Preglednica 21: Model bremena onesnaženja za porečje Velike Krke v odvisnosti od pretoka

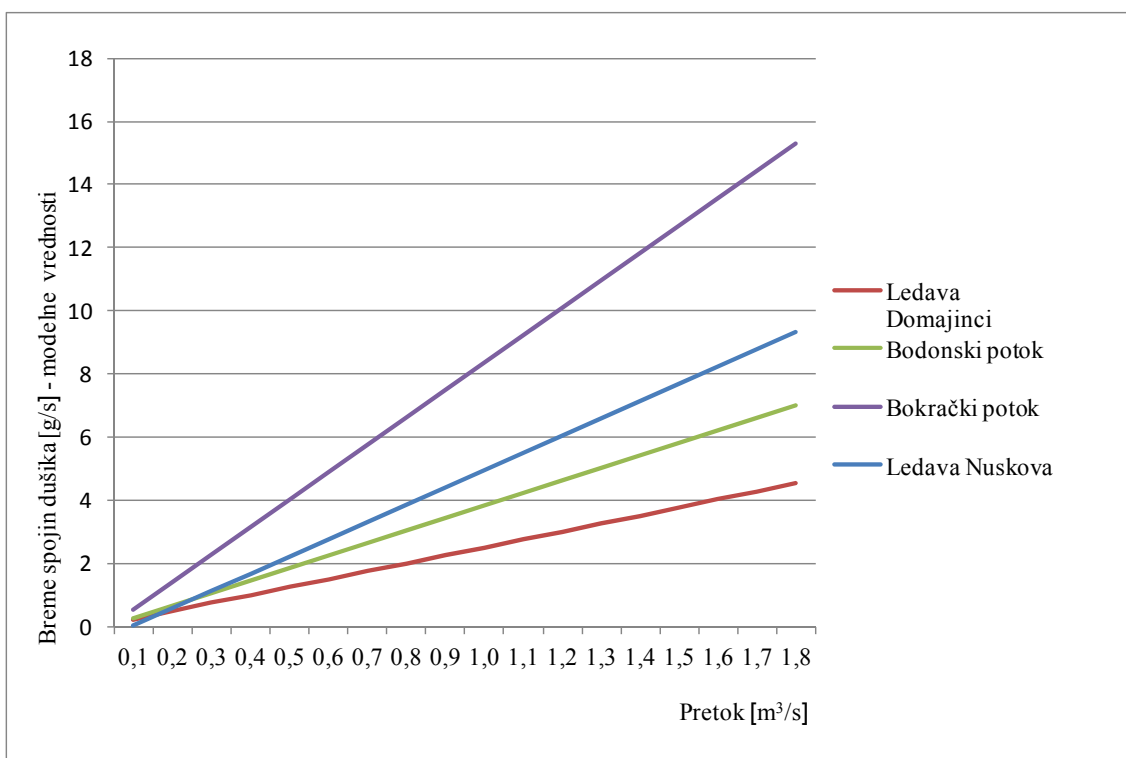
Table 22: Model of compound pollution of Velika Krka river basin in correlation with flow

	Adrijanski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka Domanjševci
BPK <sub>5</sub>	$y=3,7013x - 0,2353$	$y=2,8070x - 0,0276$	$y=1,7648x + 0,1635$	$Y=2,2232x - 0,0800$
R <sup>2</sup>	0,8801	0,8490	0,9041	0,9781
KPK	$y=42,2119x - 3,6502$	$y=35,2532x - 0,5151$	$y=10,0260x + 0,4156$	$y=24,7577x - 2,2772$
R <sup>2</sup>	0,7553	0,7001	0,8080	0,8007
NO <sup>3-</sup>	$y=12,0012x - 0,3521$	$y=12,3852x - 0,1321$	$y=10,8959x + 0,9363$	$y=26,6979x - 1,6474$
R <sup>2</sup>	0,9259	0,9318	0,9024	0,9572
NO <sup>2-</sup>	$y=1,0948x - 0,0058$	$y=1,1460x - 0,0016$	$y=1,1254x - 0,0087$	$Y=1,3345x - 0,0310$
R <sup>2</sup>	0,8990	0,7981	0,9638	0,7891
NH <sup>4+</sup>	$y=0,0684x + 0,0002$	$y=0,1189x + 0,0001$	$y=0,0956x + 0,0039$	$y=0,1127x - 0,0066$
R <sup>2</sup>	0,8538	0,7653	0,9852	0,9381
N (skupni)	$y=3,4686x - 0,0481$	$y=3,8536x - 0,0245$	$y=3,2979x + 0,1949$	$y=6,3466x - 0,3201$
R <sup>2</sup>	0,9826	0,9948	0,9690	0,9707
P (skupni)	$y=1,3852x - 0,1129$	$y=0,7560x - 0,0041$	$y=0,7176x - 0,0102$	$y=0,9606x - 0,0728$
R <sup>2</sup>	0,7662	0,8369	0,8416	0,8199
Ortofosfat	$y=0,0905x - 0,0037$	$y=0,1288x - 0,0006$	$y=0,1600x - 0,0170$	$y=0,2119x - 0,0167$
R <sup>2</sup>	0,9063	0,8239	0,9753	0,8501

Preglednica 22: Model bremena onesnaženja za porečje Kobiljskega potoka v odvisnosti od pretoka

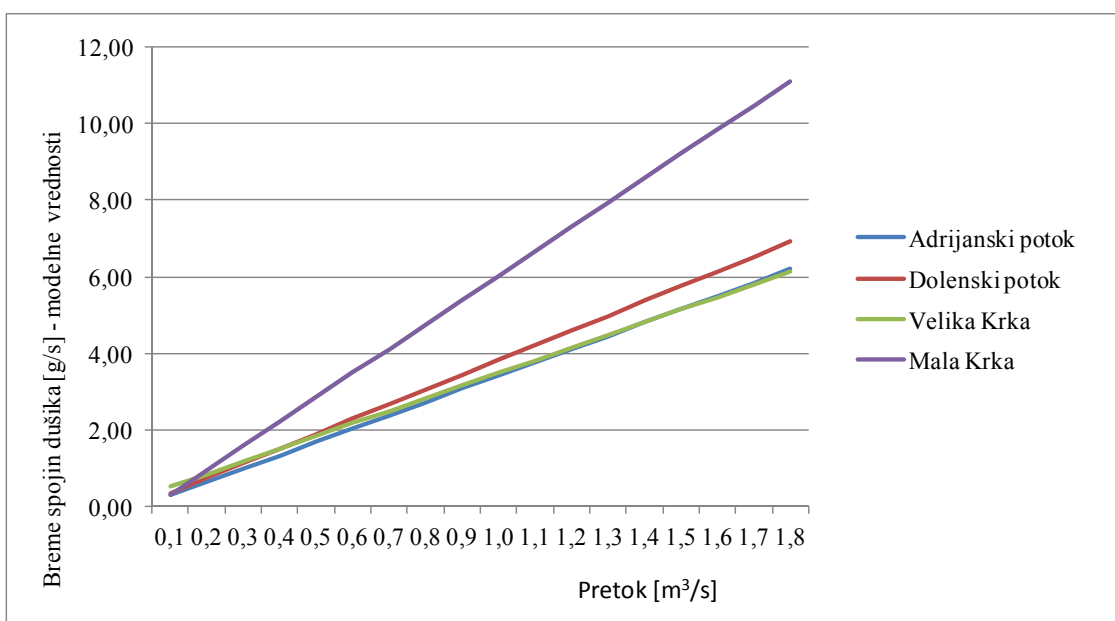
Table 23: Model of compound pollution of Kobiljski potok river basin in correlation with flow

	Kobiljski potok	Bukovniški potok	Bogojinski potok
BPK <sub>5</sub>	$y=1,9505x + 0,2812$	$y=2,114x + 0,0572$	$y=5,5042x - 0,1778$
R <sup>2</sup>	0,6778	0,7464	0,9055
KPK	$y=13,8037x + 2,1434$	$y=12,0242x + 0,3091$	$y=84,1167x - 3,4050$
R <sup>2</sup>	0,6189	0,7775	0,8887
NO <sup>3-</sup>	$y=17,8409x - 1,0935$	$y=9,7610x + 0,0104$	$y=21,3262x - 0,4952$
R <sup>2</sup>	0,9916	0,9235	0,9779
NO <sup>2-</sup>	$y=1,1246x + 0,0032$	$y=1,1281x + 0,0003$	$y=1,5533x - 0,0205$
R <sup>2</sup>	0,9813	0,8597	0,8968
NH <sup>4+</sup>	$y=0,1202x + 0,0020$	$y=0,2214x + 0,0070$	$y=0,2503x - 0,0075$
R <sup>2</sup>	0,9927	0,4826	0,9218
N (skupni)	$y=4,5538x - 0,1149$	$Y=2,9894x + 0,0071$	$Y=0,9766x - 0,1407$
R <sup>2</sup>	0,9945	0,9827	0,9766
P (skupni)	$y=1,0719x + 0,0515$	$y=0,7164x + 0,0043$	$y=4,8991x - 0,1594$
R <sup>2</sup>	0,8384	0,9547	0,8858
Ortofosfat	$y=0,2422x - 0,0094$	$y=0,0987x + 0,0024$	$y=0,3947x - 0,0138$
R <sup>2</sup>	0,9972	0,7373	0,8991



Slika 95: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Ledave

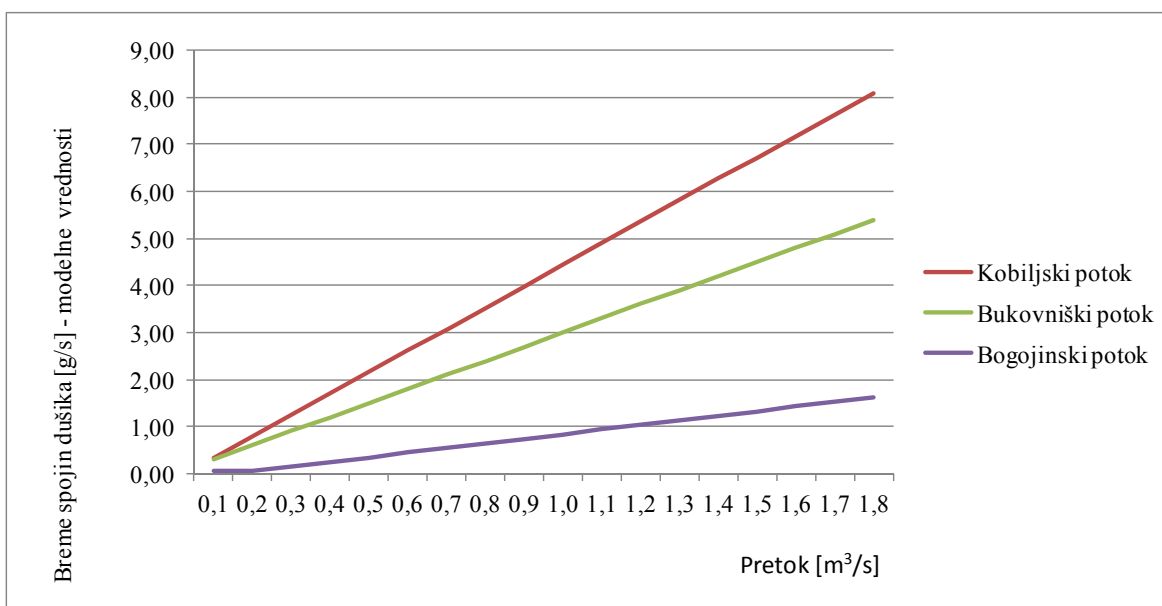
Figure 95: Results of model of total nitrogen compound pollution [g/s] of Ledava river basin



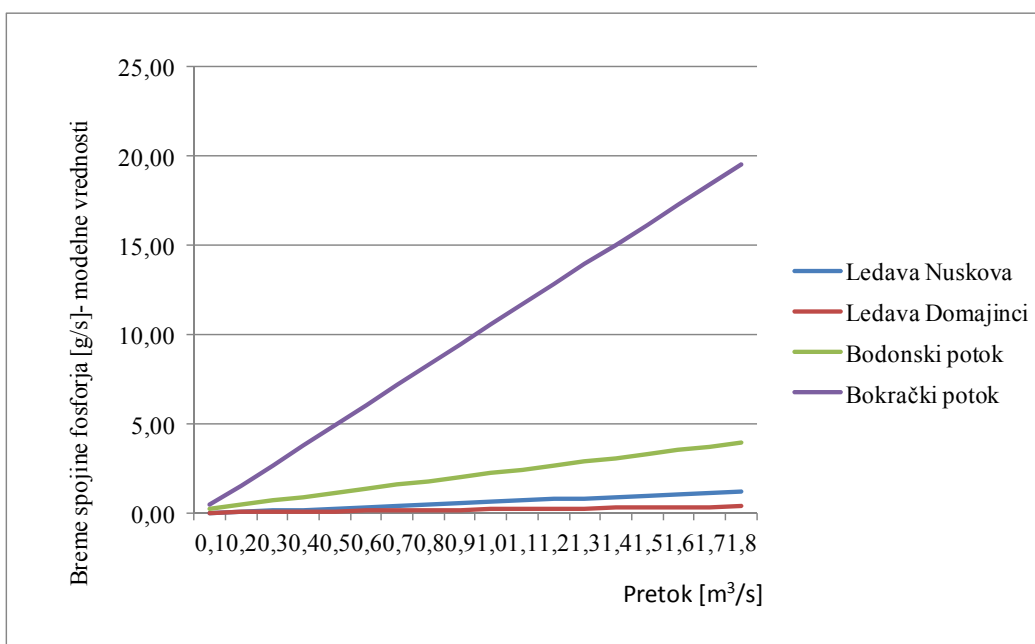
Slika 96: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Velike Krke

Figure 96: Model of total nitrogen compound pollution [g/s] of Velika Krka river basin

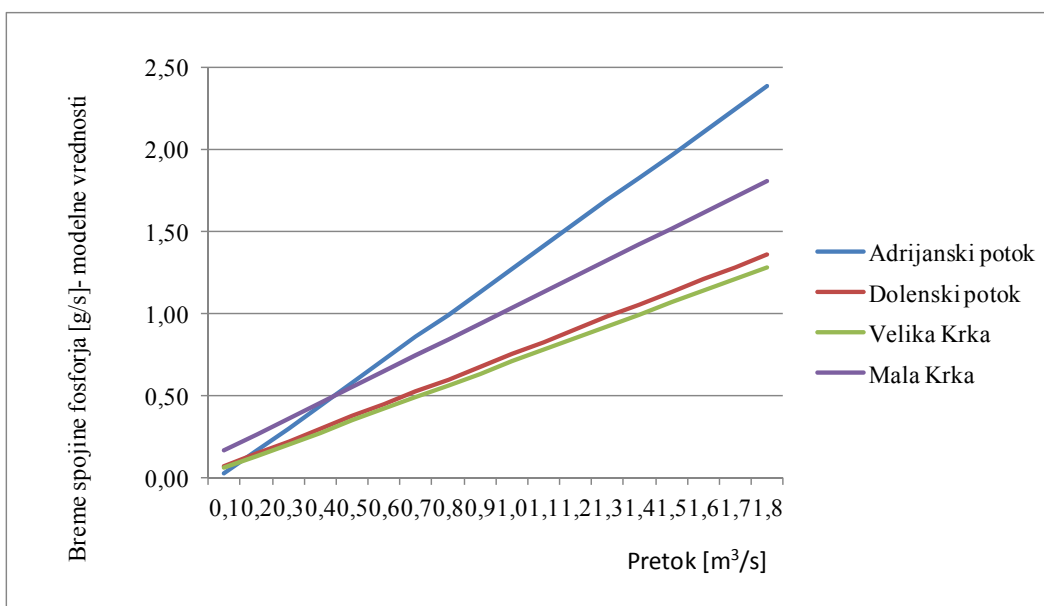




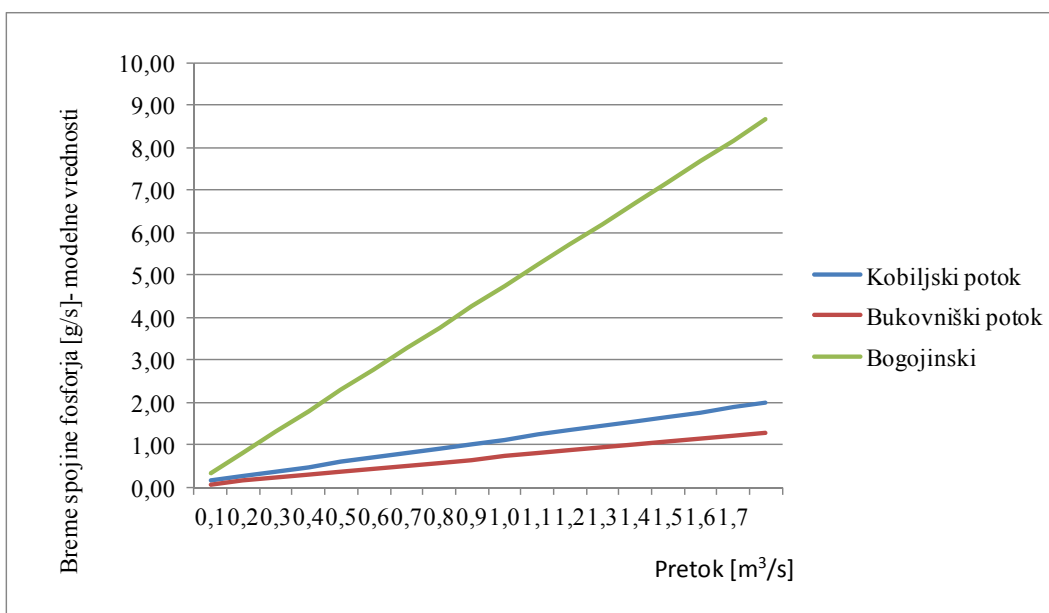
Slika 97: Rezultati modela bremena skupnega dušika [g/s] v porečju Kobiljskega potoka  
Figure 97: Results of model of total nitrogen compound pollution [g/s] of Kobiljski potok river basin



Slika 98: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Ledave  
Figure 98: Results of model of total phosphorus compound pollution [g/s] of Ledava river basin



Slika 99: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Velike Krke  
Figure 99: Results of model of total phosphorus compound pollution [g/s] of Velika Krka river basin

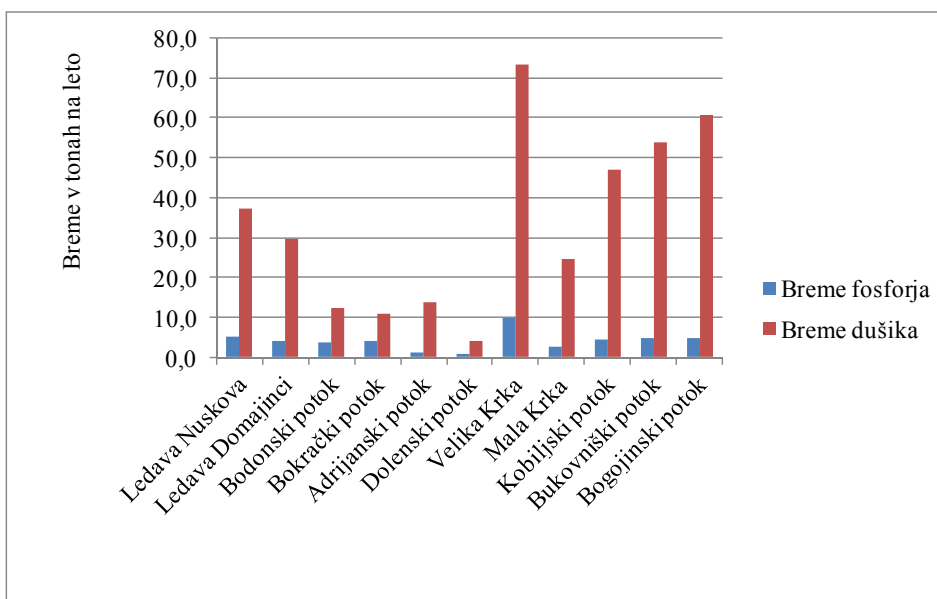


Slika 100: Rezultati modela bremena skupnega fosforja [g/s] v porečju Kobiljskega potoka  
Figure 100: Results of model of total phosphorus compound pollution [g/s] of Kobiljski potok river basin

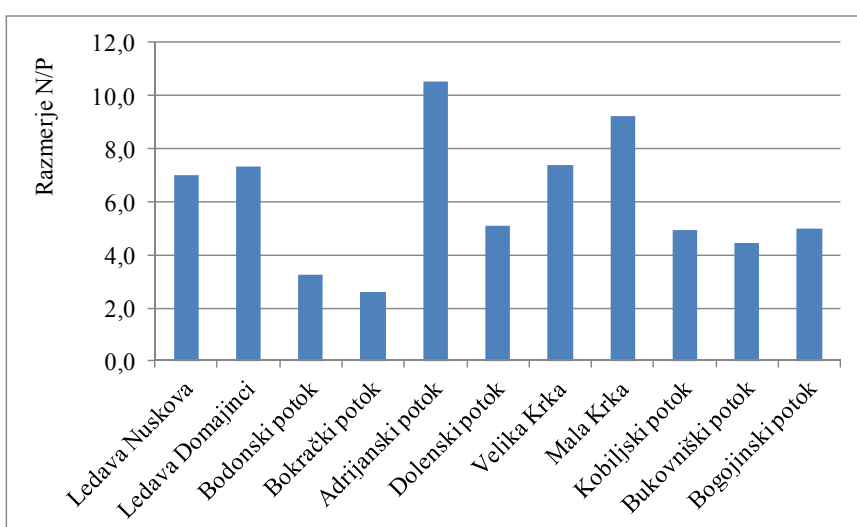
### 4.3 Breme celotnega dušika in fosforja

Na podlagi srednje vrednosti meritev in pretoka, smo izračunali celotno breme dušikovih in fosforjevih spojin na odvzemnih mestih, v obdobju enega leta.

Slika 101 prikazuje breme celotnega dušika in fosforja na vzorčevalnih mestih, slika 102 prikazuje razmerje med fosforjem in dušikom. Glede na rezultate na sliki 102 sklepamo, da so na vseh vodotokih na območju Krajinskega parka Goričko ustvarjeni pogoji za razvoj alg. Posebej ogroženi so potoki z majhnim pretoki: Bogojinski, Dolenski in Bokrački potok. Če primerjamo porečja, je glede bremena onesnaženosti najbolj izpostavljeno porečje Kobiljskega potoka, saj predvsem breme onesnaženosti z dušikom posebej visoko.



