

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matjaž GLAVAN

**VSEBNOST NITRATNEGA IONA (NO_3^-) IN
AMONIJSKEGA IONA (NH_4^+) V REKI TEMENICI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2005

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matjaž GLAVAN

**VSEBNOST NITRATNEGA IONA (NO_3^-) IN
AMONIJSKEGA IONA (NH_4^+) V REKI TEMENICI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**NITRATE ION (NO_3^-) AND AMMONIUM ION (NH_4^+) CONTENT IN
THE TEMENICA RIVER**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2005

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo, oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Vzorčenje vode je potekalo na reki Temenici.

Vzorci vode so bili analizirani v laboratoriju na Katedri za pedologijo in varstvo okolja, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete je za mentorico diplomskega dela imenovala doc. dr. Marino Pintar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Marina PINTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: asist. dr. Helena Grčman
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matjaž Glavan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 556.53:504.05/.06:546.39:631.416.13(497.4)(043.2)
KG	nitratni ion/amonijski ion/Temenica/površinske vode/rečni ekosistem
KK	AGRIS P01/T01
AV	GLAVAN, Matjaž
SA	PINTAR, Marina (mentor)
KZ	SI- 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2005
IN	VSEBNOST NITRATNEGA IONA (NO_3^-) IN AMONIJSKEGA IONA (NH_4^+) V REKI TEMENICI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 55, [31] str., 6 pregl., 23 sl., 27 pril., 41 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen raziskovalnega dela je bil ugotoviti gibanje vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona vzdolž toka reke in tekom raziskovalnega obdobja ter ugotoviti vpliv površinskega in podpovršinskega toka vode s kmetijskih in gozdnih zemljišč. Raziskava je potekala na Dolenjskem v zgornjem toku reke Temenice od izvira v Javorjah pri Litiji do prvega ponora na Ponikavah pri Trebnjem. Na reki smo določili 14 vzorčnih mest, ki so bila razporejena tako, da so tvorila zaokrožena območja opazovanja. Vode smo vzorčili enkrat mesečno, od decembra 2003 do novembra 2004, v petih ponovitvah za vsako vzorčno mesto. Vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona smo določili spektrofotometrično. Vsebnosti amonijskega iona so bile v večini mesecev pod mejo detekcije. Njegova prisotnost je prišla do izraza predvsem ob nizkem poletnem vodostaju reke. Vsebnost nitratnega iona se je vzdolž toka reke zviševala, na kar so imeli velik vpliv pritoki z naseljenim in kmetijsko dejavnim zaledjem. Velik vpliv na vsebnost nitrata so imele tudi temperature in padavine, ki pogojujejo začetek in konec vegetacijske dobe, kar se je izrazilo v večjih vsebnostih nitratnega iona pred začetkom in ob koncu vegetacijske dobe in v nižjih vsebnostih v vegetacijski dobi. Zelo velik pomen pri površinskem in podpovršinskem toku vode ima tudi obrežno rastje. Kljub veliki obljudenosti porečja Temenice, vsebnosti obeh opazovanih parametrov niso nikoli presegle mejnih vrednosti za dobro kakovostno stanje površinskih vod.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 556.53:504.05/.06:546.39:631.416.13(497.4)(043.2)
CX	nitrate/ammonium/Temenica/surface water/river ecosystem
CC	AGRIS P01/T01
AU	GLAVAN, Matjaž
AA	PINTAR, Marina (supervisor)
PP	SI- 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY	2005
TI	NITRATE ION (NO_3^-) AND AMMONIA ION (NH_4^+) CONTENT IN THE TEMENICA RIVER
DT	Graduation Thesis (Univesity studies)
NO	XI, 55, [31] p., 6 tab., 23 fig., 27 ann., 41 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The purpose of the research was to define the dynamic of the nitrate and ammonium ion content along the course of the river during the research period and to ascertain the influence of surface and subsurface water running from agricultural and forest area. The research took place in Dolenjsko, in the upper course of the Temenica River from its source in Javorje near Litija to the first sinkhole in Ponikve near Trebnje. Along the river, there were 14 sample points arranged in such a way they formed a complete observation area. The water samples had been collected once per month from December 2003 to November 2004 in five series in each sample point. The nitrate and ammonium ion content had been analysed spectrophotometrically. In the most cases, the ammonium ion content was below the detection level. Its content could only be determined at low river water level in summer. The nitrate ion content kept increasing along the river course, mainly due to the effects of the inhabited and agricultural back area. The temperatures and rainfalls, which determine the begining and the end of the vegetation period, also produced a great effect on the level of content. This could be expressed in higher amount of nitrate ion before the begining and towards the end of the vegetation period and in lower amounts of the above mentioned substances during the vegetation period. The riverside vegetation also has a great significance for the surface and underground water courses. Despite the dense population of the Temenica river basin, the content of the parametres observed never ever exceeded the limit values for good quality status for surface waters.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key word documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VII
Kazalo preglednic	IX
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
1.1 CILJI RAZISKAVE	2
1.2 DELOVNI HIPOTEZI	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 REČNI EKOSISTEM	3
2.2 VZROKI ZA POJAV NITRATNEGA IONA IN AMONIJSKEGA IONA V POVRŠINSKIH VODAH	4
2.2.1 Atmosfera in klima	4
2.2.2 Tla	5
2.2.3 Gnojenje	7
2.2.4 Vegetacija	8
2.2.5 Komunalne odplake	8
2.3 MONITORING (OCENJEVANJE) KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODA	9
2.4 RAZLAGA KAKOVOSTNIH RAZREDOV POVRŠINSKIH VODA	10
2.5 VODNA DIREKTIVA	12
2.6 NITRATNA DIREKTIVA	13
2.7 NEVARNOST NITRATNEGA IN AMONIJSKEGA IONA ZA LJUDI IN ŽIVALI	15
3 MATERIALI IN METODE	16
3.1 OPIS OBMOČJA RAZISKOVANJA	16
3.1.1 Reka Temenica	16
3.1.2 Morfološke značilnosti	17
3.1.3 Značilnosti podnebja	19
3.1.4 Značilnosti tal	19
3.1.5 Značilnosti rastja	20
3.1.6 Odpadne vode	21
3.2 VZORČENJE	23
3.2.1 Vzorčna mesta	23
3.2.2 Čas in način vzorčenja	25
3.2.3 Kemijske analize	25
3.2.4 Obdelava podatkov	25