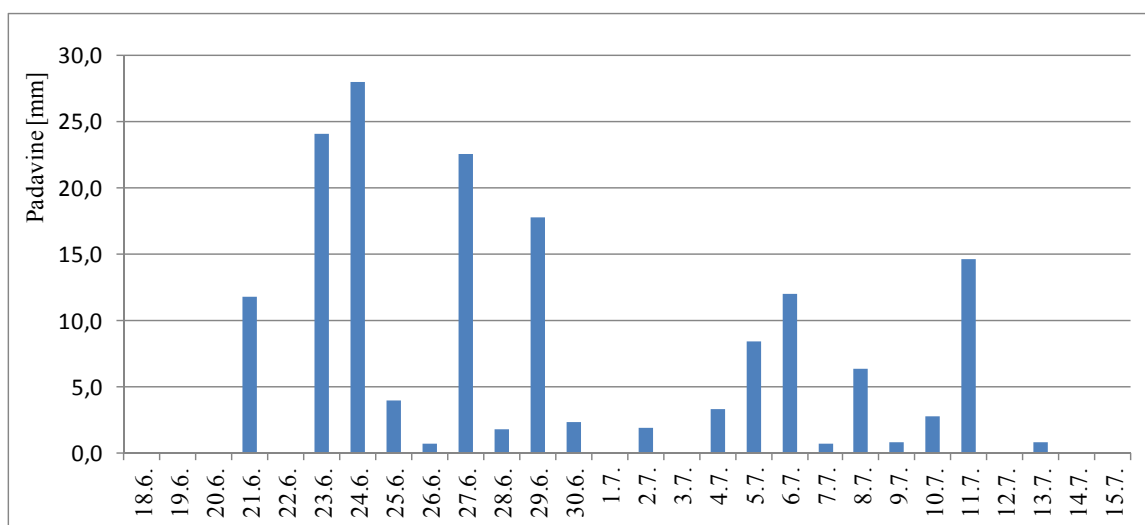
Slika 101: Celotno breme fosforja in dušika [t/leto] na mestih vzorčevanja  
 Figure 101: Total phosphorus and nitrogen compound [t/year] at sampling points



Slika 102: Razmerje med fosforjem in dušikom na mestih vzorčevanja  
 Figure 102: The ratio between the phosphorus and nitrogen

#### 4.4 Rezultati izrednega vzorčevanja

V tem poglavju predstavljamo rezultate meritev izrednih vzorčevanj v času obsežnejših padavinskih dogodkov. Izredne meritve smo načrtovali za čas, ko je vremenska napoved obetala daljše padavinsko obdobje. Pri obdelavi podatkov smo zajeli tudi podatke 14. in 15. rednega vzorčevanja. V času od 18. junija 2009 do 9. julija 2009 je padlo skupaj 165,4 mm padavin. Padavine na vremenski postaji Veliki Dolenci po dnevih so prikazane na sliki 103. Na raziskovanem območju ni drugih vremenskih postaj, zato predvidevamo, da so padavine bile lokalno sicer različno razporejene, ker so pa bile padavine frontalnega značaja, predvidevamo da lokalno ni bilo bistvenih razlik v višini padavin.

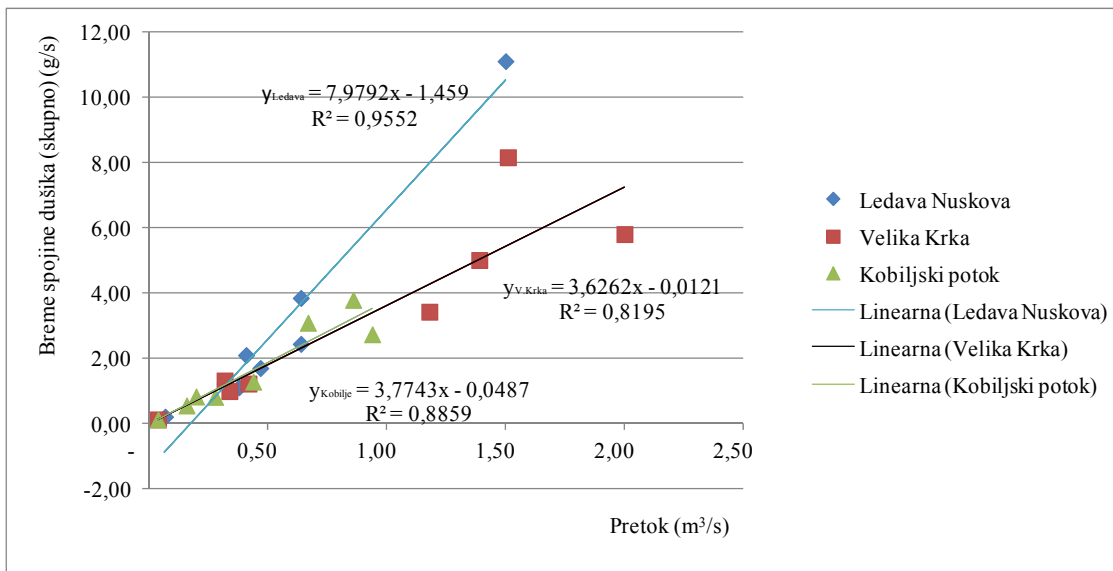


Slika 103: Višina padavin [mm] na vremenski postaji Veliki Dolenci (ARSO, 2013)

Figure 103: Amount of precipitation [mm] from the weather station Veliki Dolenci (ARSO, 2013)

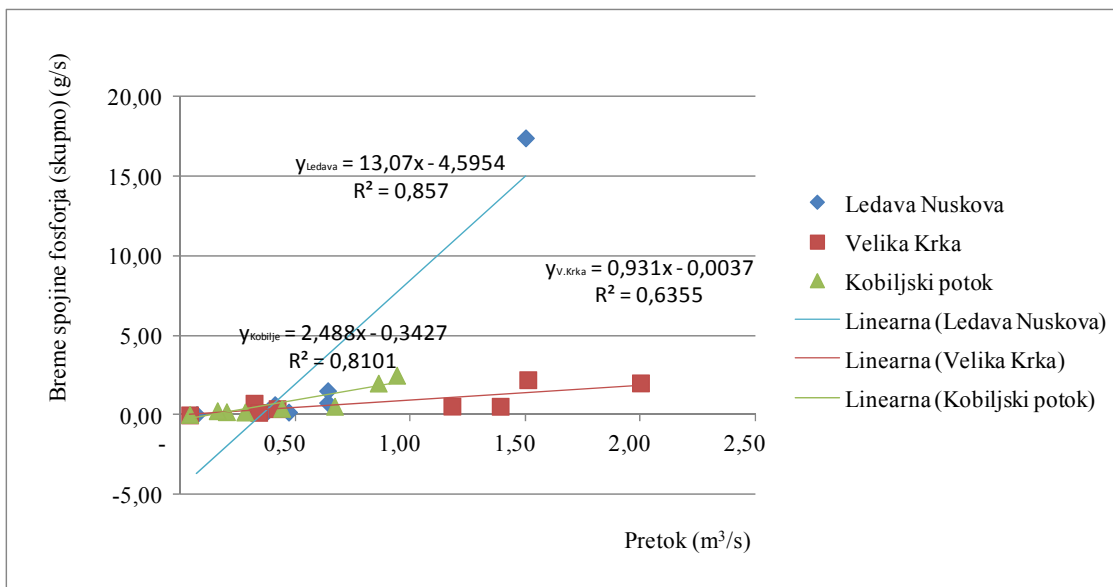
Rezultate izrednih meritev za vzorčevalno mesto Ledava Nuskova so prikazani v prilogi E, za vzorčevalno mesto Kobiljskega potoka v prilogi D in za vzorčevalno mesto Velike Krke v prilogi A. Breme onesnaženja s skupnim dušikom v času izrednega vzorčevanja prikazujemo na sliki 104. Primerjali smo modelne vrednosti pri pretoku  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  v primeru rednih meritev in v primeru izrednih meritev. Samo na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova smo ugotovili izrazito večje breme onesnaženja s skupnim dušikom. Na vzorčevalnem mestu Kobiljski potok je breme onesnaženja v času izrednih meritev le nekoliko večje od tistega v času rednih meritev. Na vzorčevalnem mestu Velika Krka je breme onesnaženja v času izrednih meritev podobno tistemu v času rednih meritev. Ugotavljamo, da je spiranje skupnega dušika iz razpršenih virov najbolj intenzivno na vplivnem območju vzorčevalnega mesta Ledava Nuskova. Podobno ugotavljamo tudi pri bremenu onesnaženja za skupni fosfor (slika 105). Le na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova ugotavljamo v času izrednih vremenskih dogodkov večje breme onesnaženja s skupnim fosforjem kot v času rednih meritev. Tako na vzorčevalnem mestu Velika Krka kakor tudi na vzorčevalnem mestu Kobiljski potok ugotavljamo v času izrednih meritev ob simuliranem pretoku  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  manjše breme onesnaženja s skupnim

fosforjem. Tudi spiranje skupnega fosforja je najbolj intenzivno na vplivnem območju Ledava Nuskova.



Slika 104: Breme onesaženja s skupnim dušikom v času padavinskih dogodkov

Figure 104: Total nitrogen compound pollution at rainfall events



Slika 105: Breme onesaženja s skupnim fosforjem v času padavinskih dogodkov

Figure 105: Total phosphorus compound pollution at rainfall events

#### 4.5 Ocena virov dušikovih in fosforjevih spojin na območju Krajinskega parka Goričko z bilančno metodo

V tem poglavju smo določili vire in transportne poti dušikovih in fosforjevih spojin na raziskovanem območju Krajinskega parka Goričko od povzročitelja do hidrosfere. Metodološki pristop smo opisali v poglavju 3.2. V okviru raziskovanja nas je zanimala predvsem tista količina, ki pride do hidrosfere, kjer povzroča slabo kemijsko stanje.

#### **4.5.1 Odvajanje komunalne odpadne vode iz gospodinjstev**

Preglednici 23 in 24 prikazujeta izračun skupno izločenega fosforja in skupnega dušika s strani prebivalcev na raziskovanem področju Krajinskega parka Goričko in transportne poti prenosa dušika in fosforja v hidrosfero. Transport dušika in fosforja po poti »prebivalstvo-gnojnična jama-kmetijske površine v uporabi« v preglednicah 23 in 24 ni zajet ampak ga zajemamo v izračunih za kmetijske površine (prispevek k skupni izgubi fosforjevih spojin s kmetijskih površin v uporabi). Na raziskovanem področju (439,22 km<sup>2</sup>) živi skupaj 19.391 prebivalcev. Komunalna infrastruktura s področja zdravstvene hidrotehnike večinoma še ni izgrajena. V fazi poteka raziskave je za območje celotnega Pomurja potekal postopek priprave državnega prostorskega načrta za ureditev celovite oskrbe prebivalstva s pitno vodo in varovanja vodnih virov Pomurja. Po operativnem programu odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (Operativni program..., 2004), je področje, ki spadajo v poselitveno območje, kjer je poselitev manjša od 20 PE/ha, potrebno opremiti s komunalno infrastrukturo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode do leta 2015 oz. 2017, zato komunalna infrastruktura za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode večinoma ni izgrajena. Na podlagi podatkov (Popis načina..., 2005) na območju Občine Šalovci o načinu odvajanja komunalnih odpadnih voda iz gospodinjstev smo z ekstrapolacijo izdelali ocene za celotno raziskovalno območje. Na čistilne naprave je priključenih le 20 % prebivalstva. Ostali večinoma odvajajo komunalno odpadno vodo skozi pretočne greznice in sicer s transportom prek kmetijskih površin v uporabi (20%) in skozi pretočne greznice (40%) s transportom prek izpusta. Nekateri (10%) odvajajo komunalno odpadno vodo v gnojnične jame, ki se nato distribuira na kmetijske površine. Ostali (10%) spuščajo komunalno odpadno vodi direktno v odvodnike. Za izračun skupne proizvodnje dušikovih in fosforjevih spojin smo po Dojlido in Best (1993) uporabil količino fosforja in dušika, ki ga proizvede 1 populacijska enota (PE) in sicer za fosfor 3 g na prebivalca na dan in za dušik 12 g na prebivalca na dan. V proizvodnji fosforja je upoštevana uporaba pralnih praškov, ki vsebujejo fosfate. Po internih podatkih Henkla (Wind, 2007) je poraba detergentov v Sloveniji 10 kg na prebivalca na leto. Po Pillayu (2000) vsebujejo detergenti v povprečju 6,5 % fosforja. Ocenjujemo, da se iz čistilnih naprav izloča minimalna količina fosforjevih in dušikovih spojin v skladu z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih voda iz komunalnih čistilnih naprav (Uredba o emisiji..., 2007). To pomeni, da se iz čistilnih naprav, na katerih se izvaja primarno in sekundarno čiščenje, brez terciarnega čiščenja, odstrani 36% dušika in 25% fosforja. Po Gilliom in Clayton (1983) smo upoštevali, da se 95% fosforja

odstrani iz komunalne odpadne vode ki prihaja v okolje iz pretočnih greznic. Zaradi poznavanja stanja greznic, smo ta odstotek modificirali na 80%. Po podatkih Toor in sod. (2011), smo ocenili, da 65 % skupnega dušika doseže vodno telo iz komunalne odpadne vode, ki se odvaja preko pretočnih greznic.

#### 4.5.2 Kmetijstvo

Iz rezultatov monitoringa, ki smo ga opravili na 11 vzorčevalnih mestih v 18 zaporednih mesecih, in iz grafov, ki prikazujejo breme onesnaženja v odvisnosti od pretoka, sklepamo, da so na območju Krajinskega parka Goričko difuzni viri pomemben vir obremenjevanja hidrosfere. Ker gre za zavarovano področje, ocenjujemo, da 70% kmetij kmetuje v skladu s Pravilnikom za izvajanje dobre kmetijske prakse (Pravilnik..., 2004). Kmetje redijo v Krajinskem parku 22.442 GVŽ, kar pomeni 2,18 GVŽ na hektar njiv, vrtov in travnikov. Ocenili smo, da največji delež v reji predstavljata govedoreja in prašičereja. Za izračun letne količine izločenega fosforja smo upoštevali vrednost 20 kg P/GVŽ in 85 kg N/GVŽ, ki smo jo ocenili na podlagi podatkov letne količina hranil v izločkih na 1000 kg žive teže živali (Nekrep, 2004). Dovoljena obtežba kmetijske zemlje v uporabi z živino so predpisane v Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uredba o mejni..., 2005), ki predpisuje največjo dovoljeno obtežbo 2 do 2,8 GVŽ/ha (odvisno od vrste živali). Za prejemnike kmetijskih okoljskih plačil (KOP) so normativi za obtežbo določeni v Uredbi o plačilih za kmetijsko okoljske ukrepe iz Programa razvoja podeželja za Republiko Slovenijo 2004-2006 v letih 2007-2010 (Uredba o plačilih..., 2007), ki dovoljuje obtežbo maksimalno 1,9 GVŽ/ha kmetijskih zemljišč v uporabi. V tabelah 29 in 30 je prikazana skupna proizvodnja dušikovih in fosforjevih spojin in obremenitev odvodnikov z direktnimi izpusti iz živinoreje. Ocenjujemo, da je takih kmetij 10%. Ostali proizvedeni dušik in fosfor sta vključena v transportno pot prek kmetijskih površin kot je prikazano na sliki 17. Po podatkih (Fluvial transport, 1984) smo ocenili izgube dušikovih in fosforjevih spojin iz kmetijskih površin. Ocene smo modificirali glede na strukturo rabe zemljišč in glede na način kmetovanja. Preglednici 23 do 28 prikazujejo izračun transporta in emitacije skupnega dušika in skupnega fosforja od povzročitelja do hidrosfere v skladu z metodologijo, ki smo jo opisali v poglavju 3.2. Pri izračunih smo upoštevali skupne izgube s kmetijskih površin. Te izgube zajemajo ves emitirani dušik in fosfor, katerega transport se konča na kmetijskih površinah, torej tudi dušik in fosfor iz vira prebivalci in živinoreja.

Preglednica 23: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani prebivalstva

Table 24: Total nitrogen compound pollution caused by inhabitants

Dušik (N)	Kobiljski potok			Ledava			Velika Krka			SKUPAJ
Število prebivalcev	1.843			13.157			4.391			19.391
Izločeni N/prebivalca/leto (kg)	4,38			4,38			4,38			4,38
Skupaj izločeni N (kg)	8.072,34			57.627,66			19.232,58			84.932,58
Način odvajanja	Izpust	ČN	Greznice	Izpust	ČN	Greznice	Izpust	ČN	Greznice	
Skupaj izločeni N (kg)	807,23	1.614,47	3.228,94	5.762,77	11.525,53	34.576,60	1.923,26	3.846,52	11.539,55	74.824,85
<b>Izločeni P v hidrosfero (kg)</b>	<b>807,23</b>	<b>1.033,26</b>	<b>1.937,36</b>	<b>5.762,77</b>	<b>7.376,34</b>	<b>20.745,96</b>	<b>1.923,26</b>	<b>2.461,77</b>	<b>6.923,73</b>	<b>48.971,68</b>

Preglednica 24: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani prebivalstva

Table 25: Total phosphorus compound pollution caused by inhabitants

Fosfor (P)	Kobiljski potok			Ledava			Velika Krka			SKUPAJ
Število prebivalcev	1.843			13.157			4.391			19.391
Izločeni P/prebivalca/leto (kg)	1,10			1,10			1,10			1,10
Skupaj izločeni P (kg/leto)	2.027,30			14.472,70			4.830,10			21.330,10
Način odvajanja	Izpust	ČN	Greznice	Izpust	ČN	Greznice	Izpust	ČN	Greznice	SKUPAJ
Skupaj izločeni P (kg)	202,73	405,46	810,92	1.447,27	2.894,54	8.683,62	483,01	966,02	2.898,06	18.791,63
<b>Izločeni P v hidrosfero (kg)</b>	<b>202,73</b>	<b>304,10</b>	<b>162,18</b>	<b>1.447,27</b>	<b>2.170,91</b>	<b>1.736,72</b>	<b>483,01</b>	<b>724,52</b>	<b>579,61</b>	<b>7.811,05</b>

Preglednica 25: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani kmetijstva – tehnologija po kmetijsko okoljskem programu

Table 26: Burdening of the hydrosphere with the total amount of phosphorus caused by agriculture – technology by agricultural environmental programme

Kmetijsko okoljski program	Kobiljski potok			Velika Krka			Ledava			SKUPAJ	
	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	kg/leto	
Njive in vrtovi	1.604,07	1,00	1.604,07	2.743,12	1,50	4.114,68	4.250,38	1,50	6.375,57	12.094,33	
Travniške površine	499,66	0,10	49,97	1.616,46	0,30	484,94	2.746,09	0,30	823,83	1.358,73	
Druge kmetijske površine	122,63	0,02	2,45	320,01	0,08	24,00	358,58	0,08	26,89	53,35	
Ostala nekmetijska zemljišča	171,72	0,02	3,43	370,24	0,08	27,77	800,46	0,08	60,03	91,24	
Trajni nasadi	222,77	0,20	44,55	177,80	0,70	124,46	574,64	0,70	402,25	571,26	
<b>Skupaj</b>	<b>2.620,85</b>		<b>1.704,47</b>	<b>5.227,63</b>		<b>4.775,85</b>	<b>8.730,15</b>		<b>7.688,58</b>	<b>14.168,90</b>	

Preglednica 26: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim fosforjem povzročeno s strani kmetijstva – konvencionalna pridelava

Table 27: Burdening of the hydrosphere with the total amount of phosphorus caused by farming – conventional

Konvencionalna pridelava	Kobiljski potok			Velika Krka			Ledava			SKUPAJ	
	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	Površina (ha)	Izgube fosforja kg/ha/leto	SKUPAJ kg/leto	kg/leto	
Njive in vrtovi	687,46	1,50	1.031,19	1.175,62	1,50	1.763,44	1.821,59	1,50	2.732,39	5.527,01	
Travniške površine	214,14	0,30	64,24	692,77	0,30	207,83	1.176,89	0,30	353,07	625,14	
Druge kmetijske površine	52,56	0,08	3,94	137,15	0,08	10,29	153,68	0,08	11,53	25,75	
Ostala nekmetijska zemljišča	73,60	0,08	5,52	158,67	0,08	11,90	343,06	0,08	25,73	43,15	
Trajni nasadi	95,47	0,70	66,83	76,20	0,70	53,34	246,27	0,70	172,39	292,56	
<b>Skupaj</b>	<b>1.123,22</b>		<b>1.171,72</b>	<b>2.240,41</b>		<b>2.046,79</b>	<b>3.741,49</b>		<b>3.295,10</b>	<b>6.513,62</b>	



Preglednica 27: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani kmetijstva – tehnologija po kmetijsko okoljskem programu

Table 28: *Burdening of the hydrosphere with the total amount of nitrogen caused by agriculture – technology agricultural environmental programme*

Kmetijsko okoljski program	Kobiljski potok			Velika Krka			Ledava			SKUPAJ
	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	SKUPAJ
	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	kg/leto
Njive in vrtovi	149,90	11,00	1.648,87	484,94	11,00	5.334,31	823,83	11,00	9.062,09	16.045,27
Travniške površine	36,79	6,50	239,13	96,00	6,50	624,02	107,57	6,50	699,22	1.562,37
Druge kmetijske površine	51,52	3,00	154,55	111,07	3,00	333,22	240,14	3,00	720,42	1.208,18
Ostala nekmetijska zemljišča	66,83	2,00	133,66	53,34	2,00	106,68	172,39	2,00	344,78	585,12
Trajni nasadi	786,25	8,00	6.290,04	1.568,29	8,00	12.546,31	2.619,04	8,00	20.952,36	39.788,70
<b>Skupaj</b>	<b>1.091,29</b>		<b>8.466,25</b>	<b>2.313,64</b>		<b>18.944,53</b>	<b>3.962,97</b>		<b>31.778,87</b>	<b>59.189,65</b>

Preglednica 28: Obremenjevanje hidrosfere s skupnim dušikom povzročeno s strani kmetijstva – konvencionalna pridelava

Table 29: *Burdening of the hydrosphere with the total amount of total nitrogen caused by farming – conventional*

Konvencionalna pridelava	Kobiljski potok			Velika Krka			Ledava			SKUPAJ
	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	Površina	Izgube dušika	SKUPAJ	SKUPAJ
	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	(ha)	kg/ha/leto	kg/leto	kg/leto
Njive in vrtovi	64,24	15,00	963,62	207,83	15,00	3.117,46	353,07	15,00	5.296,03	9.377,11
Travniške površine	15,77	7,50	118,25	41,14	7,50	308,58	46,10	7,50	345,77	772,60
Druge kmetijske površine	22,08	3,00	66,24	47,60	3,00	142,81	102,92	3,00	308,75	517,79
Ostala nekmetijska zemljišča	28,64	2,00	57,28	22,86	2,00	45,72	73,88	2,00	147,76	250,77
Trajni nasadi	336,97	8,00	2.695,73	672,12	8,00	5.376,99	1.122,45	8,00	8.979,58	17.052,30
<b>Skupaj</b>	<b>467,70</b>		<b>3.901,13</b>	<b>991,56</b>		<b>8.991,55</b>	<b>1.698,42</b>		<b>15.077,89</b>	<b>27.970,57</b>

Preglednica 29: Obremenjevanje hidrosfere z neposrednimi izpusti z dušikom iz živinoreje

Table 30: *Burdening of the hydrosphere with direct discharges of nitrogen from livestock farming*

Dušik (N)	Kobiljski potok	Velika Krka	Ledava	Skupaj
Število GVŽ	3.590,72	7.181,44	11.669,84	22.442,00
Izločeni N/GVŽ/ leto (kg)	85,00	85,00	85,00	85,00
Skupna proizvodnja N	305.211,20	610.422,40	991.936,40	1.907.570,00
Brez plinskih izgub	259.429,52	518.859,04	843.145,94	1.621.434,50
<b>Izpusti (5%)</b>	<b>12.971,48</b>	<b>30.521,12</b>	<b>49.596,82</b>	<b>95.378,50</b>

Preglednica 30: Obremenjevanje hidrosfere z neposrednimi izpusti s fosforjem iz živinoreje

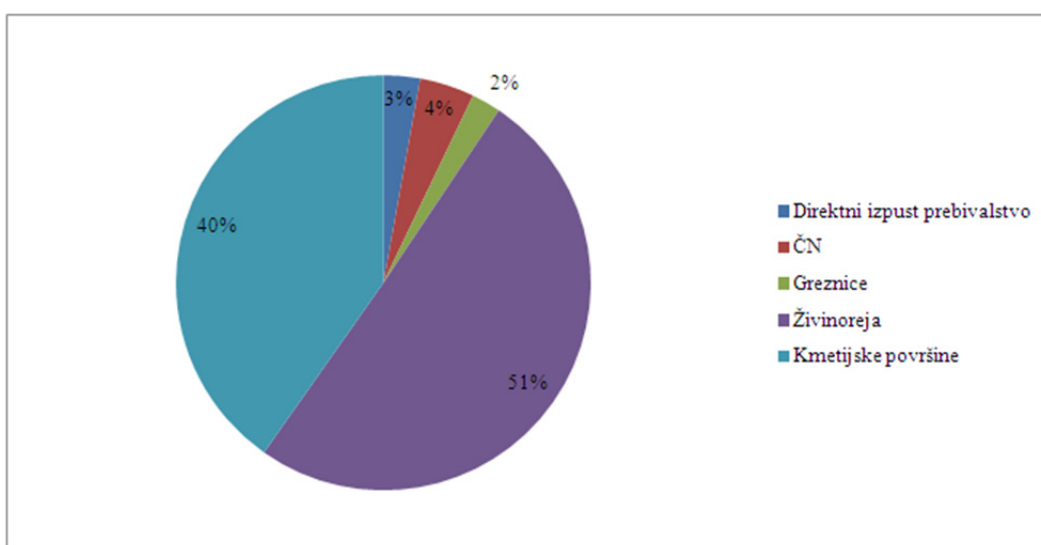
Table 31: *Burdening of the hydrosphere with direct discharges of phosphorus from livestock farming*

Fosfor (P)	Kobiljski potok	Velika Krka	Ledava	Skupaj
Število GVŽ	3.590,72	7.181,44	11.669,84	22.442,00
Izločeni P/GVŽ/ leto (kg)	20,00	20,00	20,00	20,00
Skupna proizvodnja P	71.814,40	143.628,80	233.396,80	448.840,00
<b>Izpusti (5%)</b>	<b>3.590,72</b>	<b>7.181,44</b>	<b>11.669,84</b>	<b>22.442,00</b>

#### 4.5.3 Viri obremenjevanja hidrosfere v Krajinskem parku Goričko

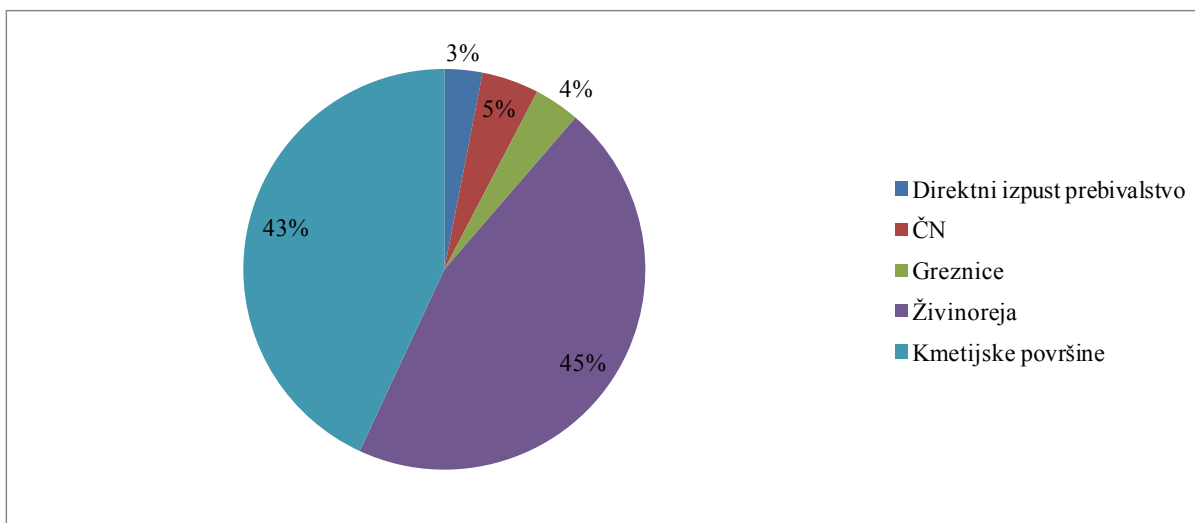
Slike 106 do 113 prikazujejo vire obremenjevanja hidrosfere s spojinami fosforja in dušika in v Krajinskem parku Goričko. Sliki 114 in 115 pa prikazujeta primerjavo skupnih izgub dušikovih in fosforjevih spojin v hidrosfero in bremena fosforjevih in dušikovih spojin v enem letu po porečjih po podatkih izvedenega monitoringa. Rezultati metode kažejo, da pomembno breme onesnaženja s

fosforjem predstavlja točkovni vir direktni izpusti iz živinorejskih obratov. Kmetijske površine (razpršeni vir) predstavljajo pomemben vir fosforjevih spojin k obremenitvi hidrosfere v vseh treh porečjih. Prebivalstvo prispeva manj kot 10% fosforjevih spojin k bremenu skupnega fosforja, največ v porečju Ledave. K bremenu dušika v vseh treh porečjih največ prispevajo gozd (razpršeni vir), živinorejski izpusti (točkovni vir) in kmetijske površine (razpršeni viri). Prebivalstvo prispeva največ k bremenu dušika v porečju Ledave. V primerjavi izgub skupnih fosforjevih spojin in skupnega bremena fosforja v enem letu (slika 114), ugotovljamo da so izgube fosforjevih spojin značilno večje od skupne količine bremena fosforjevih spojin v porečju Ledava in Velika Krka. V porečju Kobiljskega potoka je eksperimentalno določeno breme onesnaženja z dušikom in fosforjem večje od tistega, ki smo ga izračunali v okviru raziskovanja z bilančno metodo.



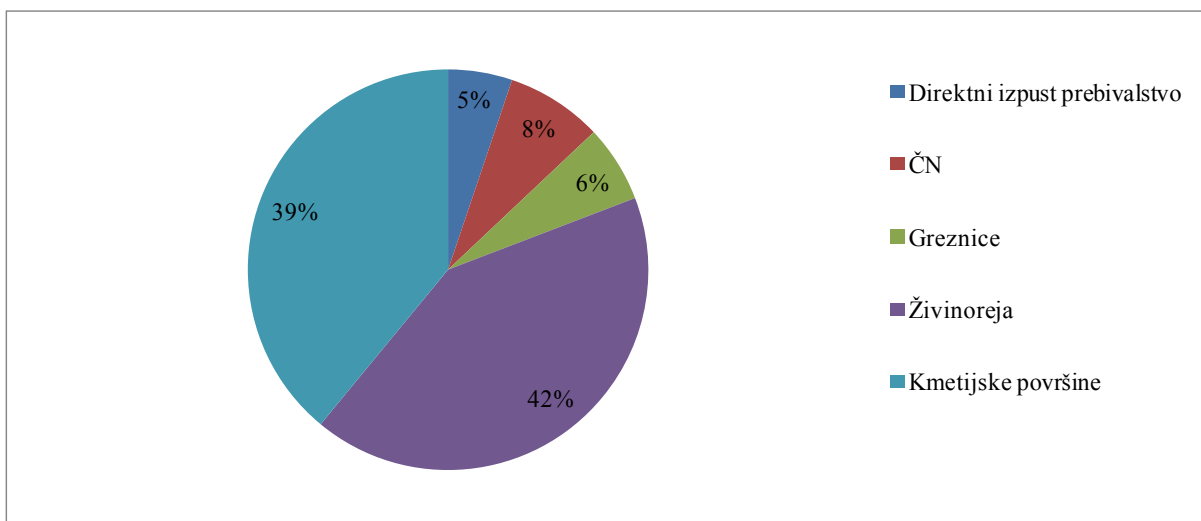
Slika 106: Viri fosforja v porečju Kobiljskega potoka

Figure 106: Sources of phosphorus at Kobiljski potok river basin



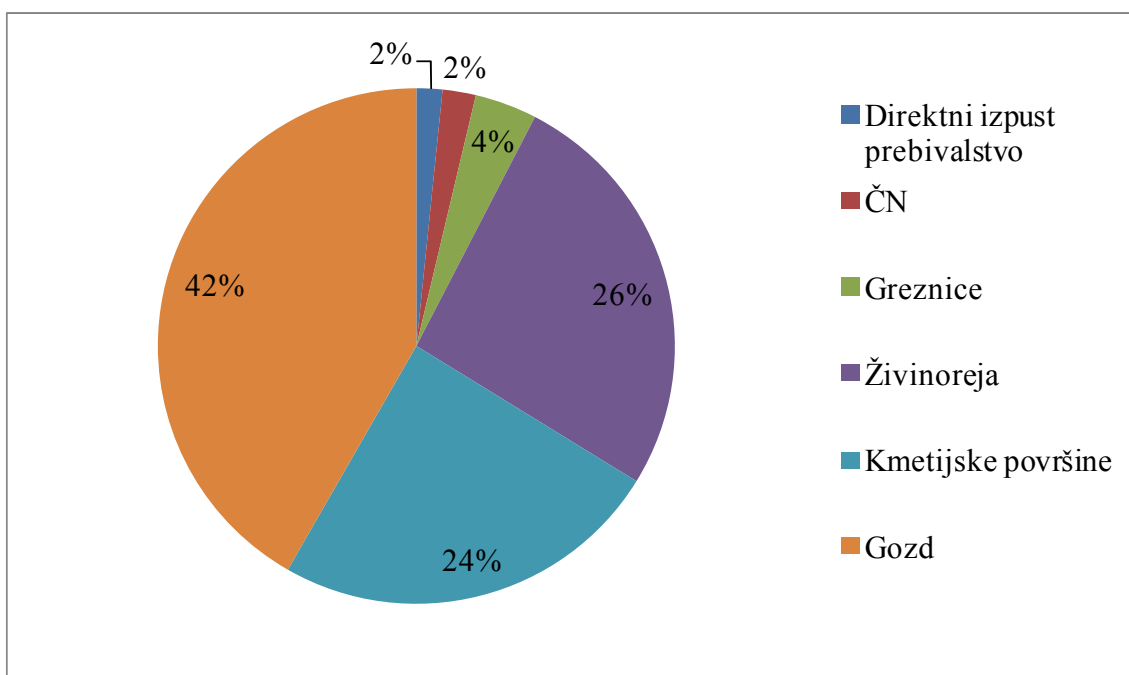
Slika 107: Viri fosforja v porečju Velike Krke

Figure 107: Sources of phosphorus at Velika Krka river basin

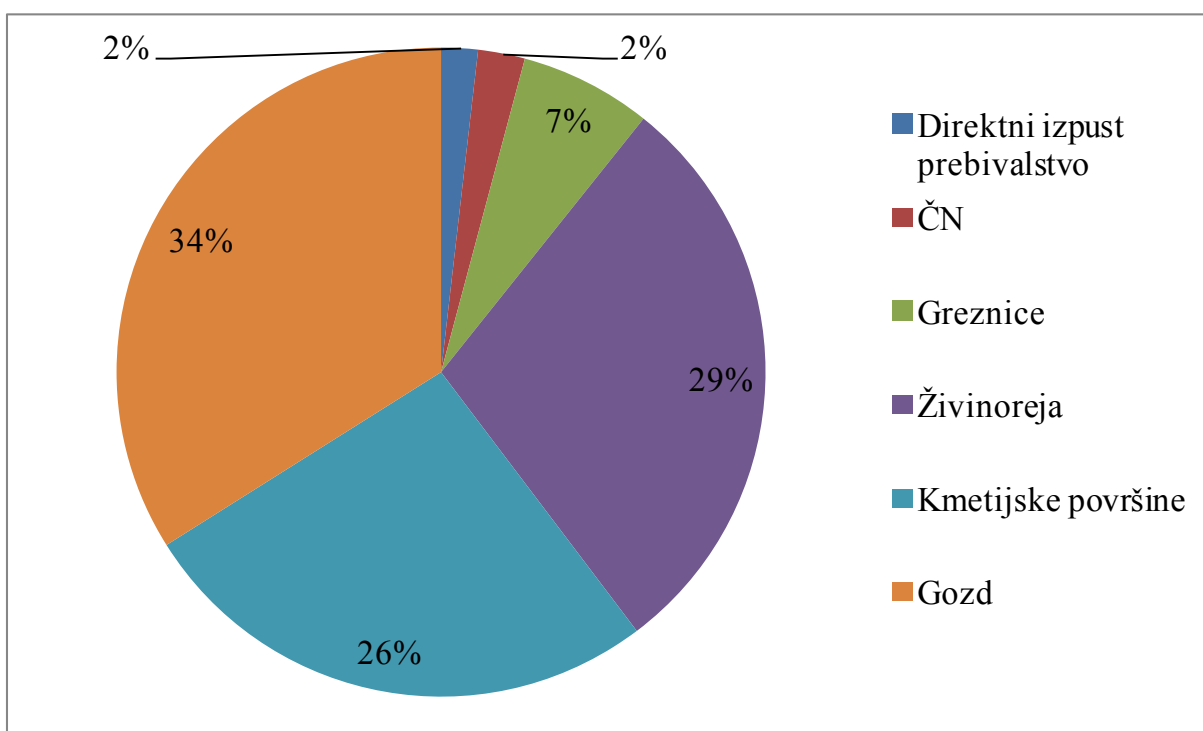


Slika 108: Viri fosforja v porečju Ledave

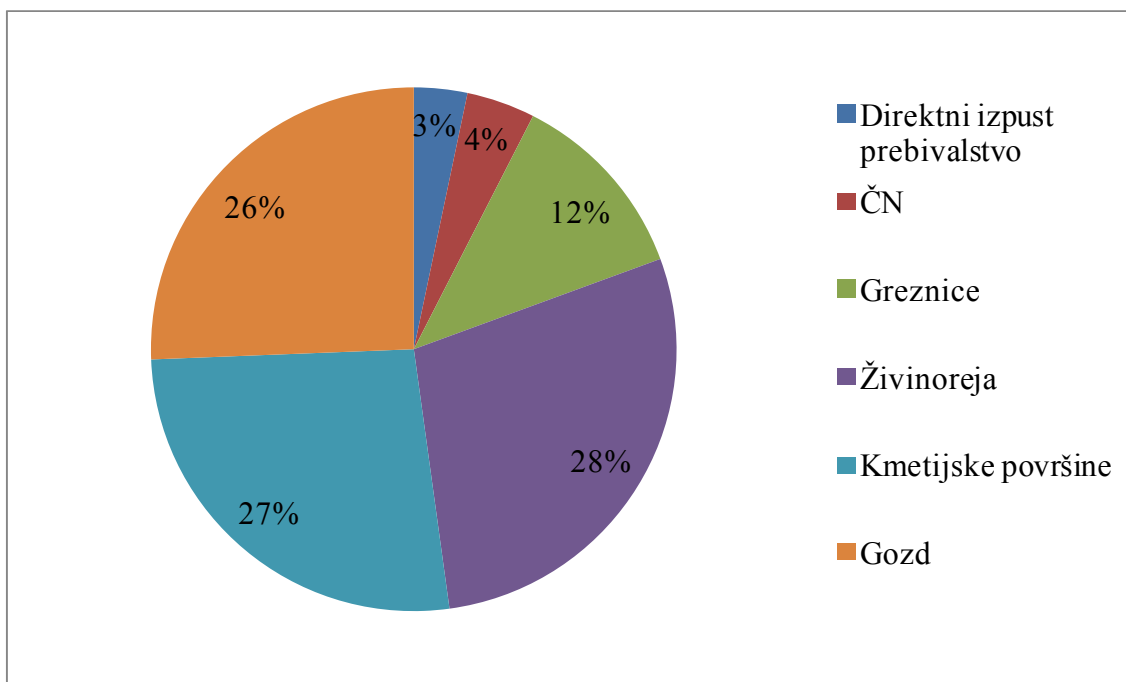
Figure 108: Sources of phosphorus at Ledava river basin



Slika 109: Viri dušika v porečju Kobiljskega potoka  
Figure 109: Sources of phosphorus at Kobilje river basin

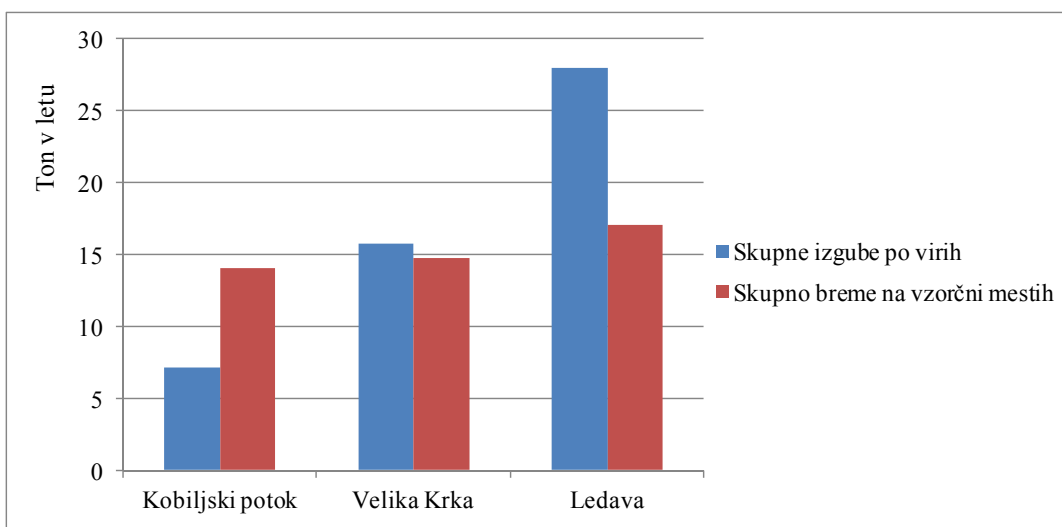


Slika 110: Viri dušika v porečju Velike Krke  
Figure 110: Sources of phosphorus at Velika Krka river basin



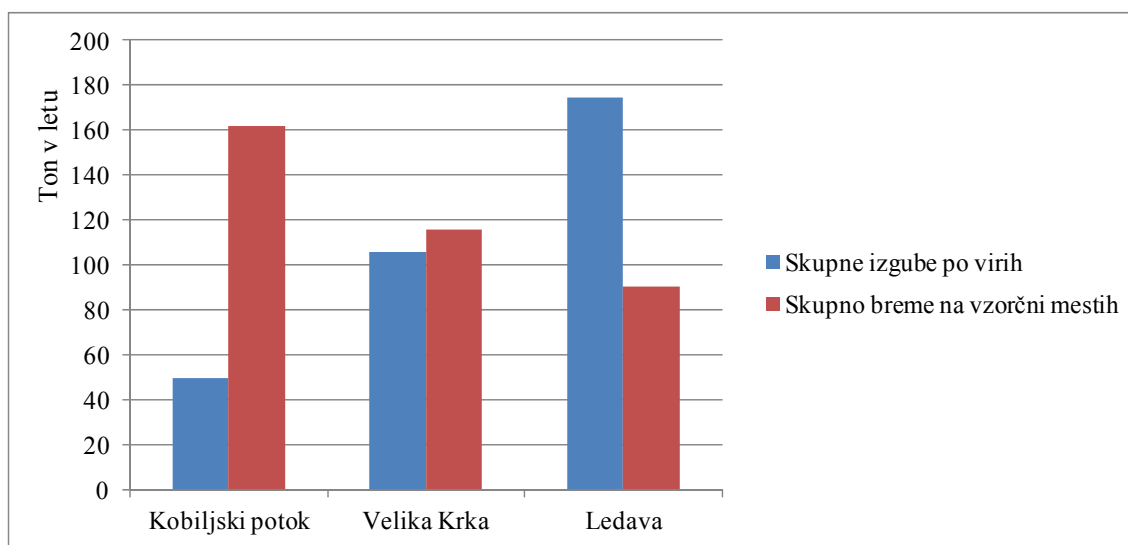
Slika 111: Viri dušika v porečju Ledave

Figure 111: Sources of phosphorus at Ledava river basin



Slika 112: Primerjava skupnih izgub [t/leto] in bremena fosforja [t/leto] v enem letu po porečjih

Figure 112: Comparison of cumulative losses [t/year] and phosphorus compounds [t/year] in one year by basin



Slika 113: Primerjava skupnih izgub [t/leto] in bremena dušika [t/leto] v enem letu po porečjih

*Figure 113: Comparison of cumulative losses [t/year] and nitrogen compounds [t/year] in one year by basin*

#### 4.5.4 Rezultati metode za oceno ekoloških karakteristik

Da bi opravili ekološko vrednotenje Krajinskega parka Goričko smo razvili metodo za oceno ekoloških karakteristik na naravovarstvenem območju. Kot osnovne ekološke dejavnike smo opredelili geologijo, relief, klimo, povodja, tla in rabo tal. Ti osnovni ekološki dejavniki pogojujejo značilnosti prostora. Klimo opredeljujemo kot najpomembnejši globalni dejavnik okolja, ki ustvarja klimatske pasove. V manjših območjih je geološka podlaga tista, ki pogojuje razvoj ekoloških karakteristik: reliefa, mikroklimo, hidrografijo in razvoj tal in s tem rabo zemljišč ter razvoj in obstoj človeka. Geološki procesi so izoblikovali relief, ki pogojuje razvoj mikroklimo in s tem razvoj tal in rabo zemljišč. Relief neposredno vpliva tudi na hidrografijo Ker so se tla razvila na kisli nekarbonatni geološki podlagi na območju celotnega Krajinskega parka Goričko, so se razvila nevtralna do kislila tla predvsem rjava tla in psevdoglejna tla (slika 12). Zaredi te naravne danosti je pH hidrosfere v Krajinskem parku Goričko kisel (slike od 29 do 31). Na zahodnem delu je višje in bolj strmo gričevje z naklonom (slika 18) tudi čez 40 stopinj, kjer je nekoliko več padavin (800 do 900 mm), na vzhodu pa nižje položnejše gričevje z naklonom do 20 stopinj, z ravninskimi predeli, kjer je manj padavin (750 do 800 mm). Naklon in količina padavin bistveno vplivata na površinski odtok in infiltracijo (slika 17). Površinski odtok, v odvisnosti od pedološke podlage in rabe zemljišč bistveno vpliva na transport hranil v površinske vode. Relief bistveno vpliva na rabo zemljišč saj je v porečju Kobiljskega potoka delež njiv v strukturi rabe kmetijskih zemljišč največji, kot posledica gričevja z nižjim naklonom. Posledično je tu največja erozija kar povzroča največjo obremenitev na površino v podobmočju z dušikom in fosforjem. Ta obremenitev je v porečju Kobiljskega potoka 1,77 kg/ha za fosfor in 20,5 kg/ha za dušik, v porečju Velike Krke je ta obremenitev 1,00 kg/ha za fosfor in 7,9

kg/ha za dušik, medtem ko je ta obremenitev v porečju Ledave 0,8 kg/ha za fosfor in 4,2 kg/ha za dušik.