4	REZULTATI IN RAZPRAVA	26
4.1	PADAVINE	26
4.2	TEMPERATURE	28
4.3	VSEBNOST NITRATNEGA IONA	30
4.3.1	Vsebnost nitratnega iona vzdolž toka reke	31
4.3.2	Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od časa vzorčenja	37
4.3.3	Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od padavin	42
4.3.4	Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od temperature	44
4.3.5	Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od pretoka	45
4.4	VSEBNOST AMONIJSKEGA IONA	47
5	SKLEPI	49
6	POVZETEK	50
6.1	POVZETEK	50
6.2	SUMMARY	51
7	VIRI	53

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Struga reke Temenice in poplavna ravnica ob njej pri mestu Trebnje.....	17
Slika 2: Hribovje in prelomna cona, kjer izvira reka Temenica.....	18
Slika 3: S terasami prekrito nizko gričevje ob reki Temenici.	18
Slika 4: Značilno močno zaraščeni bregovi reke.....	20
Slika 5: Čistilna naprava v Trebnjem.	21
Slika 6: Nelegalni kanalizacijski izpust iz zasebnega objekta v reko Temenico.....	22
Slika 7: Neprimerno mesto za gnojšče, ki je stalen vir onesnaženja reke Temenice.	22
Slika 8: Prikaz vzorčenja.	25
Slika 9: Mesečne količine padavin (mm) za padavinsko postajo Grm v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.	27
Slika 10: Količina padavin (mm) med posameznimi vzorčenji za padavinsko postajo Grm v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.....	27
Slika 11: Povprečne, povprečne minimalne in povprečne maksimalne mesečne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za postajo Trebnje v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.....	29
Slika 12: Povprečne in minimalne ter maksimalne vsebnosti nitratnega iona (mg/l) vzdolž toka reke.....	32
Slika 13: Sotočje reke Temenice in potoka Kodeljevec z izmerjenimi vsebnostmi za nitrat ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) za mesec julij 2004.	33
Slika 14: Močvirsko rastlinje v poplavni ravnici reke Temenice med točkama 5 in 6.	35
Slika 15: S koprivami močno zaraščeni bregovi na območju ponora Temenice pri Dolenjih Ponikvah.	36
Slika 16: Trend vsebnosti nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v reki Temenici v odvisnosti od časa vzorčenja.....	39
Slika 17: Regresija vsebnosti nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v reki Temenici v odvisnosti od vzorčnega mesta.....	39
Slika 16: Vsebnost nitratnega iona (mg/l) v odvisnosti od časa in lokacije vzorčenja v reki Temenici v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.....	40