#### 4.6 Diskusija

Rezultati raziskave kažejo, da je dinamika sproščanja hranil na območju Krajinskega parka Goričko v visoki korelaciji s padavinskimi dogodki. Kemijsko stanje vodnih teles, ki so bila vključena v raziskavo, je na vseh vzorčevalnih mestih slabo. Koncentracije skupnega dušika v časovnem obdobju poteka raziskave so visoke in dokaj stabilne. Bolj kot nitrat izstopata amonij in nitrit (kot vmesni produkt nitrifikacije). Kot sta ugotovila že Ilić in Panjan (2010), je glavni vzrok za visoke vsebnosti sproščanja amonija neurejene gnojnične jame na kmetijah z živinorejsko proizvodnjo. V raziskavi, ki jo je opravil Lapajne, (2006), se glede visoke vsebnosti amonija v Poledavju niso natančno opredelili, so pa sklepali, da je le-ta posledica ali posledica emisij iz živinorejskih obratov ali odpadnih voda iz neurejene komunalne infrastrukture. Razlog za visoke vsebnosti dušikovih spojin v hidrosferi so v kemizmu dušika in v izgubi dušika z intenzivnih kmetijskih površin (Eickhout in sod., 2006) ter v majhni učinkovitosti dušikovih gnojil (Strebel in sod., 1989, Zhu (2000). Beaudoin in sod. (2005) ugotavljajo, da je vsebnost spranih nitratov s kmetijskih površin odvisna predvsem od tipa zemlje: nizke vrednosti so bile ugotovljene v globoki glineni zemlji, in najvišje v plitki peščeni zemlji. Medtem ko Ju in sod. (2006) ugotavljajo visoko stopnjo povezanosti med intenzivnostjo kmetijstva in vsebnosti nitratov v podtalnici, v odvisnosti od treh glavnih intenzivnih pridelovalnih sistemov. Pomemben dejavnik pri sproščanju hranil so tudi naravne danosti, ki vplivajo na rabo tal in na strukturo rabe kmetijskih zemljišč. Kot pomemben vir dušika smo potrdili tudi gozd. Da se iz gozdnih površin lahko sprostijo znatne količine dušika, je pokazal že Rusjan (2008).

Koncentracija skupnega fosforja je v visoki korelaciji s padavinski dogodki, saj se kot vezan na suspendirane delce, sprošča v odvodnike. Presežene obremenitve s spojinami fosforja v Ledavi so posledica spiranja kmetijsko pridelovalnih površin s padavinskimi vodami (Lapajne, 2006). Da koncentracija fosforjevih spojin narašča s količino padavin ugotavljajo tudi Sharpley in sod. (1999) medtem ko Hanrahan in sod. (2003) ugotavljajo, da se večina fosforja transportira v času neviht.

Ukrepi, ki bi zmanjšali obremenjevanje rek s hranili morajo biti osredotočeni na zmanjšanje koncentracije hranil v iztokih s terciarnim čiščenjem na čistilnih napravah in predvsem zmanjšati izgube iz kmetijstva na minimum. Drolic in Zagorc Končan (2002) ocenjujeta, da bi se z izvedbo vseh ukrepov v upravljanju z vodami, emisija skupnega fosforja v porečju reke Krke lahko zmanjšala za 40 %. Da bi zmanjšali izgube hranil z razpršenim onesnaženjem, britanski oddelek za okolje, hrano in kmetijske zadeve (Developing measures..., 2006) predlaga ukrepe s promoviranjem

nekonvencionalnega kmetovanja v ekološko občutljivih regijah. Nekateri ti ukrepi za zmanjšanje razpršenih virov onesnaženja so konfliktni s kmetijsko prakso in agrarno ekonomiko. Terciarno čiščenje fosforja in dušika na velikih čistilnih napravah, lahko pripomore k zmanjšanju obremenjevanja hidrosfere. Kljub ukrepom na velikih čistilnih napravah ostanejo še vedno manjši točkovni viri, ki teh ukrepov nimajo vpeljanih. Za učinkovito reševanje bi bilo potrebno uvesti terciarno čiščenje na manjših čistilnih napravah, ki spuščajo vodo v manjše podeželske potoke, ki so ekološko občutljivejši (Wheater in Daldorf, 2003), kjer bi lahko s terciarnim čiščenjem zmanjšali obremenjenost povodij. Potrebno se je usmeriti na investicije, s katerimi bi pripomogli k zmanjšanju distribucije fosforja v okolje, k boljšemu razumevanju vplivov in kemijskih in ekoloških odzivov na P-remediacijo.

Z vodno direktivo (Direktiva Evropskega parlamenta in sveta..., 2000) je bil v Evropski uniji vpeljan nov sistem vrednotenja stanja voda, ki vključuje vrednotenje kemijskega in ekološkega stanja. V Sloveniji smo za namene spremljanja stanja in razvrščanja vodnih teles površinskih voda v skladu z Vodno direktivo sprejeli Uredbo o stanju površinskih voda (Uredba o stanju ..., 2009). Pravilnik določa tudi metodologijo vrednotenja ekološkega stanja celinskih voda za 73 ekoloških tipov rek (Urbanič, 2007).

Na treh vzorčevalnih mestih (Ledava Nuskova, Velika Krka in Kobiljski potok) je bila izvedena saprobiološka analiza (Urbanič, 2010), ki je za vsa vzorčevalna mesta ugotovila zmerno stanje. Vsa mesta so zmerno obremenjena s hranili, saj je zmerno stanje bilo določeno na podlagi modula trofičnosti, ki je na spodnji meji na slabo stanje. Na podlagi modula saprobnost je bilo določeno dobro stanje zgolj na vzorčevalnem mestu Velika Krka, ki je nekoliko manj obremenjeno z organskimi snovmi, kot ostala mesta. Vsa ostala mesta so uvrščena v razred zmerno stanje.

Da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin v Krajinskem Parku Goričko eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo hidrosfere, najbolj učinkovito prikazujejo rezultati modelnih izračunov za breme onesnaženja, saj se breme onesnaženosti v vseh primerih s pretokom povečuje. Da je vpliv fosforja in dušika z virom iz kmetijskih površin na območju intenzivnega kmetovanja na eutrofikacijo tekočih voda v Krajinskem parku Goričko velik (Ilić in Panjan, 2008), vendar različen glede na naravne danosti posameznih območij smo pokazali z analizo treh podobmočij raziskovanja in pokazali, da je vpliv največji v povodju Kobiljskega potoka, kjer je delež obdelovalnih površin (njiv in vrtov) v strukturi rabe kmetijskih zemljišč najvišji.



## 5 ZAKLJUČEK

V doktorski disertaciji smo obravnavali različne vplive na obremenjevanje hidrosfere na območju Krajinskega parka Goričko. Raziskovano območje smo razdelili na tri podobmočja. Na ta način smo lahko primerjali podatke znotraj raziskovanega območja. V eno in pol letnem ciklusu smo v času od maja 2008 do oktobra 2009 izvajali monitoring rečne vode na 11 vzorčevalnih mestih (Ledava Nuskova, Ledava Domajinci, Bodonski potok, Bokrački potok, Adrijanski potok, Dolenski potok, Velika Krka, Mala Krka, Kobiljski potok, Bukovniški potok in Bogojnski potok). Z meritvami smo določali pretok, temperaturo zraka, temperaturo vode, pH, elektro prevodnost, redoks potencial, koncentracijo raztopljenega kisika, motnost, skupne dušikove spojine, nitrat, nitrit, amonij, skupne fosforjeve spojine, ortofosfat, kalij, KPK, BPK<sub>5</sub> in neraztopljene snovi. Na ta način smo pridobili obsežen nabor podatkov, ki jih predstavljamo v osrednjem delu naloge. Za vsa tri podobmočja so značilne povišane koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin v vodi. Prisotnost dušikovih in fosforjevih spojin je posledica neurejenih gnojničnih jam na živinorejskih obratih, neurejena kanalizacijska infrastruktura in izgube dušikovih in fosforjevih spojin s kmetijskih površin. Kot pomemben vir dušikovih spojin se je pokazal tudi gozd. Neposredna posledica preseženih obremenitev s svežim fekalnim odpadnimi snovmi (vir živinoreja in komunalna odpadna voda) so visoke vsebnosti amonija in pogosto prekoračene priporočene vrednosti BPK<sub>5</sub>. Analiza rezultatov kemijskih analiz je jasno pokazala trend, da se pri večjem pretoku breme spojin dušika in fosforja poveča. S tem smo potrdili hipotezo, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo tekočih voda v Krajinskem parku Goričko. Na podlagi opravljenih meritev smo izračunali tudi skupno breme dušika in fosforja in izračunali razmerje med njima, ki se med mesti vzorčevanja razlikuje in znaša med 2 in 12. Da bi lažje napovedali tveganje, smo na podlagi rezultatov meritev, za vsak parameter izdelali staistični model za izračun bremena onesnaženja v odvisnosti od pretoka. Ob simuliranih pretokih lahko tako napovemo koncentracijo posameznega parametra. Modeli nakazujejo večjo občutljivost na breme onesnaženja tistih vodotokov, ki imajo realno nižje pretoke. Ogroženost takih vodotokov za obremenitev z dušikovimi in fosforjevimi spojinami je zato večja.

V drugi fazi naloge smo izdelali metodo z bilančnim pristopom, z namenom da bi identificirali glavne vire onesnaževanja hidrosfere v Krajinskem parku Goričko. Kot glavna vira smo determinirali prebivalstvo in kmetijstvo. V poteku raziskovanja smo ugotovili, da je glavni vir emitacije fosforjevih in dušikovih spojin v hidrosfero živinoreja, zaradi neurejenih gnojničnih jam. Kot pomemben vir emitacije dušikovih in fosforjevih spojin smo označili še kmetijske površine v uporabi, manj pomemben pa prebivalstvo. Kot pomemben vir dušikovih spojin na območju Krajinskega parka Goričko se je pokazal še gozd.

Posamezne ugotovitve podrobneje predstavljamo v naslednjih točkah:

- ANALIZA ONESNAŽENOSTI NA 11 IZBRANIH TOČKAH TEKOČIH VODA V 18 ZAPOREDNIH MESECIH

Na podlagi izvedenega monitoringa površinskih vod na območju Krajinskega parka Goričko na 11 vzorčevalnih mestih, smo na podlagi tako pridobljenih podatkov, izvedli primerjalno analizo. Ker smo raziskovano območje razdelili na tri dele, smo pridobljene podatke primerjali tudi med sabo po porečjih. Za vsa tri porečja so značilne povečane koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin, posledica je slabo kemijsko stanje površinskih voda na vseh vzorčevalnih mestih. V porečju Kobiljskega potoka je delež njiv v strukturi rabe kmetijskih zemljišč največji. Posledično je največja erozija kar povzroča največjo obremenitev na površino v podobmočju z dušikom in fosforjem. S tem smo za vsa tri območja potrdili hipotezo, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo, vendar različen glede na delež njiv v strukturi rabe kmetijskih zemljišč oz. s tem odvisen od intenzivnosti kmetovanja.

- DOLOČITEV SKUPNEGA ONESNAŽENJA S FOSFORJEM IN DUŠIKOM V KRAJINSKEM PARKU GORIČKO

Na podlagi opravljenih meritev smo izračunali skupno breme onesnaženja na posameznem vzorčevalnem mestu v enem letu. Breme onesnaženja s fosforjevimi spojinami je odvisno od pretočnosti rek oz. potokov. Skupno izračunano breme s fosforjevimi spojinami za območje Krajinskega parka Goričko je 46,05 t v enem letu. Breme onesnaženja s spojinami dušika je 367,65 t v enem letu. Breme ni odvisno le od pretočnosti posameznih potokov ali rek, saj je breme visoko tudi pri potokih, za katere je značilna nizka pretočnost. Ker breme onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami s pretokom narašča, smo potrdili hipotezo da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo. S tem je izkazana tudi velika izpostavljenost manjših vodnih teles na obremenitve z dušikovimi in fosforjevimi spojinami. Ker v raziskavo niso bili zajeti vsi odvodniki s Krajinskega parka Goričko, je celotno breme onesnaženja Krajinskega parka Goričko z dušikovimi in fosforjevimi spojinami, še nekoliko večje.

- DOLOČITEV VIROV OBREMENTVE S FOSFORJEM IN DUŠIKOM

Z namenom da bi identificirali glavne vire onesnaževanja hidrosfere v Krajinskem parku Goričko smo razvili metodo z bilančnim pristopom. Kot glavna vira smo determinirali prebivalstvo in kmetijstvo. V samem poteku raziskovanja smo ugotovili, da je glavni vir sproščanja fosforjevih spojin v hidrosfero živinoreja v vseh treh porečjih, kot posledica direktnih izpustov gnojevke v odvodnike. Kot pomemben vir emitacije dušikovih in

fosforjevih spojin smo označili še kmetijske površine v uporabi, manj pomemben pa prebivalstvo. Tudi s to metodo smo potrdili, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo hidrosfere. Kot pomemben vir dušikovih spojin na območju Krajinskega parka Goričko se je pokazal še gozd.

- DINAMIKA SPIRANJA DUŠIKOVIH IN FOSFORJEVIH SPOJIN V OBDOBJU PADAVINSKIH DOGODKOV

Dinamiko spiranja dušikovih in fosforjevih spojin smo ugotavljali z izrednim vzorčevanjem, ki je potekalo od 18.6.2009 do 9.7.2009. V tem obdobju smo na treh vzorčevalnih mestih (Ledava Nuskova, Velika Krka in Kobiljski potok) opravili 8 vzorčevanj. V tem obdobju je padlo 165 mm padavin, kar predstavlja skoraj 20% padavin dolgoletnega povprečja. Pri primerjavi modelnih vrednosti rednih meritev in izrednih meritev, smo le na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova ugotovili izrazito večje breme onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami. S tem smo potrdili hipotezo, da je vpliv dušikovih in fosforjevih spojin na področju intenzivnega kmetovanja na eutrofikacijo tekočih voda v Krajinskem Parku Goričko velik, vendar različen glede na vremenske pojave.

- DOLOČITI SEZONSKO SPREMENLJIVOST OBREMENJEVANJA VOD S FOSFORJEVIMI IN DUŠIKOVIMI SPOJINAMI

Podatki pridobljeni na podlagi meritev kažejo na skromen toplotni potencial reke in na prevladujoč vpliv vremenskih razmer na razmere v reki. To se kaže predvsem v visokih korelacijah temperature vode in temperature zraka. Posledično ima toplotni potencial reke visok vpliv na koncentracijo raztopljenega kisika v rečni vodi. Trendi krivulj obremenjenosti s fosforjevimi in dušikovimi spojinami pa jasno kažejo, da je to največje po prvih večjih padavinskih dogodkih - spomladi in jeseni. S tem smo potrdili hipotezo, da je vpliv dušikovih in fosforjevih spojin na področju intenzivnega kmetovanja na eutrofikacijo tekočih voda v Krajinskem Parku Goričko velik, vendar različen glede na letne čase.

- PROSTORSKA DOLOČITEV SPIRANJA FOSFORJA IN DUŠIKA V ODVISNOSTI OD BIOLOŠKIH, PEDOLOŠKIH IN GEOLOŠKIH POGOJEV

Da bi lažje povzeli rezultate iz interdisciplinarno naravnano raziskavo, smo razvili metodo za ekološko karakterizacijo naravovarstvenega območja. Z rezultati te metode smo pokazali, da je vpliv naravnih danosti (geološko-pedološka podlaga, naklon, relief, itd.) na lokalno območje velik. Zaradi nekarbonatne podlage so se razvila kislila tla, kar povzroča kisle pH razmere na celotnem območju Krajinskega parka Goričko. Posledica so kisle razmere pH razmere v tako v površinskih kakor tudi v podtalnici oz. v podzemni vodi. Zaradi naklona je v porečju Ledave več travnikov, v porečju Kobiljskega potoka več njivskih površin. Zaradi tega je povprečen hektarski prispevek k bremenu onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami v porečju Kobiljskega potoka večji. S tem smo potrdili hipotezo, da je vpliv

dušikovih in fosforjevih spojin na področju intenzivnega kmetovanja na evtrofikacijo tekočih voda v Krajinskem Parku Goričko velik, vendar različen glede na geološke in pedološke značilnosti.

- DOLOČITI RAZMERJE  $N_{\text{celotni}}/P_{\text{celotni}}$  IN DOLOČITI STOPNJO EVTROFIKACIJE

Glede na rezultate sklepamo, da so na vseh vodotokih na območju Krajinskega parka Goričko ustvarjeni pogoji za razvoj alg. Posebej ogroženi so potoki z majhnimi pretoki. Razmerje  $N_{\text{celotni}}/P_{\text{celotni}}$  na vzorčevalnih mestih v Krajinskem parku Goričko se giblje med 2 in 12. Stopnja evtrofikacije se tako na vzorčevalnih mestih med sabo razlikuje in je najvišja v porečju Velike Krke. S tem smo potrdili hipotezo, da je vpliv dušikovih in fosforjevih spojin na področju intenzivnega kmetovanja na evtrofikacijo tekočih voda v Krajinskem Parku Goričko velik.

V okviru raziskave smo pokazali, da so viri obremenitve tako antropogenega kakor tudi naravnega značaja. Kot poglavitne antropogene vire obremenjevanja hidrosfere smo ovrednotili prebivalstvo in kmetijstvo, ki hidrosfero obremenjujeta točkovno in razpršeno prek kmetijskih površin. Kot poglaviten neantropogeni vir dušika, ki se odvaja v hidrosfero je tudi gozd. Disertacija daje odgovore na vprašanja povezana z vplivi kmetijskih površin na površinsko hidrosfero v Krajinskem parku Goričko. Disertacija obravnava nov pristop k obravnavi posameznih naravno zaključenih območij. Kot novost na tem področju smo razvili metodo za oceno ekoloških karakteristik, ki območje obravnava celovito, saj takih metod do zdaj še nismo preizkušali. Prispevek tega dela k razvoju znanosti je v konceptu »celovite presoje naravnih in antropogenih dejavnikov«, ki predstavlja nov trend v ocenjevanju in razvoju ekološko občutljiv in tudi vseh drugih območij. Metodo za oceno ekoloških karakteristik je možno preizkušati kjerkoli. Glede na njeno uporabnost je to originalni prispevek znanosti v svetovnem merilu. Redke so raziskave, ki so potekale na področju Krajinskega parka Goričko. Pričujoča raziskava je sigurno najobsežnejša in najcelovitejša raziskava na področju varstva voda in varstva okolja, verjetno tudi širše v Krajinskem parku Goričko. V disertaciji smo tako potrdili predvidevanja v hipotezi, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere eden glavnih vzrokov za evtrofikacijo v Krajinskem parku Goričko. Pokazali smo tudi, da obstajajo tudi drugi neantropogeni dejavniki, ki lahko vplivajo na stanje površinskih voda. In to je specifični prispevek k znanosti v Krajinskem parku Goričko.

## 6 POVZETEK

Da bi preverili hipotezo, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin eden glavnih vzrokov za evtrofikacijo hidrosfere in dejstvo, da sta fosfor in dušik najpomembnejša prehrabena elementa rastlin, je njun vpliv na področju intenzivnega kmetovanja na evtrofikacijo tekočih voda v Krajinskem parku Goričko velik, vendar različen glede na pedološke in geološke značilnosti tal, vremenske pojave in letne čase, smo na podlagi digitalno in analogno pridobljenih podatkov raziskali lastnosti raziskovanega območja. Z zastavljenim monitoringom in izvedbo analitskih metod smo prišli do podatkov o onesnaženosti. V nadaljevanju smo razvili metodo s katero smo teoretično določili glavne vire onesnaževanja s fosforjem in dušikom v Krajinskem parku Goričko. Razvili smo še metodo za opis ekoloških karakteristik raziskovanega območja in na podlagi le-te opisali vpliv nekaterih naravnih dejavnikov na hidrosfero v Krajinskem parku Goričko.