Slika 17: Dinamika gibanja vsebnosti nitratnega iona (mg/l) za vzorčna mesta 1/Javorje, 2/Sobrače, 8/Vrhovo pri Šentlovrencu, 13/Trebnje – za čistilno napravo v primerjavi s povprečno vrednostjo.	41
Slika 18: Vsota vsebnosti nitratnega iona vseh vzorčnih mest (mg/l) glede na količino padavin (mm) med posameznimi vzorčenji v obdobju dec. 2003 – nov. 2004	43
Slika 19: Prazne njive ob reki Temenici, ki so v dobi mirovanja stalen vir onesnaževanja.	43
Slika 20: Vsota vsebnosti nitratnega iona vseh vzorčnih mest (mg/l) v reki Temenici glede na temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$).	44
Slika 21: Vsota vsebnosti nitratnega iona vseh vzorčnih mest ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) glede na pretok (m^3/s).	45
Slika 22: Merilna leta za merjenje vodostaja (Trebnje, 20.5.2004).	46
Slika 23: Merilna leta za merjenje vodostaja (Trebnje, 18.10.2004).	46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti dušikovih spojin (mg/l) za različne kategorije vod v Sloveniji.....	15
Preglednica 2: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^- / \text{l}$) v odvzetih vzorcih v reki Temenici v obdobju dec. 2003 - nov. 2004.	30
Preglednica 3: Vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v reki Temenici v odvzetih vzorcih med vzorčnima mestoma 9 in 10.	33
Preglednica 4: Vsebnost nitratnega iona (mg/l) v vzorcih odvzetih na vzorčnih mestih 12, 13 in 14.	34
Preglednica 5: Vsebnost amonijskega iona ($\text{mg NH}_4^+ / \text{l}$) v odvzetih vzorcih v reki Temenici za obdobje dec. 2003 – nov. 2004.	47
Preglednica 6: Vsebnost amonijskega iona (mg/l) na dotoku in iztoku čistilne naprave v Trebnjem.	48

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Poplavljenja njivska površina (Trebnje, 18.10.2004).
- Priloga A2: Poplavna ravnica, ko reke Temenica prestopi bregove (Trebnje, 18.10.2004).
- Priloga B1: Eden izmed ponorov reke Temenice (14/Dolenje Ponikve, 20.5.2004).
- Priloga B2: Ob nizkem pretoku vidna odprtina ponora (14/Dolenje Ponikve, 19.7.2004).
- Priloga C1: Podaljšana struga reke Temenice, ki je napolnjena le ob poplavih (14/Dolenje Ponikve, 20.5.2004).
- Priloga C2: Podaljšana struga reke Temenice ob poplavih (14/Dolenje Ponikve, 18.10.2004).
- Priloga D: Pedološka karta vodozbirnega območja reke Temenice.
- Priloga E: Hidrološka mreža reke Temenice, z označenimi vzorčnimi mesti.
- Priloga F: Izvir reke Temenice (1/Javorje-izvir).
- Priloga G1: Vzorčno mesto 5/Dolenja vas pri Temenici (10.2.2004).
- Priloga G2: Vzorčno mesto 5/Dolenja vas pri Temenici (20.5.2004).
- Priloga H: Dnevna količina padavina (mm) za padavinsko postajo Grm (senčene celice so dnevi vzorčenja) za obdobje dec. 2003 – nov. 2004.
- Priloga I: Povprečne dnevne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za meteorološko postajo Trebnje (senčene celice so dnevi vzorčenja) za obdobje od dec. 2003 – nov. 2004.
- Priloga J: Povprečne maksimalne, povprečne minimalne in povprečne mesečne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za meteorološko postajo Trebnje za obdobje dec. 2003 – nov. 2004.
- Priloga K1: Tretiranje travnika ob reki z gnojivko (4/Radanja vas, 19.7.2004).
- Priloga K2: Z gnojivko tretirana njivska površina neposredno ob reki (14/Dolenje Ponikve, 10.11.2004).
- Priloga L1: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice, za december 2003, januar 2004 in februar 2004.
- Priloga L2: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice, za marec 2004, april 2004 in maj 2004.
- Priloga L3: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice za junij, julij in avgust 2004.

- Priloga L4: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice za september, oktober in november 2004.
- Priloga L5: Povprečna vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v obdobju december 2003 – november 2004 vzdolž toka reke ter v odvisnosti od razdalje med vzorčnimi mesti.
- Priloga N1: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemni mesti 1/Javorje, 2/Sobrače 1 s povprečno vrednostjo.
- Priloga N2: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 2/Sobrače 2, 4/Radanja vas, 5/Dolenja vas pri Temenici s povprečno vrednostjo.
- Priloga N3: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 6/ Breg pri Velikem Gabru, 7/Gorenje Prapreče, 8/Vrhovo pri Šentlovrencu in 9/Velika Loka s povprečno vrednostjo.
- Priloga N4: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 9/Velika Loka, 10/Kamni Potok, 11/Štefan, 12/Trebnje – pred čistilno napravo s povprečno vrednostjo.
- Priloga N5: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemni mesti 13/Trebnje – za čistilno napravo, 14/Dolenje Ponikve – ponor s povprečno vrednostjo.
- Priloga O: Izmerjen vodostaj (m) in pretok (m^3/s) reke Temenice na merilni postaji Rožni Vrh.

1 UVOD

Reke so v tisočletjih oblikovale podobo pokrajine in že od nekdaj se ob njih naseljujejo ljudje, saj jim reka predstavljala vir hrane in zaslužka. Reke niso koristne le ljudem, ampak dajejo hrano, dom in zaščito tudi mnogim rastlinskim in živalskim vrstam. Človek je, neglede na pomembnost rek, imel veliko vlogo pri oblikovanju reke kot ekosistema in v prihodnosti se bo njegova vloga še povečala. V preteklosti je človeštvo reke le izkoriščalo in s prekomernim izpustom neprečiščenih odpadnih vod rušilo ekološka ravnovesja v njih. Zato se je v zadnjih letih, zlasti v zahodnem razvitem svetu, močno okrepila naravovarstvena zavest, ki je vzpodbujena s strani številnih neodvisnih in vladnih organizacij za varstvo narave. Le-te so izvedle številna preverjanja kakovosti vodnih virov glede kemičnih, fizikalnih in bioloških znakov, kajti zavedati se moramo, da številna mesta po svetu pitno vodo pridobivajo prav iz rek, ki tečejo skozi mesta. Kakovostna stanja teh rek so pogosto zelo slaba.

Glavni razlog za izbiro te teme so bile razprave o gradnji avtoceste mimo Trebnjega, kjer so kot enega pomembnejših razlogov za izbiro primernejše variante navajali ravno reko Temenico in potencialni vpliv avtoceste na reko. Vsi navajajo ogroženost habitata ob reki Temenici in kako naj bi se stanje po izgradnji avtoceste poslabšalo. Postavilo se nam je naslednje vprašanje: » Od kod tako dobro poznavanje stanja v in ob reki Temenici, če na njej v zadnjih desetih letih ni bila izvedena niti ena meritev, v okviru monitoringa voda, ki bi lahko podala jasnejšo sliko o kakovosti reke, kemično in biološko.« Drugi razlog je aktivna kmetijska dejavnost v porečju reke Temenice, ki je lahko s površinskim, podpovršinskim tokom hranil ali z direktnimi izpusti organskih gnojil v reko prav tako velik onesnaževalec. In tretji razlog je v gosti poselitvi območja in neurejeni kanalizaciji, kar lahko zaradi nekontroliranih izpustov privede do povišanih vsebnosti onesnažil. Reka Temenica je idealna za preučevanje, saj je manjša reka z nihajočim pretokom, ki teče po območju z gosto naselitvijo in aktivnim kmetijstvom. Zaradi tega se reka hitro odziva na spremembe v njenem ekosistemu.