Pričujoča doktorska raziskava obravnava vpliv razpršenih in točkovnih virov na obremenjevanje hidrosfere s spojinami dušika in fosforja na raziskovalnem območju Krajinskega parka Goričko. Raziskovalno območje Krajinskega parka Goričko smo razdelili na tri dele: porečje Ledave, Velike Krke in Kobiljskega potoka. Na ta način smo lahko izvedli primerjalno analizo znotraj Krajinskega parka, med tremi podobmočji. V okviru metodološkega raziskovanja smo ugotovili, da so v strukturi rabe zemljišč med temi tremi območji nekatere razlike, ki izvirajo iz geološko-pedološke podlage in reliefa.

V okviru raziskave smo z monitoringom vodotokov raziskali kemijsko stanje površinskih tekočih voda na območju Krajinskega parka Goričko. Za vsa tri podobmočja so značilne povišane koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin v vodi. Prisotnost dušikovih in fosforjevih spojin je posledica neurejenih gnojničnih jam na živinorejskih obratih, neurejene kanalizacijske infrastrukture in izgube dušikovih in fosforjevih spojin s kmetijskih površin. Pomemben vir dušikovih spojin je tudi gozd. Neposredna posledica preseženih obremenitev s svežimi fekalnimi odpadnimi snovmi (vir živinoreja in komunalna odpadna voda) so visoke vsebnosti amonija in pogosto prekoračene dovoljene vrednosti BPK<sub>5</sub>. Analiza rezultatov kemijskih analiz je jasno pokazala trend, da se pri večjem pretoku breme spojin dušika in fosforja močno poveča. Na podlagi opravljenih meritev smo izračunali tudi skupno breme dušika in fosforja in izračunali razmerje med njima, ki se med mesti vzorčevanja razlikuje in znaša med 2 in 12.

Dejavniki, ki vplivajo na procese v naravnih ekosistemih, so različni in jih je težko nadzirati. Da bi lažje napovedali tveganje za presežene dovoljene vrednosti, smo na podlagi rezultatov meritev, za vsak parameter izdelali statistični model za izračun bremena onesnaženja v odvisnosti od pretoka. Ob simuliranih pretokih lahko napovemo koncentracijo posameznega parametra. Modeli nakazujejo večjo občutljivost na breme onesnaženja tistih vodotokov, ki imajo realno nižje pretoke. Ogroženost takih vodotokov za obremenitev z dušikovimi in fosforjevimi spojinami je zato večja.

Da bi natančneje določili glavne vire dušikovih in fosforjevih spojin smo razvili metodologijo, ki temelji na bilančnem pristopu. Kot glavna vira smo določili poselitev in kmetijstvo. V samem poteku raziskovanja smo ugotovili, da je glavni vir sproščanja fosforjevih in dušikovih spojin v hidrosfero živinoreja, predvsem zaradi neurejenih gnojničnih jam. Kot pomemben vir sproščanja dušikovih in fosforjevih spojin smo označili še kmetijske površine v uporabi, kot manj pomemben pa prebivalstvo. Kot vir dušikovih spojin na območju Krajinskega parka Goričko se je pokazal še gozd, ki je naravni vir in naravnega ravnovesja ne ogroža.

V času obsežnejših padavinskih dogodkov smo na treh vzorčevalnih mestih izvedli dodatna izredna vzorčevanja (Ledava Nuskova, Velika Krka in Kobiljski potok). Pri primerjavi z izračunanimi modelnimi vrednostmi rednih meritev in izrednih meritev, smo le na vzorčevalnem mestu Ledava Nuskova ugotovili izrazito večje breme onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami.

Rezultati metode za ekološko karakterizacijo kažejo na vpliv geološko-pedološke podlage na kemijsko stanje hidrosfere. Zaradi nekarbonatne podlage so se razvila kislila tla, kar povzroča kisle pH razmere na celotnem območju Krajinskega parka Goričko. Zaradi naklona reliefa je v porečju Ledave več travnikov, v porečju Kobiljskega potoka več njivskih površin. Zato je povprečni hektarski prispevek k bremenu onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami v porečju Kobiljskega potoka večji.

Rezultati raziskave so pokazali, da je hidrosfera na celotnem območju obremenjena z dušikovimi in fosforjevimi spojinami. Ker je problem kompleksne narave, ga je potrebno reševati celovito. To vključuje usklajeni pristop k zmanjšanju obremenjevanja hidrosfere z dušikovimi in fosforjevimi spojinami tako iz točkovnih kakor tudi iz razpršenih virov obremenjevanja.

Razpršeno obremenjevanje hidrosfere s kmetijskih površin eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo hidrosfere v Krajinskem parku Goričko. Z zastavljenim monitoringom in izvedbo analitskih metod smo prišli do podatkov o onesnaženosti. Analiza rezultatov kemijskih analiz je jasno pokazala trend, da se pri večjem pretoku breme spojin dušika in fosforja močno poveča. Da je breme fosforjevih in dušikovih spojin na območjih z intenzivnejšim kmetijstvom večje, smo pokazali z analizo posameznih območij. Zato je povprečni hektarski prispevek k bremenu onesnaženja z dušikovimi in fosforjevimi spojinami v porečju Kobiljskega potoka večji. Da naravne danosti (geološke in pedološke danosti, itd.) pomembno vplivajo na razmere v vodotokih smo prikazali z metodo za ekološko karakterizacijo.

Prispevek tega dela k razvoju znanosti je v konceptu »celovite presoje naravnih in antropogenih dejavnikov«, ki predstavlja nov trend v ocenjevanju in razvoju ekološko občutljiv in tudi vseh drugih območij. Metodo za oceno ekoloških karakteristik je možno preizkušati kjerkoli. Glede na njeno uporabnost je to originalni prispevek znanosti v svetovnem merilu. Redke so raziskave, ki so potekale na področju Krajinskega parka Goričko. Pričujoča raziskava je sigurno najobsežnejša in najcelovitejša raziskava na področju varstva voda in varstva okolja, verjetno tudi širše v Krajinskem parku Goričko. V disertaciji smo tako potrdili predvidevanja v hipotezi, da je razpršeno obremenjevanje hidrosfere eden glavnih vzrokov za eutrofikacijo v Krajinskem parku Goričko. Pokazali smo tudi, da obstajajo tudi drugi neantropogeni dejavniki, ki lahko vplivajo na stanje površinskih voda. In to je specifični prispevek k znanosti v Krajinskem parku Goričko.

## 7 SUMMARY

To verify the hypothesis that the hydrosphere diffuse pollution from agricultural lands is one of the major cause of eutrophication of hydrosphere and the fact that phosphorus and nitrogen are the most important nutrients, their impact is large in area of Goričko Landscape Park, we are on the basis of digital and analogue data obtained investigate the properties of the area. The impact is different according to soil and geological characteristics, weather and season. By monitoring and implementation of analytical method we have come to data on pollution. We developed a method with which we theoretically determine the main sources of pollution from phosphorus and nitrogen in Goričko Landscape Park. We have developed a method to describe the ecological characteristics of the study area. On the basis of the method we describe the influence of some natural factors on the hydrosphere in Goričko Landscape Park.

The present doctoral research describes the impact of diffuse and point sources on the pollution of the hydrosphere with nitrogen and phosphorus compounds in the Goričko Landscape Park research area. The Goričko Landscape Park research area was divided into three parts: the catchment areas of the Ledava, Velika Krka rivers, and the Kobilje Creek. In this manner, we were able to perform a comparative analysis inside the Landscape Park and in three sub-areas. In the scope of the methodological research we established that the comparison of the structure of use of the land among these three areas revealed certain differences that originate from the geological and soil substrate and the relief itself.

In the scope of the research we performed the monitoring of the liquid hydrosphere and researched the chemical status of the surface flowing water in the Goričko Landscape Park area. Within all three sub-areas significantly higher concentrations of nitrogen and phosphorus compounds were found in the water. The presence of nitrogen and phosphorus compounds is the result of unregulated slurry pits in livestock farming facilities, an unregulated sewerage infrastructure and the loss of nitrogen and phosphorus compounds in the farming land. The forest is another significant source of nitrogen compounds. A direct result of the excess pollution with fresh faecal waste materials (source: livestock and urban waste water) are the high levels of ammonia and the frequently exceeded recommended values of BOD<sub>5</sub>. Analysis of the results of the chemical analyses clearly showed the trend that the burden of nitrogen and phosphorus compounds is significantly increased during a higher flow. On the basis of the performed measurements we calculated the total burden caused by nitrogen and



phosphorus and calculated the ratio between them, which varied in different sampling points and ranged between 2 and 11.

Factors that impact the processes of natural ecosystems are diverse and difficult to control. To help predict the risk, we created a mathematical model for each parameter based on the results of the measurements to calculate the burden of pollution as a function of flow. With simulated flows we were able to predict the concentration of a particular parameter. Models indicated a greater sensitivity to the burden of pollution in those waterways that had lower values of flow. The threat of burdening such waterways with nitrogen and phosphorus compounds is therefore greater.

In order to accurately determine the main sources of nitrogen and phosphorus compounds, we developed a methodology that is based on the balance approach. Population and agriculture were determined as two main sources. Within the course of our research we discovered that the main source of emitting phosphorus and nitrogen compounds into the hydrosphere was livestock farming due to the unregulated slurry pits. As an important source of emitting the nitrogen and phosphorus compounds we established the farming surface area in use, while the population was a less important factor. The forest was another important source of nitrogen compounds in the Goričko Landscape Park.

During the large-scale precipitations we conducted additional sampling at three sampling sites (Ledava Nuskova, Velika Krka river and the Kobilje Creek). When comparing the model values of the regular measurements and additional measurements, a significantly greater burden of pollution from nitrogen and phosphorus compounds was only found at the Ledava Nuskova sampling point.

The results of the method for ecological characterization revealed the impact of the geological and soil substrate on the chemical status of the hydrosphere. The consequence of the non-hydrocarbon substrates is acidic soil, resulting in acidic pH conditions in the entire area of the Goričko Landscape Park. Due to the slope, the Ledava river catchment area is richer in meadows, while the Kobilje Creek catchment area has more arable land. Therefore, the average per hectare contribution to the burden of pollution from nitrogen and phosphorus compounds is greater in the Kobilje Creek catchment area.

The results of the research have shown that the hydrosphere of the entire area is burdened with nitrogen and phosphorus compounds. Due to the complex nature of the problem, the latter needs to be

addressed comprehensively. This means a coordinated approach to reduce the pollution of the hydrosphere with nitrogen and phosphorus compounds from both point sources as well as from diffuse sources of pollution.

That the hydrosphere diffuse pollution from agricultural lands is one of the major cause of eutrophication of hydrosphere, we performed the monitoring of the liquid hydrosphere and researched the chemical status of the surface flowing water in the Goričko Landscape Park area. Analysis of the results of the chemical analyses clearly showed the trend that the burden of nitrogen and phosphorus compounds is significantly increased during a higher flow. The impact of nitrogen and phosphorus compounds in the area of intensive farming is large. We have presented it with analysis for individual areas. Therefore, the average per hectare contribution to the burden of pollution from nitrogen and phosphorus compounds is greater in the Kobilje Creek catchment area. Natural conditions (geology and soil conditions, etc.) significantly impact on the situation of the rivers. We have presented it by a method for ecological characterization.

The contribution of this work to the development of science is the concept of "comprehensive assessment of natural and anthropogenic factors", which represents a new trend in the evaluation and development of ecologically sensitive and all other areas. Method for assessing the ecological characteristics can be tested anywhere. Given its usefulness is the original contribution of science in the world. Rare are the studies that were conducted in the Goričko Nature Park. The present study is certainly the most extensive and comprehensive research in the field of water protection and environmental protection, probably even wider in Goričko Landscape Park. In this thesis, we also confirmed the predictions of the hypothesis that the diffuse pollution hydrosphere one of the main causes of eutrophication in Goričko Landscape Park. We have also shown that there are other non-anthropogenic factors that may affect the status of surface waters. And this is a specific contribution to science in Goričko Landscape Park.

## VIRI

Anđelković, M. 1988. Geologija Jugoslavije: tektonika. Beograd, Zavod za grafičko tehniku Tehnološko-metalurškog fakulteta: 692 str.

Aquatic eutrophication in England and Wales. A proposed management strategy. 1998. Bristol, Environmental Agency: 36 str.

Beaudoin, N., Saad, J.K., Van Leathem, C., Machet, J.M., Maucorps, J. Mary, B. 2005. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotation, *Agriculture, ecosystems and Environment*, 111: 292-310.

DOI: 10.1016/j.agee.2005.06.006

Brilly, M. 1992. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 154 str.

Brady, N.C. 1998. Nitrogen and sulfur economy of soil. V: Brady, N.C. (ur.), in Weil, R.P. (ur.): *The Nature and Properties of Soils*. 12th ed., New York, Elsevier: str. 492-522.

Brodnjak, D.V. 2006. Analizna kemija II: zbrano gradivo. Maribor, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 124 str.

Burrows, H.D., Canle, L. M., Santaballa, J.A., Steenken, S. 2002. Reaction pathways and mechanisms of photodegradation of pesticides. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 67: 71-81.

Centralni register prebivalstva. 2009. Ljubljana, Ministrstvo za notranje zadeve, Podatki v digitalni obliki.

Developing measures to promote catchment-sensitive farming. A joint Defra-HM Treasury Consultation. 2006. London, Department for Environment, Food & Rural Affairs. <http://www.defra.gov.uk/farm/environment/water/csf/index.htm> (pridobljeno 16. marec 2006).

Detailed Assessment of Phosphorus Sources to Minnesota Watersheds. 2004. Report for Minnesota Pollution Control Agency. Barr Engineering Company.

Digitalni model višin 125. 2001. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije. Kartografsko

gradivo v digitalni obliki.

Dojlido, J., Best, G. 1993. Chemistry of water and water pollution. Chichester: Ellis Horwood: 363 str.

Drolc, A., Zagroc Končan, J. 2002. Estimation of sources of total phosphorus in a river basin and assessment of alternatives for river pollution reduction, *Environmental International* 28: 393-400.  
DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00062-4

Državni hidrološki monitoring. 2014. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO).

Eaton, A.D. (ur.), Clesceri, L.S. (ur.), Greenberg (ur.).1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1995, Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Eickhout, B., Bouwman, A.f., van Zeijts, H. 2006. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116: 4-14.  
DOI: 10.1016/j.agee.2006.03.009

Europe's Environment: The second Assessment. 1994. Copenhagen, European Environment Agency, Denmark.

Fluvial transport and processing of sediments and nutrients in large agricultural river basins. 1984, EPA 600/53-85-054: U.S. Environmental Protection Agency: 181 str.

Gabrovec, M. Kastelec, D. 1998. Sončno obsevanje. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 344 str.

Gilliom, R.J., Clayton, R.P. 1983. Lake phosphorus loading from septic systems by seasonally perched groundwater. *J. Water Pollution Fed*, 55: 1297-1305.

Globevnik, L. (ur.). 2006. Izvajanje vodne direktive v Sloveniji. Predstavitev prvih ocen možnosti doseganja okoljskih ciljev za vodna telesa v Sloveniji po načelih Vodne direktive. Ljubljana, Inštitut za vodo Republike Slovenije: 48 str.

Green, C.J., Johnson, P., Allen, v.G., Crossland, S.L. 2007. Treatment for Phosphorus Removal from Water Derived from Cattle Feedyards. 77.

<http://www.tcfa.org/Research/> (pridobljeno 17. nov. 2007).

Ibanez, J.G., Hernandez-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A. 2007. Environmental Chemistry: Fundamentals. New York, Springer: 334 str.

Ilić, D., Panjan, J. 2008. Ocena vpliva fosforja iz kmetijstva na evtrofikacijo površinskih voda v Krajinskem Parku Goričko, Ljubljana, Gradbeni vestnik, 57: 310-316.

Ilić, D., Panjan, J. 2010. Nitrogen and phosphorus amount in the Ledava river before and after its outflow into lake Ledava. V: Morell, M. (ur.) Balwois 2010.

Ilić, D., Panjan, J. 2016. Breme onesnaženja z dušikom in fosforjem v Krajinskem Parku Goričko, Ljubljana, Acta Geographica, 57, DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/AGS.727>

Popis načina odvajanja komunalne odpadne vode iz gospodinjstev na območju občine Šalovci. 2005. Javno komunalno podjetje Šalovci d.o.o. Neobjavljeno.

Ju, X.T, Kou, C.L., Zhang, F.S., Christie, P. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain, Environmental pollution, 143: 17-125.

DOI: 10.1016/j.envpol.2005.11.005

Kaligarič, M., Sedonja, J., Šajna, N. 2007. Traditional agricultural landscape in Goričko Landscape Park (Slovenia): Distribution and variety of riparian stream corridors and patches. Landscape and Urban Planning 8: 71-78.

DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.09.012

Karta infiltracije. 2004. Ljubljana, Kartografsko gradivo v digitalni obliki, vir zajema: hidrogeološka karta Slovenije, merilo vira: 1:250.000, datum vira: 2004, datum zajema: 2003. Geološki zavod Slovenije.

Karta površinskega odtoka. 2004. Ljubljana, Kartografsko gradivo v digitalni obliki, vir zajema: hidrogeološka karta Slovenije, merilo vira: 1:250.000, datum vira: 2004, datum zajema: 2003.

Lapajne, S. (ur.)2006. Strokovne podlage za načrt upravljanja s porečjem Ledave in Ledavskim jezerom nad zaježitvijo v Kraških (SPNU Ledave in jezera). Posnetek obstoječega stanja voda in načrt monitoringa. Zaključno poročilo. Grad, Javni zavod Krajinski park Goričko: 55 str.

Lemmunyon, J., Daniel, T.C. 1998. Phosphorus Management for Water Quality Protection: A National Effort. V: Sims, J.T. (ur.). 1998. Soil Testing for Phosphorus. Environmental Uses and Implications, Southern Cooperative Series, Bulletin No. 389, A Publication of SERA-IEG 17: str. 1-5.

Luirente D.H. 2003. Phosphate Rock. CHE Marketing Research Report. In Chemical Economics Handbook, SRI International.

Manahan, S.E. 2005. Environmental chemistry. Boca Raton, CRC Press: 783 str.

McKelvie, I.D. 2005. Sampling, sample treatment and quality assurance issues for the determination of phosphorus species in natural waters and soils, Talanta, 66, 2: 273-293.

DOI: 10.1016/j.talanta.2004.09.006

Meteorološki podatki za vremensko postajo Veliki Dolenci. 2009. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor (ARSO).

Pedološka karta Slovenije. 2009. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Ljubljana, Sektor za sonaravno kmetijstvo, Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

<http://rkg.gov.si/GERK/> (2. marec 2009).

Karta raba tal. 2009. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije, Sektor za sonaravno kmetijstvo, Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

<http://rkg.gov.si/GERK/> (pridobljeno 2. marec 2009).

Nekrep, V. 2004. Varstvo okolja v živinoreji.

[www.bfro.uni-lj.si](http://www.bfro.uni-lj.si) (pridobljeno 9. nov. 2005).

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. 2004. Ljubljana, Sklep vlade RS, 14. okt. 2004.

Osnovna geološka karta SFRJ. 2003. Ljubljana, Kartografsko gradivo v digitalni obliki, vir zajema: Osnovna geološka karta SFRJ, merilo vira: merilo 1:100000, datum vira: datum zajema: 1999 – 2003. Geološki zavod Slovenije.

Panjan, J. 1999. Osnove zaščite voda: študijsko gradivo. Ljubljana; FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 93 str.

Pedološka karta Slovenije. 2009. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Ljubljana, Sektor za sonaravno kmetijstvo, Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

<http://rkg.gov.si/GERK/> (pridobljeno 2. marec 2009).

PC ARCVIEW 8.0 – Users manual. 2000. Redlands, Environmental Systems Research Institute Inc.

Pierzynski, G.M., Sims, J.T., Vance, G.F. 1994. Soils and environment quality. Boca Raton, CRC Press: Taylor&Francis: 569 str.

Premru, U. 2005. Tektonika in tektogeneza Slovenije: geološka zgradba in geološki razvoj Slovenije, Ljubljana, Geološki zavod Slovenije: 518 str.

Pleničar, M. 1968. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, L 33-54 (list Goričko). Ljubljana, Geološki zavod Slovenije: 39 str..

Rusjan, S. 2008. Hidrološke kontrole sproščanja hranil v porečjih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Rusjan): 206 str.

Pillay, M. 2000. Detergent phosphorus in South Africa: Impact on eutrophication with specific reference to the Mgeni catchment, Water Quality Department, Scientific Services.

<http://www.wrc.org.za/downloads/report%20lists/web%20rpts/quality/465-1-01.pdf> ( pridobljeno 28. februar 2008).

Sharply, A.N., Daniel, T., Sims, T., Lemunyon, J., Stevens, R., Parry, R. 1999. Agricultural Phosphorus and Eutrophication. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, ARS-149: str 36.

DOI: 10.1016/S0378-3774(99)00018-0

SIST EN 1899-1:2000. Kakovost vode - Določevanje biokemijske potrebe po kisiku po n dneh (BPKn)-1.del: Metoda razredčevanja in cepljenja z dodatkom aliltiosečnine (ISO 55815:1989, spremenjen). = Water quality – Determination of biochemical oxygen demand after n days (BODn) – Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea addition (ISO 5815 1989, modified).

SIST EN ISO 1899-2: 2000. Kakovost vode – Določevanje biokemijske potrebe po kisiku po n dneh (BPKn) – 2. Del: Metoda za nerazredčene vzorce. = Water quality – Determination of biochemical oxygen demand after n days (BODn) – Part 2: Method for undiluted samples.

SIST EN ISO 14911: 2000. Določevanje raztopljenih Ionov  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  in  $\text{Ba}^{2+}$  z ionsko kromatografijo – Metoda za vodo in odpadno vodo (ISO 14911:1998). = Water quality – Determination of dissolved ion  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  in  $\text{Ba}^{2+}$  using ion chromatography – Method for water and waste water (ISO 14911: 1998).

SIST EN ISO 6878: 2004. Kakovost vode – Določevanje fosforja – Spektrometrijska metoda z amonijevim molibdatom. = Water quality – Determination of phosphorus – Ammonium molybdate spectrometric method, Str. 2-19.

SIST EN ISO 8467: 1998. Kakovost vode – Določanje permanganatnega indeksa. = Determination of permanganate index.

SIST EN ISO 10304-1: 1992. Kakovost vode – Določevanje raztopljenih fluoridnih, kloridnih, nitritnih, ortofosfatnih, bromidnih, nitratnih in sulfatnih ionov z uporabo ionske kromatografije – 1.del: Metoda za malo obremenjene vode. = Water quality – Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate and sulphate ions, using liquid chromatography of ions – Part 1: Method for water with low contamination.