Ko se je človek naselil ob rekah in začel obdelovati plodne ravnice ob njej, je takoj prišlo do konfliktna situacije, saj je človek želel obrežni prostor prilagoditi svojim potrebam in željam. A reka je dinamičen ekosistem in od izvira do izliva kaže mnoge obraze in tako je tudi človek pri posameznih območjih ob reki uporabil različne pristope pri urejanju obrežnega prostora. Nekatera območja so ostala porasla z gozdom, drugje je človek pustil močvirne travnike, ki služijo tudi kot poplavno območje. Na območjih, ki so manj izpostavljena poplavam, je oblikoval intenzivne travnike in njive. Z naselitvenega stališča je na določenih mestih postavil mline in žage, okoli katerih so se kasneje oblikovala naselja. In prav intenzivno kmetijstvo in poselitev sta glavni vir onesnaževalcev rek.

Eden od najbolj problematičnih parametrov, ki izhajajo iz teh virov, so dušikove spojine. Najbolj zastopani obliki, kot vir onesnaženja, sta amonijski ion in nitratni ion. Slednji je zaradi lahke topnosti v vodi zelo mobilan. Pri nitratnem ionu govorimo o naravnem sproščanju, saj je produkt aerobne reakcije in nastane prav iz amonijskega iona. Oba vstopata v rečni ekosistem pri gnojenju kmetijskih zemljišč in pri izpustih iz čistilnih naprav. Toda sproščanje iz teh dveh dejavnikov lahko vsaj delno nadzorujemo. Veliko bolj zaskrbljujoči so ilegalni izpusti fekalnih vod iz naselij in kmetijskih obratov. Nitratni in

amonijski ion lahko zaideta v reko tudi preko vodne erozije talni delcev ali v času poplav na kmetijskih zemljiščih.

Zaradi nevarnosti, ki jo predstavljata nitratni in amonijski ion za življenje ljudi in živali, so države sprejele zakonodaje in direktive. Tako je Evropska skupnost sprejela vodno in nitratno direktivo, ki se obe nanašata na izboljšanje kakovosti vodnih virov in trajnostno gospodarjenje z njimi. Po nitratni direktivi je mejna vrednost nitratnega iona (NO_3^-) v pitni vodi, ki naj bi bila za zdravje neškodljiva, 50 mg/l. Za površinske vode je v Sloveniji mejna vrednost za dobro kakovostno stanje 25 mg/l. Za amonijski ion (NH_4^+) je predpisana mejna vrednost za dobro kakovostno stanje 0,5 mg/l vode (Dobnikar Tehovnik, 2005).

Mejne vrednosti je na območju intenzivnega kmetijstva in večjih naselij težko dosegati, zlasti pri nadzoru podtalnice, kjer ob prekomernem onesnaženju postane voda nepitna in zdravju škodljiva daljše obdobje. Hranila iz podtalnice težko izidejo, možnost je preko črpališč ali če podtalnica napaja reko. Povsem drugače je pri površinskih vodah, kjer lahko, ob enkratnem izpustu, reka z močjo toka, favno in floro, v kratkem času zniža previsoke koncentracije. A že nekaj minut previsoka koncentracija, lahko poruši dragoceno ravnovesje v ekosistemu reke. To je problem zlasti pri manjših rekah s slabšo samočistilno močjo, ki nimajo obrežnega pasu zarasti in katerih pretok je nizek.

1.1 CILJI RAZISKAVE

Spremljati vsebnosti nitratnega iona (NO_3^-) in amonijskega iona (NH_4^+) v reki Temenici in ugotoviti, kateri izmed obeh parametrov v reki povzroča večje onesnaženje.
Ugotoviti, kateri odseki reke Temenice so bolj onesnaženi in poiskati razloge za to.
Poskusiti identificirati onesnaževalce ter podati predloge in rešitve za odseke reke, kjer se onesnaževalci pojavljajo.

1.2 DELOVNI HIPOTEZI

Vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona vzdolž toka reke Temenice naraščajo. Tekom vegetacijske dobe so vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona nižje kot v zimskem obdobju.

2 PREGLED OBJAV

2.1 REČNI EKOSISTEM

Vodni življenjski prostor je po površini in prostornini največji življenjski prostor na našem planetu. Delimo ga v zelo neenaka dela: svetovno morje in celinsko vodo (Rejic, 1988). Vodotoki, ki so del celinske vode, predstavljajo 1/1000 površine Zemlje in imajo velik pomen za rastline, živali in ljudi. Struge vodotokov po dolžini in širini delimo na studence, potoke, reke in veletoke. Vir napajanja vodotokov so padavine. Vodnatost vodotoka je odvisna od vremenskih razmer in poraščenosti porečja. Pri rečnem ekosistemu poznamo tri glavne parametre, ki vplivajo na življenje v tekočih vodah. Prva značilnost tekočih vod je vodni tok, ki je pogojen s strmcm. Druga značilnost je substrat tekočih voda, ki se od mesta do mesta razlikuje in njegova struktura v veliki meri vpliva na življenjsko združbo. Tretja značilnost je temperatura, ki vpliva na vse življenjske procese (hitrost rasti, življenjski krog, produktivnost), saj večina vodnih živali nima stalne telesne temperature. Ostali parametri, kot sta koncentracija kisika in kemizem vode, sta vsaj v neonesnaženih vodah manjšega pomena. Vendar sta oba parametra tudi, ko imata v določenem vodotoku večji pomen, odvisna od vodnega toka, substrata in temperature (Germ Jogan, 1997).

Reke lahko glede na velikost povprečnega strmca, vsebnost kisika in strukturo rečnih usedlin od izvira do izliva razdelimo na tri odseke (Rejic, 1988). Prvi odsek, povirje ali krenal, ima z največji povprečni strmec, temperaturna nihanja so zelo majhna in vsebnost kisika je nizka. Srednji odsek ali rital, kjer je tok hiter in turbulenten, vsebnost kisika je visoka. Zadnji nižinski del ali potamal ima majhen povprečen strmec, tok je počasen in manj turbulenten, vsebnost kisika lahko pade pod nasičenost. Vsi ti dejavniki ustvarjajo na posameznem odseku določene razmere za razvoj specifične življenjske združbe.

Rečnega ekosistema ne predstavlja samo voda, ki teče v strugi, temveč tudi porečje in obrežni pas (Germ Jogan, 1997). Obrežni pas predstavlja mejo med vodotokom in njegovim zaledjem. Na fizikalne in kemijske lastnosti vodotoka vplivajo pritoki s svojo mineralno sestavo, koncentracijo raztopljenih in neraztopljenih snovi ter vsebnostjo hranil. Obrežni pas je zelo pomemben, saj predstavlja prehod med dvema ekosistemoma, med kopnim in vodo. V tem pasu, ki ima vlogo filtra, se zadržijo hranila, sedimenti, strupi in celo bakterije. Če je dotok snovi prevelik ali prepogost, je sposobnost za zadrževanja snovi presežena in posledice so vidne v slabši kakovosti vodotoka. Vpliv obrežnega pasu se z naraščajočo razdaljo od roba vodotoka zmanjšuje. Glavna komponenta obrežnega pasu so makrofiti, ki v vodnem ekosistemu spreminjajo in omogočajo raznovrstnost habitatov ter vplivajo na fizične, fizikalne in kemijske značilnosti vodotoka, kjer uspevajo. V sestoji rastlin je hitrost vodnega toka močno zmanjšana, zato se tu akumulirajo mulj in organske ter mineralne snovi. Med posameznimi sestoji se hitrost navadno poveča, zato se tu akumulirata le pesek in prod. Makrofiti vežejo hranila v vodi za krajši ali daljši čas, odvisno od gostote sestoji in njegove sezonske variabilnosti. Če je vnos škodljivih snovi prevelik, je puferska kapaciteta makrofitske vegetacije presežena, kar vodi do slabšanja kakovosti vode (Germ Jogan, 1997).

Pomembno je tudi zaledje vodotoka, ki v veliki meri vpliva na kakovost vode. Vodotok v neobljuden pokrajini ima boljše možnosti, da ostane čist, čeprav obstajajo tudi naravna

»onesnaženja« - jesensko odpadanje listja ali poplave, ki nikdar ne presežejo samočistilne sposobnosti vodotoka. Le-ta je pogosto presežena v vodotokih, ki tečejo preko kmetijskih območij, skozi naselja in mesta z močno razvito industrijo. Vzroka za poslabšanje kvalitete vode ne smemo iskati le v pritoku hranil, kajti na motnje v strukturi in funkciji vodotokov imajo velik vpliv tudi fizične poškodbe, ki so posledica spreminjanja strug v kanale, osuševanja mokrišč ter krčenja obrežne vegetacije, ki jo nadomeščajo kmetijska zemljišča (Germ Jogan, 1997).