SIST EN ISO 11732: 2005. Kakovost vode – Določevanje amonijevega dušika – Metoda s pretočno analizo (CFA in FIA) in spektrometrijsko detekcijo. = Water quality – Determination of ammonium nitrogen – Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection.

SIST ISO 5667: 2007. Kakovost vode – Vzorčevanje – 6. Del: Navodila za vzorčevanje rek in vodnih tokov. = Water quality – Sampling – Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams.

SIST ISO 11923. 1998. Določevanje suspendiranih snovi s filtracijo skozi filter iz steklenih vlaken. = Water quality – Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters.

SIST EN ISO 15682-1:2005: Kakovost VODE – Določanje ortofosfata in celotnega fosforja s pretočno analizo (FIA in CFA) – 1. Del: Metoda z injicirano pretočno analizo (FIA). = Water quality – Determination of orthophosphate and total phosphorus contents by flow analysis (FIA and CFA) – Part 1: Method by flow injection analysis (FIA).



Strebel, O., Dunynisveld, W.H.M., Bottcher, J. 1989. Nitrate pollution of groundwater in Western Europe, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 26: 189-214.  
DOI: 10.1016/0167-8809

Pokrovnost tal v Sloveniji 1993-2001. 2005. Ljubljana, Rezultati raziskovanj, št. 815/2005. Statistični urad Republike Slovenije (SURIS).

Toor, D.S., Lusk, M., Obreza, T. 2011. *Onsite Sewage Treatment and Disposal Systems: Nitrogen*, University of Florida: 6 str.  
<http://edis.ifas.ufl.edu> (pridobljeno 20. december 2012).

Road Map towards the Implementation of the United Nations Millennium Declaration 2001. Report to the secretary general. A/56/326. United Nations general Assembly, New York.

Urbanič, B. (ur.). 2010 *Izvedba vzorčevanja in saprobiološka analiza; reke Goriškega. Šalovci*, Javno komunalno podjetje Šalovci: 61 str.

Vodna telesa površinskih voda. 2006. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor, Kartografsko gradivo v digitalni obliki  
[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (pridobljeno 12. november 2008).

Wind, T. 2007. *The Role of Detergents in the Phosphate-Balance of European Surface Water*. Official Publication of the European Water Association.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology*. San Diego, Academic Press: str. 1006.

Williams, I. 2001. *Environmental chemistry: a modular approach*. Chichester: str. 388.

Wind, T. 2007. *The Role of Detergents in the Phosphate-Balance of European Surface Water*. Official Publication of the European Water Association.

Wheater, H.S., Daldorf, P.W.G. *Decision –support modelling for water quality management: a pre-pilot case study for the EU water framework directive*. V: *Lekkas TDProc Of 8th International Conference on Environmental Science and Technology*. Lemnos Island, Greece, 8-10 September 2003: str. 65-72.

Worsfold, P.J., Gimbert, L.J, Mankasingh, U., Omaka, O.N., Grady Hanrahan, G., Gardolinski P.C.F.C, Haygarth, P.M., Benjamin L. Turner, B.L., Keith-Roach, M.J and McKelvie, I.D. 2005. Sampling, sample treatment and quality assurance issues for the determination of phosphorus species in natural waters and soils, *Talanta*, 66, 2: 273-293. DOI: 10.1016/j.talanta.2004.09.006

Zhu, Z.L. 2000. Loss of fertilizer N from plant-soil system and the strategies and techniques for its reduction. *Soil Environmental Science*, 9: 1-6.

### **Ostali viri**

Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktober 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. OJ L 327: str. 1-73

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. 2004. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_komunalne\\_vode.pdf](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf) (10. avgust 2013).

Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Uradni list RS št. 49-2277/2004: 1-4.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 45-2451/2007: 6170-6181.

Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih rib. Uradni list RS št. 46-2256/2002: 4582-4584.

Pravilnik za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju. Uradni list RS št. 130-5427/2004: 15672-15674.

Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list RS št. 84-3646/2005: 8709-8717.

Uredba o plačilih za kmetijsko okoljske ukrepe iz Programa razvoja podeželja za Republiko Slovenijo 2004-2006 v letih 2007-2010. Uradni list RS št. 19-943/2007: 2483-2488.

**PRILOGA A: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 1: Velika Krka - Krplivnik**

Velika Krka Krplivnik	Temperatura zraka	Temperatura vode	PH	Motnost	Kisik	Elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	NH <sub>4</sub> -N (amonij)	Kemijska potreba po kisiku (KMnO <sub>4</sub> )	NO <sub>2</sub> -N (nitrit)	NO <sub>3</sub> -N (nitrat)	Fosfor (skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C		NTU	mg/l	µS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maja 2008	29,7	17,6	6	7,87	5,22	140	162	0,18	0,14	4,4	0,125	6,6	0,49	2,5	7
2. vzorčenje 8. julij 2008	17	17,5	5,8	16,37	4,67	120	153	0,61	0,1	15	0,125	19	0,69	3,6	11
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	15,3	7,1	41,8	6,38	50	183	0,17	0,09	10	0,131	8,4	0,73	3,8	52
4. vzorčenje 27. avgust 2008	16	15,7	6,7	5,83	6,12	80	113	0,08	0,04	12	0,03	6,2	0,31	3,3	5
5. vzorčenje 24. september 2008	9	10,8	6,5	4,9	6,45	120	105	0,07	0,01	6,4	0,016	8,8	0,18	4	2
6. vzorčenje 22. oktober 2008	6	8	6,4	4,31	6,49	140	127	0,058	<0,01	11	0,023	8,4	0,21	3,7	3
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,5	6,2	4,81	8,1	90	112	0,073	0,04	8,6	0,043	9,7	0,37	2,4	<1
8. vzorčenje 18. december 2008	0	4,6	6,3	120	7,72	100	191	0,196	0,09	36	0,213	15	2,3	6,7	150
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	1,5	6,3	29,9	8,66	40	186	0,12	0,12	6,3	0,092	19	0,428	3	56
10. vzorčenje 18. februar 2009	-1	-0,1	6,3	10,76	9	20	157	<0,031	0,1	1,4	0,036	18	0,113	1,8	12
11. vzorčenje 18. marec 2009	8	4,9	6,3	7,8	8,5	40	161	<0,031	0,064	1,1	0,036	13	0,129	1,5	3,6
12. vzorčenje 23. april 2009	10	11	6,9	8,27	6,59	70	137	0,037	0,18	2,6	0,1	9,3	0,174	1,7	5,2
13. vzorčenje 20. maj 2009	20	16,5	6,5	8,25	5,84	110	141	0,04	0,13	1,9	0,13	5,8	0,15	2,3	6,1
14. vzorčenje 18. junija 2009	21	15,3	7,2	8,29	6,1	130	123	0,092	0,051	2,2	0,066	5,8	0,26	2,6	6,9
124. junija 2009	12	14,4	6,2	93,2	8,2	70	179	0,17	0,2	9,7	0,23	23	1,47	4,4	230
126. junija 2009	13	15,4	6,3	22,8	7,6	60	146	0,25	0,15	13	0,2	15	2,33	3,7	120
129. junija 2009	17	16,4	7,2	91,9	8,8	50	136	0,031	0,077	6	0,095	14	1,01	2,5	27
11. julija 2009	16	17,2	6,2	20,7	8,1	110	141	0,12	0,077	8,1	0,095	12	0,949	2,6	23
13. julija 2009	15	17,5	6,5	20,7	7,6	130	118	0,1	0,064	5,3	0,092	9,7	0,49	2,5	30
16. julija 2009	13	17,8	6,5	135	8,6	80	115	0,13	0,1	2,5	0,14	12	0,398	3,7	25
15. vzorčenje 9. julija 2009	16	15,7	7,4	50	6,26	50	97	0,13	0,09	8	0,098	7,1	0,474	2,9	20
16. vzorčenje 20. avgust 2009	23	18	6,9	10,94	6,18	120	115	0,15	0,064	1,6	0,069	8	0,306	2,4	270
17. vzorčenje 24. september 2009	19	13,7	7,4	8,83	6,26	130	276	0,086	0,13	1,9	0,12	6,2	0,367	3,3	3,5
18. vzorčenje 22. oktober 2009	14	9,8	7,3	8,25	4,74	130	312	0,064	0,32	2,1	0,046	5,8	0,208	2,8	<2

**PRILOGA B: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 2: Dolenski potok**

Dolenski potok	temperatura zraka	temperatura vode	PH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK (KMnO <sub>4</sub> )	Nitrit	Nitrat	Fosfor (skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maja 2008	29	14,8	5	25,9	5,83	40	200	0,15	0,17	13	0,072	4	0,52	1,2	36
2. vzorčenje 8. julij 2008	18	15,3	5,3	29,3	4,29	60	167	0,23	0,24	27	0,171	11,90	0,8	4,7	17
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	14,2	7,2	36,4	6,23	50	162	0,09	0,06	16	0,089	5,7	1,04	1,7	26
4. vzorčenje 27. avgust 2008	15	14,1	6,5	15,53	6,01	40	73	0,17	0,1	14	0,056	3,5	0,8	1,7	13
5. vzorčenje 24. september 2008	9	10,2	6,4	16,97	6,1	30	70	0,11	0,06	12	0,043	8	0,49	1,4	9
6. vzorčenje 22. oktober 2008	6	7,1	6,3	10,26	5,9	50	92	0,08	0,03	17	0,023	7,1	0,13	2,1	5
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,7	6,2	14,14	7,28	10	97	0,129	0,12	12	0,043	8	0,34	1,4	9
8. vzorčenje 18. december 2008	1	10,7	6,4	303	7,94	20	151	0,217	0,22	70	0,253	8,8	1,19	5,9	260
9. vzorčenje 29. januar 2009	1	1,3	6,3	19,45	8,63	10	178	0,061	0,05	6,9	0,059	16	0,337	1,9	21
10. vzorčenje 18. februar 2009	-4	0,2	6,3	10,87	8,75	10	158	<0,031	0,08	1,8	0,023	12	0,138	1,2	6,4
11. vzorčenje 18. marec 2009	8	4,2	6,3	8,82	8,64	10	146	<0,031	0,051	1,4	0,026	7,5	0,122	0,9	5,7
12. vzorčenje 23. april 2009	10	9,6	7	38,2	7,04	10	98	0,14	0,22	5,8	0,079	4	0,918	1,3	35
13. vzorčenje 20. maj 2009	19	14,7	6,4	20,8	6,33	50	86	0,073	0,13	3,1	0,075	4	0,367	1,3	21
14. vzorčenje 18. junija 2009	20	13,8	7,05	21,8	6,63	40	66	0,11	0,15	2,7	0,079	4,9	0,337	1,3	17
15. vzorčenje 9. julija 2009	15	14,1	7,4	21,2	6,6	0	75	0,089	0,077	12	0,066	4,4	0,459	1,3	27
16. vzorčenje 20. avgust 2009	22	16,1	6,8	24,5	6,36	50	57	0,19	0,1	2,6	0,082	4,9	0,147	1,3	25
17. vzorčenje 24. september 2009	19	11,9	7,4	16,61	6,95	30	304	0,13	0,064	3,8	0,046	4,9	0,536	1,4	14
18. vzorčenje 22. oktober 2009	14	9,4	7,2	9,97	7,99	70	318	0,046	0,86	2,9	0,013	3,1	0,551	1,5	4,9

### PRILOGA C: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 3: Adrijanski potok

Adrijanski potok	temperatura zraka	temperatura vode	pH	močnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Orotofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitrati	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	28,5	15,8	6,1	6,37	5,5	80	146	0,08	0,08	4,2	0,062	4	0,17	3,5	3
2. vzorčenje 8. julij 2008	18	15,9	7,1	13,39	4,2	70	119	0,1	0,1	14	0,085	8,4	0,24	3,9	8
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	14,5	7,1	26,3	6,13	30	165	0,07	0,06	8,3	0,066	5,7	0,49	3,1	20
4. vzorčenje 27. avgust 2008	15	15,1	6,3	3,17	6,49	60	108	0,05	0,04	5,1	0,016	6,2	0,15	3,2	3
5. vzorčenje 24. september 2008	9	11	6	3,27	5,77	60	131	<0,03	0,03	5	0,013	4,9	0,1	3,4	<2
6. vzorčenje 22. oktober 2008	6,2	7,9	6,3	4,99	6,42	70	122	<0,031	<0,01	8,7	0,007	4	0,11	5,5	<2
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,4	6,2	2,81	7,6	30	116	0,031	0,03	6,2	0,023	6,2	0,13	2,6	<2
8. vzorčenje 18. december 2008	0	4,7	5,2	106	7,8	10	157	0,116	0,06	65	0,121	8,8	2,12	5,3	200
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	1,5	6,2	15,78	8,14	30	172	0,052	0,09	5	0,049	16	0,177	2,7	20
10. vzorčenje 18. februar 2009	-4	0,4	6,1	5,4	9,21	10	162	<0,031	0,06	1,1	0,013	16	0,08	1,5	6,8
11. vzorčenje 18. marec 2009	7	4,4	6	4,19	8,97	20	167	<0,031	0,013	0,7	0,016	12	0,092	1,5	<1
12. vzorčenje 23. april 2009	10	10,4	6,8	7,9	7,15	40	141	<0,031	0,064	1,8	0,03	7,1	0,098	1,9	4,4
13. vzorčenje 20. maj 2009	18	15	6,2	5,13	5,23	70	122	<0,031	0,064	1,1	0,023	4,9	0,067	2,9	1
14. vzorčenje 18. junija 2009	19	14,6	7,1	6,47	6,03	80	132	<0,031	0,051	1,6	0,033	4,4	0,098	3,8	<2
15. vzorčenje 9. julija 2009	15	14,6	7,5	13,3	6,75	30	92	0,049	0,038	6,3	0,046	5,8	0,306	2,3	9,9
16. vzorčenje 20. avgust 2009	22	17,5	6,8	4,15	6,61	70	135	0,049	0,026	1,1	0,02	5,3	0,089	2,5	2,5
17. vzorčenje 24. september 2009	13	13,7	7,8	3,83	6,7	80	102	<0,031	<0,013	1,3	0,01	4,4	0,095	3,6	<2
18. vzorčenje 22. oktober 2009	12	10	7,5	19,6	8,15	120	340	<0,031	0,64	1,6	0,016	5,3	0,092	3,2	<2

### PRILOGA D: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 4: Kobiljski potok

Kobiljski potok	temperatura zraka	temperatura vode	pH	močnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Orotofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitrati	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maja 2008	29,9	25,6	6,3	1,57	5,47	130	162	0,15	0,09	11	0,056	<2,2	0,58	4	29
2. vzorčenje 8. julij 2008															
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	14,8	7,2	76,5	6,8	100	170	0,28	0,14	15	0,203	9,3	1,07	5,8	60
4. vzorčenje 27. avgust 2008	20	16,9	6,4	16,1	6	90	127	0,2	0,04	22	0,046	4,9	0,61	6,8	6
5. vzorčenje 24. september 2008	12	11,8	6,9	5,06	6,34	90	111	0,07	0,01	11	0,02	9,3	0,18	2,5	2
6. vzorčenje 22. oktober 2008	8	9,2	6,7	2,36	6,6	70	136	<0,031	<0,01	18	0,01	6,6	0,18	5,5	<2
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4	6,5	5,91	7,85	40	130	0,101	0,04	15	0,066	12,4	0,35	3,3	5
8. vzorčenje 18. december 2008	1	6,8	6,7	273	8,14	80	179	0,19	0,14	80	0,197	13,3	3,67	6,3	640
9. vzorčenje 29. januar 2009	1	1	6,5	51,6	8,95	20	189	0,24	0,12	11	0,12	18	0,949	3,2	110
10. vzorčenje 18. februar 2009	-1	0,1	6,4	11,13	8,71	20	171	0,037	0,09	2,1	0,043	20	0,184	2,5	8,9
11. vzorčenje 18. marec 2009	10	5,9	6,6	11,78	9,4	60	176	0,043	0,19	1,5	0,092	16	0,275	1,9	11
12. vzorčenje 23. april 2009	10	11,3	7,1	17,67	6,73	60	155	0,13	0,14	3,7	0,14	4,9	0,52	2,6	10
13. vzorčenje 20. maj 2009	21	17,1	6,8	8,14	6,24	80	143	0,061	0,038	3,6	0,11	6,2	0,272	3	14
14. vzorčenje 18. junija 2009	22	17,8	7,4	10,82	5,24	150	117	0,15	0,91	6,6	0,46	3,1	0,979	7,3	8,2
124. junij 2009	12	14,3	6,1	27,5	8	10	147	0,37	0,59	12	0,25	18	0,826	6,9	29
126. junij 2009	12	15,5	6	8,85	8,3	90	137	0,15	0,63	8,8	0,43	13	1,07	5	7,7
129. junij 2009	17	17,3	6,1	30,1	7,2	90	134	0,37	0,23	12	0,46	17	2,33	5,2	100
11. julij 2009	15	16,2	7,2	84,7	8,2	80	119	0,23	0,22	12	0,22	12	0,673	3,9	20
13. julij 2009	15	16,5	6,5	26,2	7,4	130	96	0,26	0,38	11	0,31	8,4	1,71	4,9	8
16. julij 2009	17	18,7	6,7	205	7,2	60	104	0,47	0,27	17	0,39	6,6	2,66	4,4	150
15. vzorčenje 9. julija 2009	18	16	7,4	26,9	6,23	98	98	0,25	0,1	13	0,14	5,8	0,949	4,4	6,2
16. vzorčenje 20. avgust 2009	25	19,3	7,2	5,59	5,78	130	137	0,14	0,038	3,5	0,056	12	0,291	3,4	2,7
17. vzorčenje 24. september 2009	21	16,1	7,5	4,43	7,38	130	112	0,037	<0,013	2,2	0,01	7,1	0,171	4	<1
18. vzorčenje 22. oktober 2009	15	10,1	7,5	2,85	8,42	80	274	0,037	0,26	2,2	0,01	5,8	0,129	3,6	<2

**PRILOGA E: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 5: Ledava - Nuskova:**

Ledava Nuskova	PARAMETER	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitriti	Fosfor(skupni)	Kalij
	ENOTA PODAJANJE	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
									PO4	NH4	KMnO4	NO2	NO3	PO4	K
1. vzorčenje 28. maj 2008		22,4	16,9	6,2	44,6	5,16	630	125	0,15	0,19	8,8	0,203	6,6	0,73	4,5
2. vzorčenje 8. julij 2008		15	18,8	6,6	46,6	5,03	500	131	0,3	0,26	22	0,21	11,1	0,92	6,5
3. vzorčenje 24. julij 2008		16	15,1	6,5	86	6,88	410	132	0,12	0,08	6,2	0,115	11,9	0,67	3,6
4. vzorčenje 27. avgust 2008		13	16,4	7,3	9,4	6,14	570	94	0,11	0,09	10	0,092	8,4	0,28	4,2
5. vzorčenje 24. september 2008		8	11,5	7,3	9,76	6,07	600	71	0,14	0,84	9,6	0,213	11,1	0,28	5,5
6. vzorčenje 22. oktober 2008		3	8,3	6	6,53	6,53	450	93	0,095	0,06	11	0,043	7,1	1,07	5,9
7. vzorčenje 4. december 2008		1	5,7	6,6	4,83	7,7	480	137	0,077	0,1	7,4	0,079	13,3	0,2	3,8
8. vzorčenje 18. december 2008		2	6,6	6,2	24,7	7,67	410	120	0,055	0,08	12	0,171	16,4	0,28	3
9. vzorčenje 29. januar 2009		0	2,5	6,6	39,1	8,35	310	137	0,13	0,14	5,7	0,095	27	0,796	3,1
10. vzorčenje 18. februar 2009		-6	0	6,4	9,48	9,4	380	112	<0,031	0,14	1,7	0,056	20	0,104	2,3
11. vzorčenje 18. marec 2009		3	4,9	6,5	10,11	8,91	400	125	<0,031	0,077	1,1	0,059	16	0,168	2
12. vzorčenje 23. april 2009		9	12,3	8	9,22	6,45	870	116	0,04	0,038	2,3	0,095	8	0,266	2,5
13. vzorčenje 20. maj 2009		16	17,4	6,7	94,7	5,56	510	130	0,18	0,23	4,2	0,38	10	0,673	4,9
14. vzorčenje 18. junija 2009		13	16,7	7,2	26,9	5,55	540	94	0,11	0,1	3,8	0,16	10	0,52	5,6
124. junij 2009		12	14,8	6,5	199	8,3	180	115	0,38	0,37	10	0,36	32	11,6	5,3
126. junij 2009		13	14,6	7	49	9	350	52	0,14	0,17	5,8	0,17	26	1,22	3,5
129. junij 2009		17	15,3	7,4	68,5	8,4	340	47	0,18	0,1	6	0,12	19	2,39	3,4
11. julij 2009		19	15,8	6,9	23,7	8,5	470	26	0,12	0,09	12	0,085	16	0,826	2,8
13. julij 2009		17	16,3	7,1	113	8,4	430	10	0,31	0,18	6,6	0,23	16	1,59	3,8
16. julij 2009		17	17	7,3	17	8,6	530	-8	0,13	0,1	2,5	0,14	12	0,398	3,7
15. vzorčenje 9. julija 2009		13	15,3	6,8	19,08	6,47	470	34	0,13	0,088	4,1	0,12	10	0,75	3,5
16. vzorčenje 20. avgust 2009		20	17,4	6,5	9,58	6,31	520	64	0,018	0,038	1,4	0,075	14	0,187	3,7
17. vzorčenje 24. september 2009		9	15	7,1	7,75	5,9	640	422	0,073	<0,013	2,2	0,039	8	0,398	4,3
18. vzorčenje 22. oktober 2009		13	9,5	7	7,02	7,54	540	345	0,08	1,1	1,5	0,11	8,9	0,367	3,2

**PRILOGA F: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 6: Ledava – Domajinci**

Ledava Domajinci	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitriti	Fosfor(skupni)	Kalij	Nenazopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	22,7	17,2	6,5	40,1	4,47	430	125	0,025	0,47	14	0,037	<2,2	0,1	3,6	4,2
2. vzorčenje 8. julij 2008	17,3	23,5	6,8	38	3,04	360	129	0,14	0,24	20	0,105	5,7	0,76	4,3	5,0
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	18,3	6,5	28	5,72	310	152	0,03	0,32	5,3	0,144	3,1	0,38	4,8	2,5
4. vzorčenje 27. avgust 2008	13	19,8	7,6	28	4,07	320	131	0,06	0,04	22	0,161	<2,2	0,41	5,4	3,6
5. vzorčenje 24. september 2008	8	13,2	7,7	19,77	3,8	310	128	0,06	0,05	15	0,148	7,1	0,14	4,6	1,7
6. vzorčenje 22. oktober 2008	4	10,7	6,7	16,41	4,8	340	133	<0,031	0,19	17	0,072	5,7	0,18	5,8	2,1
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,6	6,8	9,26	8,08	210	119	0,049	0,03	14	0,049	5,7	0,13	2,9	9
8. vzorčenje 18. december 2008	2	4,5	5,9	21,9	7,78	340	137	<0,031	0,06	16	0,069	7,5	0,31	4,4	19
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	2,5	6,7	22,3	8	330	149	0,11	0,22	3,8	0,12	12	0,11	3,9	20
10. vzorčenje 18. februar 2009	-6	2,7	6,8	26,3	8	330	144	0,089	0,22	2,3	0,11	16	0,272	2,7	19
11. vzorčenje 18. marec 2009	5	6,5	6,6	9,51	7,91	321	149	<0,031	0,051	1,9	0,079	9,7	0,19	2,2	8
12. vzorčenje 23. april 2009	9	12,5	6,6	16,09	4,2	400	131	<0,031	0,26	2,6	0,098	<2,2	0,288	2,8	13
13. vzorčenje 20. maj 2009	16	18,1	6,7	42,8	5,19	420	126	0,064	0,41	4,3	0,11	<2,2	0,581	3,2	5,8
14. vzorčenje 18. junija 2009	15	20,3	6,5	42,5	4,1	320	117	0,031	0,29	4,2	0,11	<2,2	0,581	3,7	5,6
15. vzorčenje 9. julija 2009	13	21,3	7,3	41,6	4,49	370	87	0,046	0,051	5	0,36	5,8	0,367	4,1	4,0
16. vzorčenje 20. avgust 2009	20	22,6	6,7	29,3	4,67	300	123	0,1	0,35	5	0,2	<2,2	0,459	4	2,7
17. vzorčenje 24. september 2009	9	15,8	7,5	35,4	4,17	340	328	0,031	0,18	4,4	0,082	<2,2	0,49	4,7	3,3
18. vzorčenje 22. oktober 2009	13	9,9	7,3	13,51	8,33	300	340	<0,031	0,55	3,1	0,059	2,2	0,214	4,1	14

### PRILOGA G: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 7: Bodonski potok

Velika Krka Krplivnik	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitrati	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	24,1	15,6	5,5	5,99	5,15	260	114	0,14	0,12	7,5	0,112	3,1	0,55	3,7	12
2. vzorčenje 8. julij 2008	17	17,2	6,9	36,8	5,15	210	136	0,23	0,09	20	0,105	9,3	0,88	4,2	59
3. vzorčenje 24. julij 2008	15	15	6,9	77	6,5	140	173	0,47	0,15	9	0,236	7,5	1,41	4,8	110
4. vzorčenje 27. avgust 2008	14	15	7,8	5,64	6,43	220	131	0,11	0,05	8,9	0,066	4,9	0,29	3,5	7
5. vzorčenje 24. september 2008	8	11,4	7,9	7,79	6,05	200	116	0,08	0,09	7,5	0,066	7,1	0,4	3,4	4
6. vzorčenje 22. oktober 2008	4	9	7,1	4,53	5,97	230	140	0,043	<0,01	12	0,02	4,9	0,15	5,9	<2
7. vzorčenje 4. december 2008	1	5	7,1	5,21	7,41	230	112	0,089	0,1	7,4	0,56	6,2	0,27	3,1	13
8. vzorčenje 18. december 2008	2	5,6	5,8	471	7,34	130	151	0,407	0,18	62	0,279	8,4	6,43	7	540
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	2	6,8	44,5	8,32	120	175	0,3	0,35	7,2	0,14	14	0,3	3,9	230
10. vzorčenje 18. februar 2009	-5	-0,1	5,8	8,18	8,95	150	128	<0,031	0,17	2,1	0,039	11	0,116	2,3	9,3
11. vzorčenje 18. marec 2009	5	4,5	7,1	6,44	8,34	170	147	0,052	0,29	1	0,072	8	0,266	1,8	11
12. vzorčenje 23. april 2009	9	9,2	6,8	10,95	6,75	220	139	0,061	0,22	2,5	0,12	5,3	0,275	2,3	13
13. vzorčenje 20. maj 2009	17	15,7	7,1	9,87	5,04	270	133	0,2	0,49	3,3	0,31	4,4	0,796	4,5	7,7
14. vzorčenje 18. junija 2009	15	14,9	6,7	22,1	5,56	240	120	0,21	0,19	4,5	0,15	3,5	0,52	5,4	19
15. vzorčenje 9. julija 2009	14	14,8	7,5	29,7	6,5	180	77	0,22	0,2	6,4	0,2	5,3	0,704	4,8	30
16. vzorčenje 20. avgust 2009	20	15,7	7	7,14	6,15	230	78	0,098	0,051	1,4	0,049	6,2	0,147	2,7	5,5
17. vzorčenje 24. september 2009	9	13,9	7,6	6,61	6,24	250	324	0,046	0,026	1,9	0,059	4	0,214	3,5	8,3
18. vzorčenje 22. oktober 2009	13	9,9	7,4	4,78	6,14	220	337	0,08	2	1,8	0,026	2,2	0,49	3,7	<2

### PRILOGA H: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 8: Mala Krka – Domanjševci

Mala Krka - Domanjševci	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitrati	Fosfor(skupni)
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	29,8	21,4	6,2	10,44	5,02	165	165	0,11	0,06	13	0,043	2,7	0,28
2. vzorčenje 8. julij 2008	17	18,9	5,9	12,57	3,53	70	177	0,12	0,08	16	0,036	8,4	0,21
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	15,1	7,1	58,5	6,2	40	163	0,13	0,08	11	0,121	13,7	0,61
4. vzorčenje 27. avgust 2008	18	15,2	6,6	11,63	6,25	70	116	0,09	0,01	17	0,026	5,3	0,46
5. vzorčenje 24. september 2008	11	11,4	6,9	7,79	6,16	40	120	0,04	0,01	7,7	0,016	8	0,15
6. vzorčenje 22. oktober 2008	7	7,6	6,8	6,86	6,96	10	130	<0,031	0,01	12	0,02	8	0,17
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,7	6,5	5,76	7,6	20	120	0,046	0,05	12	0,072	12,4	0,12
8. vzorčenje 18. december 2008	1	4,3	6,6	272	7,44	130	174	0,306	0,14	38	0,525	30,5	1,44
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	1,6	6,4	19,87	8,69	50	183	0,08	0,08	6	0,072	24	0,242
10. vzorčenje 18. februar 2009	-2	0,1	6,4	10,17	8,85	50	161	<0,031	0,06	1,9	0,043	17	0,122
11. vzorčenje 18. marec 2009	8	5,1	6,5	6,25	9,18	0	164	<0,031	0,026	1,3	0,036	11	0,11
12. vzorčenje 23. april 2009	10	11,5	6,7	5,92	6,34	10	139	<0,031	0,038	3,5	0,046	7,5	0,086
13. vzorčenje 20. maj 2009	21	17,9	6,6	10,54	5,4	60	144	0,034	0,09	4,1	0,072	2,7	0,177
14. vzorčenje 18. junija 2009	21	16,2	7,3	12,28	5,52	60	121	0,073	0,051	4,6	0,03	3,5	0,52
15. vzorčenje 9. julija 2009	17	16	7,4	16,67	5,93	40	102	0,095	0,051	7,9	0,075	6,6	0,765
16. vzorčenje 20. avgust 2009	25	18,4	7,1	7,41	5,75	80	131	0,08	0,026	2,7	0,026	6,2	0,398
17. vzorčenje 24. september 2009	20	12,9	7,5	8,52	6,31	70	320	0,055	0,026	2,2	0,046	5,8	0,077
18. vzorčenje 22. oktober 2009	16	9,2	7,6	6,27	8,92	10	295	0,034	0,28	1,9	0,026	5,8	0,159

### PRILOGA I: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 9: Bokrački potok

Bokrački potok	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfat	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitrit	Nitrat	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	25	15	6,1	9,71	5,46	100	133	0,1	0,09	7,5	0,082	2,2	0,34	1,5	44
2. vzorčenje 8. julij 2008	17	16,8	7,1	34,5	4,17	110	126	0,12	0,09	24	0,082	9,3	0,51	2,8	66
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	14,6	7	80,7	6,8	60	175	0,22	0,13	14	0,21	13,3	1,22	3,8	65
4. vzorčenje 27. avgust 2008	14	14,5	5,5	11,27	5,75	110	121	0,12	0,05	11	0,039	2,7	0,4	2,3	7
5. vzorčenje 24. september 2008	8	10,3	8	8,89	6,19	100	113	0,09	0,04	10	0,026	6,6	0,5	1,8	3
6. vzorčenje 22. oktober 2008	6	8	5,8	5,78	6,34	90	125	0,04	<0,01	15	0,013	5,3	0,31	2,4	2
7. vzorčenje 4. december 2008	1	3,9	5,9	6,11	7,86	70	113	0,055	0,15	10	0,069	8,4	0,13	1,5	3
8. vzorčenje 18. december 2008	1	5,1	6,1	963	8,18	20	165	0,56	0,69	140	0,689	14,6	13,46	8	230
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	1,6	5,8	51,5	8,75	20	178	0,12	0,13	7,5	0,13	23	0,612	2,7	110
10. vzorčenje 18. februar 2009	-4	-0,2	5,6	11,14	8,14	20	135	<0,031	0,19	1,4	0,036	16	0,162	1,7	7,1
11. vzorčenje 18. marec 2009	5	3,6	6,3	11,15	8,4	50	139	<0,031	0,14	1,3	0,056	9,7	0,49	1,1	20
12. vzorčenje 23. april 2009	9	8,6	6,1	21,7	7,07	70	138	0,043	0,13	4	0,082	4	0,184	1,6	22
13. vzorčenje 20. maj 2009	18	15,3	5,9	24,6	6,03	110	15	0,058	0,051	3	0,072	2,7	0,444	1,8	16
14. vzorčenje 18. junija 2009	15	14,2	6,4	33,7	5,8	90	144	0,13	0,12	4,7	0,22	4	0,398	2,9	19
15. vzorčenje 9. julija 2009	14	14,4	7,6	52,5	6,3	50	95	0,15	0,14	8	0,16	7,1	0,704	3	52
16. vzorčenje 20. avgust 2009	20	15,7	6,7	13,62	6,13	100	82	0,073	0,051	1,9	0,098	5,3	0,193	2,2	12
17. vzorčenje 24. september 2009	10	12,9	7,7	14,44	6,42	110	338	0,04	<0,013	2,5	0,03	2,7	0,337	1,9	2
18. vzorčenje 22. oktober 2009	12	9,1	7,3	10,73	8,03	150	341	0,034	2,6	3,2	0,013	<2,2	0,254	1,8	5,2

### PRILOGA J: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 10: Bogojinski potok

Bokrački potok	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfat	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitrit	Nitrat	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	25	15	6,1	9,71	5,46	100	133	0,1	0,09	7,5	0,082	2,2	0,34	1,5	44
2. vzorčenje 8. julij 2008	17	16,8	7,1	34,5	4,17	110	126	0,12	0,09	24	0,082	9,3	0,51	2,8	66
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	14,6	7	80,7	6,8	60	175	0,22	0,13	14	0,21	13,3	1,22	3,8	65
4. vzorčenje 27. avgust 2008	14	14,5	5,5	11,27	5,75	110	121	0,12	0,05	11	0,039	2,7	0,4	2,3	7
5. vzorčenje 24. september 2008	8	10,3	8	8,89	6,19	100	113	0,09	0,04	10	0,026	6,6	0,5	1,8	3
6. vzorčenje 22. oktober 2008	6	8	5,8	5,78	6,34	90	125	0,04	<0,01	15	0,013	5,3	0,31	2,4	2
7. vzorčenje 4. december 2008	1	3,9	5,9	6,11	7,86	70	113	0,055	0,15	10	0,069	8,4	0,13	1,5	3
8. vzorčenje 18. december 2008	1	5,1	6,1	963	8,18	20	165	0,56	0,69	140	0,689	14,6	13,46	8	230
9. vzorčenje 29. januar 2009	0	1,6	5,8	51,5	8,75	20	178	0,12	0,13	7,5	0,13	23	0,612	2,7	110
10. vzorčenje 18. februar 2009	-4	-0,2	5,6	11,14	8,14	20	135	<0,031	0,19	1,4	0,036	16	0,162	1,7	7,1
11. vzorčenje 18. marec 2009	5	3,6	6,3	11,15	8,4	50	139	<0,031	0,14	1,3	0,056	9,7	0,49	1,1	20
12. vzorčenje 23. april 2009	9	8,6	6,1	21,7	7,07	70	138	0,043	0,13	4	0,082	4	0,184	1,6	22
13. vzorčenje 20. maj 2009	18	15,3	5,9	24,6	6,03	110	15	0,058	0,051	3	0,072	2,7	0,444	1,8	16
14. vzorčenje 18. junija 2009	15	14,2	6,4	33,7	5,8	90	144	0,13	0,12	4,7	0,22	4	0,398	2,9	19
15. vzorčenje 9. julija 2009	14	14,4	7,6	52,5	6,3	50	95	0,15	0,14	8	0,16	7,1	0,704	3	52
16. vzorčenje 20. avgust 2009	20	15,7	6,7	13,62	6,13	100	82	0,073	0,051	1,9	0,098	5,3	0,193	2,2	12
17. vzorčenje 24. september 2009	10	12,9	7,7	14,44	6,42	110	338	0,04	<0,013	2,5	0,03	2,7	0,337	1,9	2
18. vzorčenje 22. oktober 2009	12	9,1	7,3	10,73	8,03	150	341	0,034	2,6	3,2	0,013	<2,2	0,254	1,8	5,2

### PRILOGA K: Rezultati kemijskih analiz na mestu vzorčevanja 11: Bukovniški potok

Bukovniški potok	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitriti	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1. vzorčenje 28. maj 2008	30	16,6	5,6	15,78	5,08	150	206	0,21	0,13	11	0,256	4	0,37	1,2	8
2. vzorčenje 8. julij 2008 ob 11.10 h	18	16,7	5,9	20,1	3,8	130	165	0,32	0,27	19	0,236	10,6	0,38	1,5	7
3. vzorčenje 24. julij 2008	16	18,1	7,2	47,8	6,36	60	175	0,09	0,14	8,4	0,154	3,5	0,31	3,2	41
4. vzorčenje 27. avgust 2008	20	14,9	6,9	15,1	5,5	130	105	0,27	0,08	12	0,082	3,5	0,57	1,8	11
5. vzorčenje 24. september 2008	12	10,8	7,1	13,94	5,9	120	65	0,2	0,22	9	0,121	8,4	0,67	1,2	4
6. vzorčenje 22. oktober 2008	7	8,09	6,8	7,6	5,78	90	111	0,083	0,01	17	0,026	5,7	0,32	1,3	5
7. vzorčenje 4. december 2008	1	4,1	6,6	8,61	7,4	20	118	0,046	0,08	16	0,049	8,8	0,28	2	5
8. vzorčenje 18. december 2008	1	4,6	6,8	66,2	7,57	20	174	0,125	0,12	50	0,01	24,3	0,77	3,1	53
9. vzorčenje 29. januar 2009	1	3,4	6,4	44,7	7,48	10	178	0,07	0,1	9,8	0,11	9,7	0,643	3,1	66
10. vzorčenje 18. februar 2009	-1	0,3	6,6	9,08	8,4	40	155	0,04	0,08	2,1	0,026	11	0,153	0,81	3,7
11. vzorčenje 18. marec 2009	11	6,1	6,7	11,77	8,63	60	154	0,049	0,064	1,6	0,033	6,2	0,398	0,9	4,5
12. vzorčenje 23. april 2009	10	10,4	7,1	54,9	6,4	40	141	0,19	0,22	11	0,16	5,3	0,734	0,95	44
13. vzorčenje 20. maj 2009	21	15,3	6,9	40,6	5,49	90	103	0,23	0,17	7,2	0,066	4,4	0,597	1,3	19
14. vzorčenje 18. junija 2009	23	16,5	7,5	117	5,09	0	112	0,32	1,2	18	0,3	5,3	1,22	2,9	73
15. vzorčenje 9. julia 2009	18	15,2	7,4	24,1	6,14	40	47	0,14	0,12	14	0,095	5,3	1,29	1,1	22
16. vzorčenje 20. avgust 2009	24	18,2	7,3	20,9	5,33	110	91	0,18	0,14	3,3	0,11	4	0,704	1,7	8,8
17. vzorčenje 24. september 2009	21	13,8	7,4	18,97	6,07	130	142	0,17	0,051	2,5	0,085	3,1	0,337	1	4,4
18. vzorčenje 22. oktober 2009	15	9,9	7,4	12,84	7,46	90	268	0,049	2,8	0,41	0,02	<2,2	0,254	0,9	4,5
Bukovniško jezero	temperatura zraka	temperatura vode	pH	motnost	kisik	elektroprevodnost	Redoks potencial	Ortofosfati	Amonij	Kemijska potreba po kisiku - KPK(KMnO4)	Nitriti	Nitriti	Fosfor(skupni)	Kalij	Neraztopljene snovi
	°C	°C			mg/l	µS	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
8. julij 2008 ob 11.20	18	25,2	6,2	14,83	4,54	70	150	<0,03	0,04	26	0,026	7,5	0,28	3	15

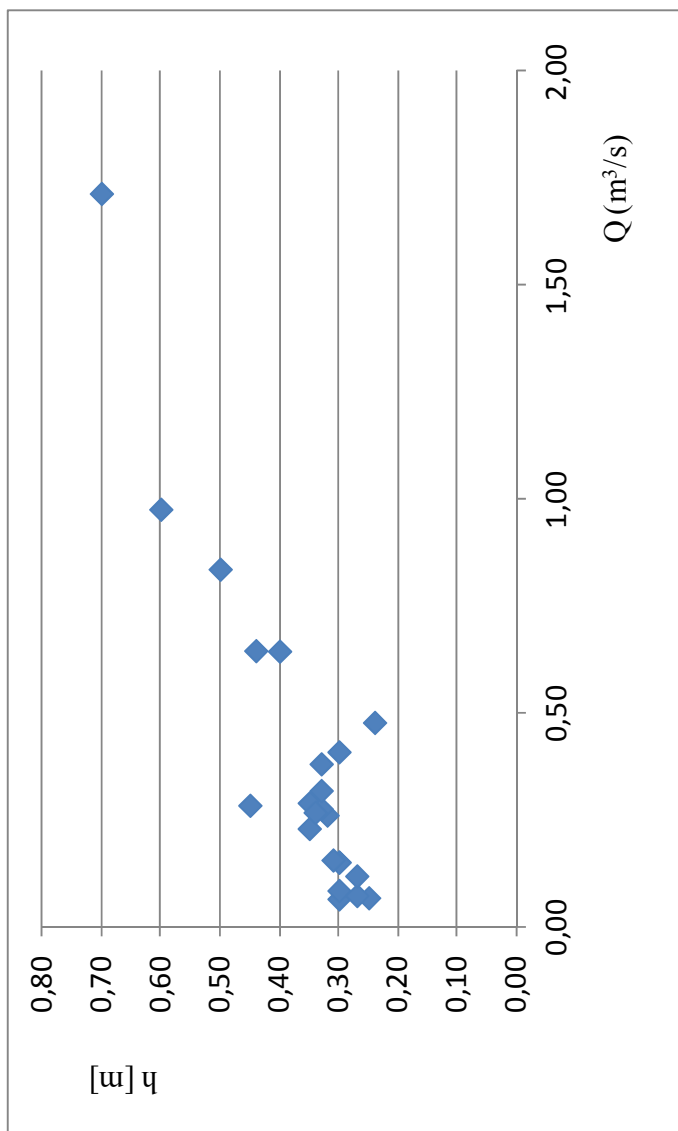


## **PRILOGA L: Izračun korelacijskih koeficientov $r^2$**

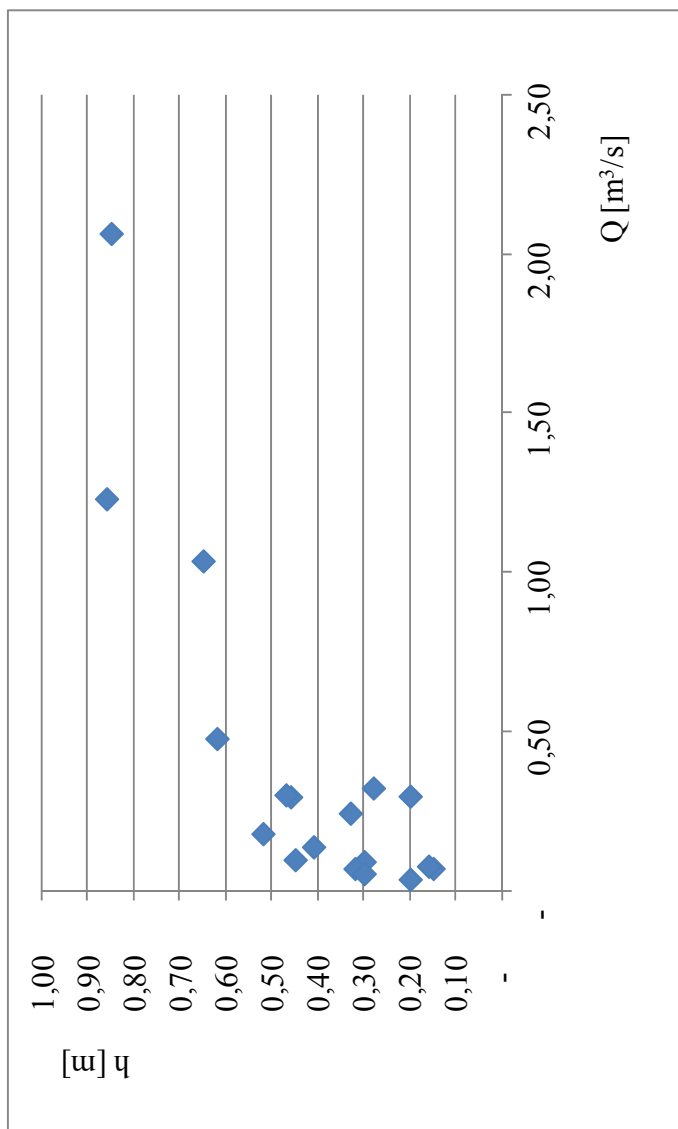
$r^2$	Ledava Naskova	Ledava Domajinci	Bodonski potok	Bokraški potok	Adrijski potok	Dolenski potok	Velika Krka	Mala Krka	Kobiljski potok	Bukovniški potok
[Tvođe/Tzrakal]	0,915995127	0,879619098	0,917513276	0,928822394	0,931073332	0,854873606	0,87416009	0,93936	0,937531447	0,91610231
[Tvođe/Koncentracija kisika]	-0,504180415	-0,838823062	-0,891771235	-0,872630305	-0,804454552	-0,763588205	-0,422791634	-0,87506	-0,1070736568	-0,821468165
[Električna prevodnost/Pretok]	-0,394148329	-0,131196521	-0,810153847	-0,660213378	-0,641486799	-0,37002484	-0,586155957	0,166336	-0,349564969	-0,565598062
[Nitrin/Amonij]	0,265483732	-0,268769863	-0,174729877	0,030198069	-0,113001434	0,001085671	0,334371206	0,309405	0,755816614	0,020740801
[Motnost/Pretok]	0,015024463	-0,047196981	0,546508908	0,888542534	0,771316117	0,614204821	0,473267757	0,75083	0,370056428	0,477932161
[Motnost/Neraztopljene snovi]	0,944851486	0,933632481	0,947061077	0,88343994	0,990335828	0,995684853	0,351234042	0,103808	0,870765856	0,900597863
[Neraztopljene snovi/Pretok]	-0,009067235	-0,145921643	0,750416666	0,927677524	0,772961979	0,622058937	0,135332835	0,35892	0,328367212	0,745075205
[Ortofosfat/Neraztopljene snovi]	0,794944136	-0,064105451	0,696538169	0,912633646	0,870956051	0,472473358	0,154312992	0,246336	0,223497777	0,164416423
[Skupni fosfor/Neraztopljene snovi]	0,94545263	0,734391311	0,910217552	0,874202337	0,988619586	0,582675773	0,525404166	0,387196	0,806005656	0,581578965
[Nitrin/Pretok]	0,945735717	0,471783509	0,670356532	0,814024851	0,588296732	0,566967602	0,305681708	0,9056646	0,44881731	0,265189466



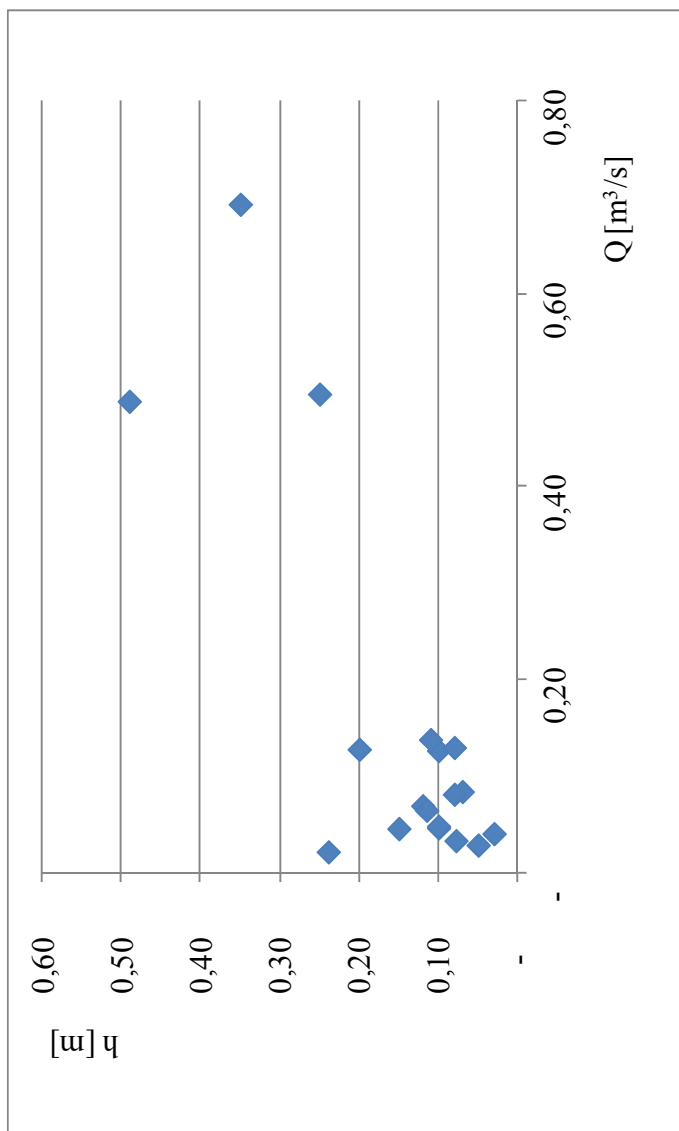
### PRILOGA M: Pretočnost – mesto vzorčevanja Ledava Nuskova



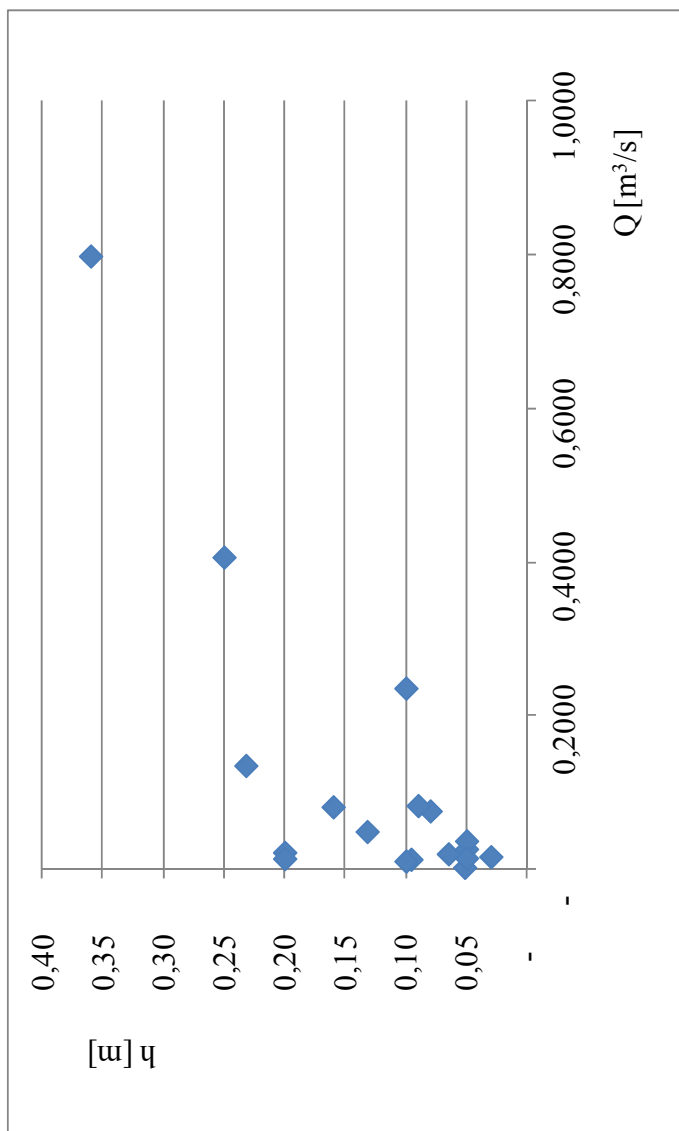
**PRILOGA N: Pretočnost – mesto vzorčevanja Ledava Domajinci**



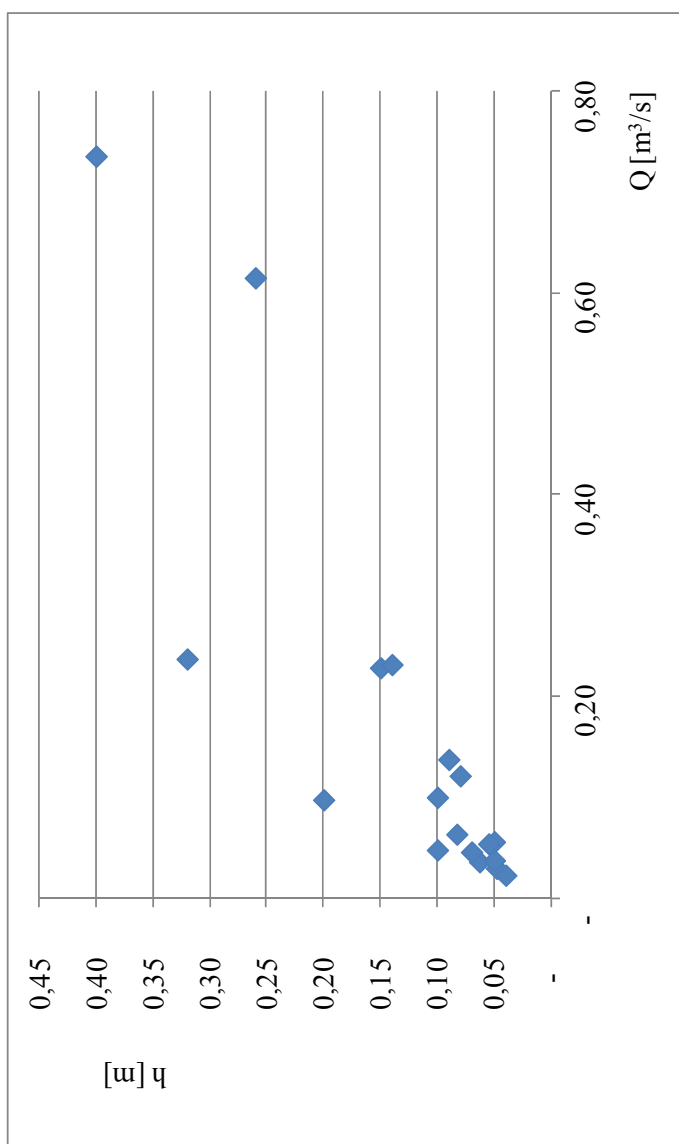
### PRILOGA O: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bodonski potok



### PRILOGA P: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bokrački potok

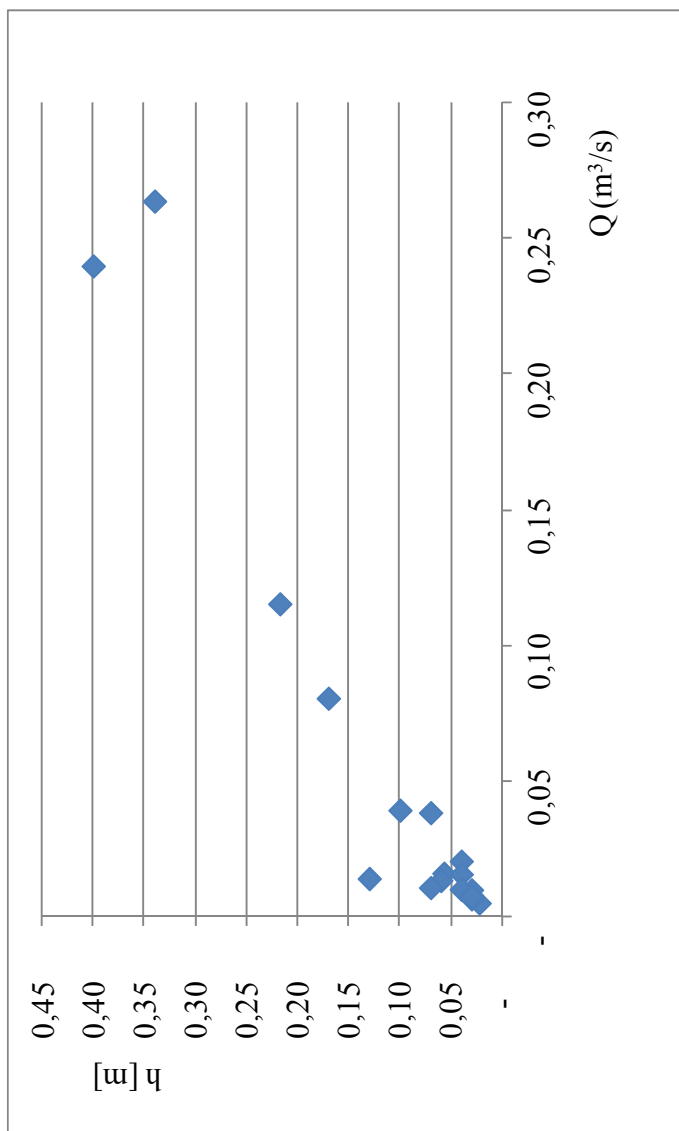


### PRILOGA R: Pretočnost – mesto vzorčevanja Adrijanski potok

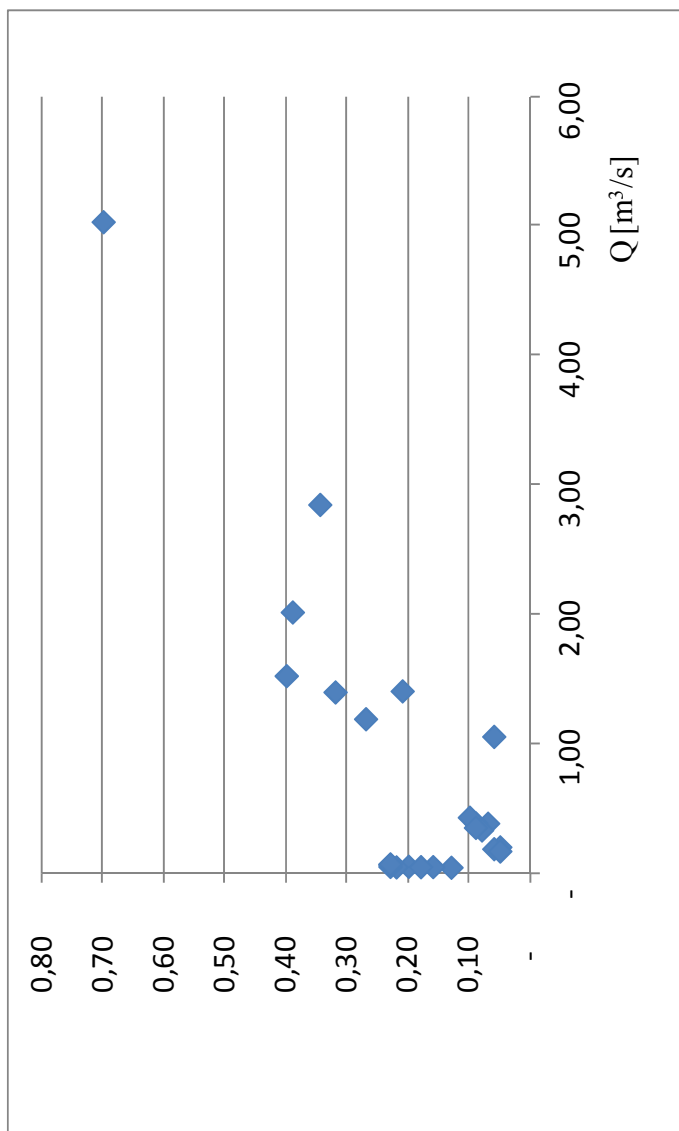




### PRILOGA S: Pretočnost – mesto vzorčevanja Dolenski potok

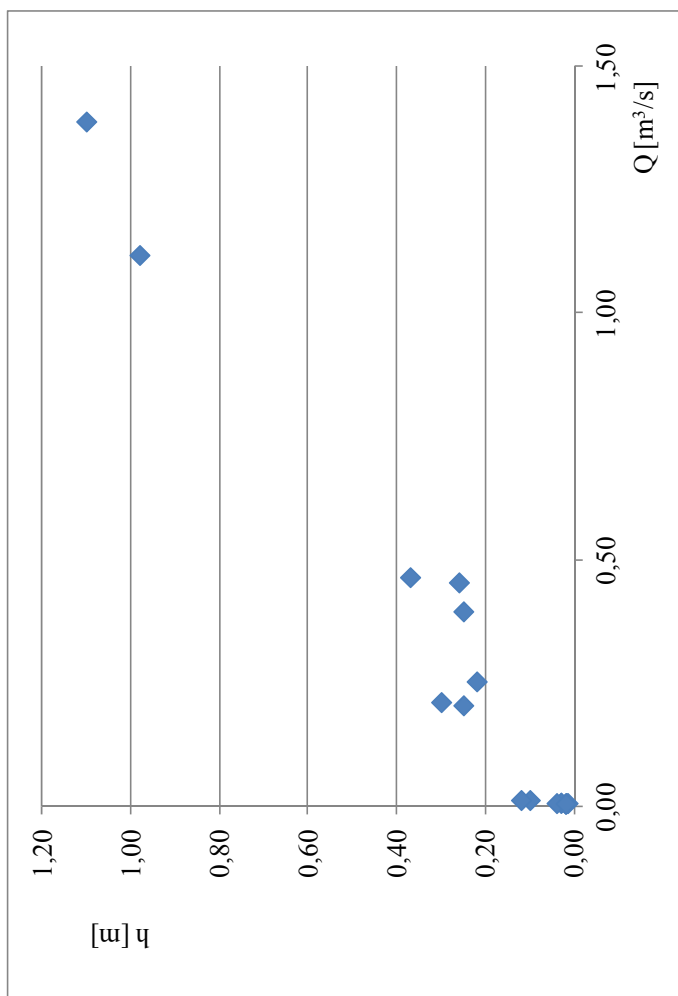


### PRILOGA Š: Pretočnost – mesto vzorčevanja Velika Krka

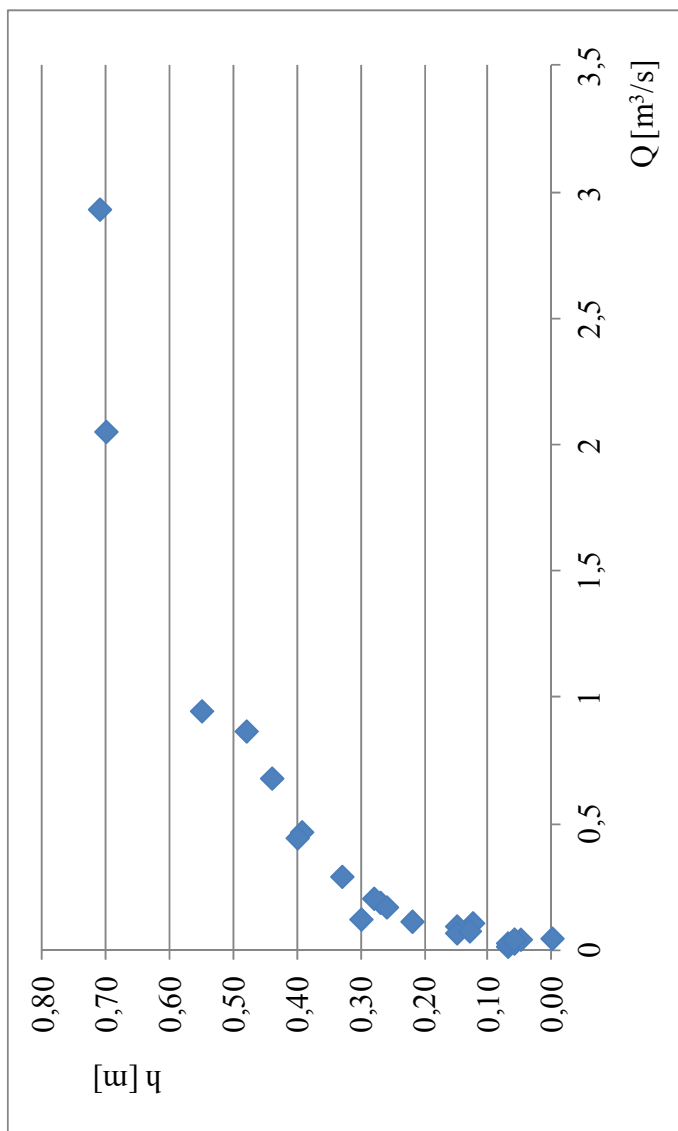




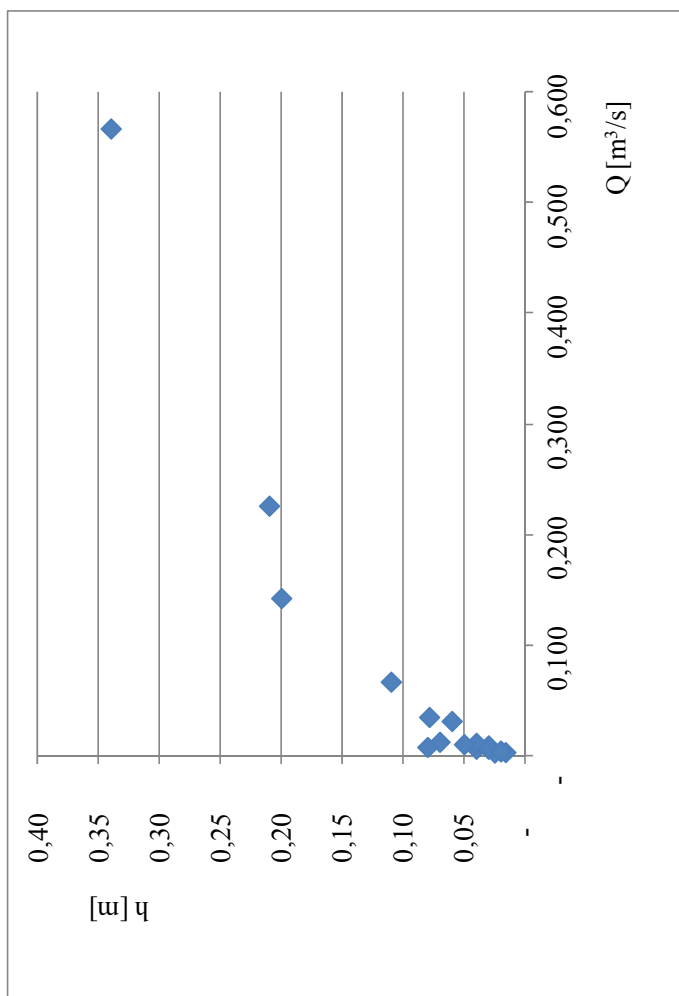
### PRILOGA T: Pretočnost – mesto vzorčevanja Mala Krka



### PRILOGA U: Pretočnost – mesto vzorčevanja Kobiljski potok



### PRILOGA V: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bukovniški potok



### PRILOGA Z: Pretočnost – mesto vzorčevanja Bogojinski potok