2.2 VZROKI ZA POJAV NITRATNEGA IONA IN AMONIJSKEGA IONA V POVRŠINSKIH VODAH

2.2.1 Atmosfera in klima

Atmosfera ima velik vpliv na dušikove spojine, saj s temperaturami zraka in padavinami narekuje njihovo mobilnost v sistemu tla – zrak. Oba faktorja sta zelo pomembna pri razumevanju vpliva površinskega in podpovršinskega toka vode v smeri proti vodotokom. Padavine imajo velik vpliv na intenziteto izpiranja in pronicanja nitratnega iona skozi tla čez celo leto. Ko se v zimskem obdobju padavinam pridružijo višje temperature zraka v času odjuga in neaktivna vegetacija, se vsebnosti nitratnega iona v vodah še povečajo.

Atmosferski dušik, ki predstavlja 78 % zraka, je glavni vir dušika za kmetijstvo. Fiksacija dušika – približno 2×10^8 ton na leto, računano globalno, ni izključno biološka. Dušikove okside (NO_x) v atmosferi, ki nastajajo pri bliskih, izgorevanju motornih in drugih goriv, ter pri denitrifikaciji, dež izpira v tla kot nitrate. Ti predstavljajo približno 5% skupne letne količine fiksanega dušika (Hacin, 1996). Po nekaterih izračunih naj bi padavinske vode v Evropi povprečno vsebovale 6 mg NO_3^-/l in približno 1 mg NH_4^+/l . Pri povprečnih padavinah okoli 800 mm/leto tako pade na zemljo okoli 18 kg dušika na hektar. Približno polovica od tega pade v rastni dobi (Bugar, 1999). V naših razmerah pride s padavinami v tla približno 15 do 25 kg/ha N na leto (Leskošek, 1993).

Atmosfera ne vpliva le z vnosom dušika v tla, temveč pripomore tudi k njegovemu izpiranju iz tal. Tako se v slovenskih razmerah iz normalno obdelanih in obraščenih njivskih tal spere v globino 10 do 50 kg N/ha/leto. Glavni razlog za izpiranje je za našo klimo značilna relativno visoka temperatura zraka in obilica padavin (800 do 1600 mm) v pretežnem delu države. Zelo pomemben dejavnik za razlago povišanih vsebnosti dušikovih spojin je tudi razporejenost in maksimum padavin tekom leta. V razmerah osrednje Slovenije imamo dva maksimuma. Prvi maksimum je maja/junija in drugi je oktobra/novembra. Zato je padavin občasno preveč in pride do izpiranja hranil na obdelanih in zasejanih zemljiščih tudi med rastno dobo. Značilnost naše klime so tudi nekaj tednov trajajoča suha obdobja, kar ponekod povzroča zahteve po namakanju, ki še dodatno poveča nevarnost izpiranja (Leskošek, 1993).

2.2.2 Tla

Lastnosti tal igrajo pomembno vlogo pri izpiranju dušikovih spojin iz tal. So trifazni sistem, ki ga sestavljajo trdni, tekoči in plinasti delci. V tleh se dušik nahaja v topni obliki, kot NO_3^- in NH_4^+ , največjo zalogo predstavlja organsko vezan dušik (97-98 %), ki se sprošča v raztopino pri procesu mineralizacije. Pomembne so tudi mehanske in fizikalne lastnosti, kot so tekstura tal, struktura tal, poroznost, sorptivna sposobnost tal, poljska kapaciteta in hidravlična prevodnost. Zelo pomembna je tudi vloga mikrobne populacije v tleh. Le-ta predstavlja naravni in daleč večinski vir napajanja vseh ekosistemov z dušikom.

Glede na teksturo ločimo naslednje tipe tal peščena, meljasta, glinena in njihove različne kombinacije. Za peščena tla je značilno, da so lahka, zračna, imajo slabe kemične in dobre fizikalne lastnosti, se hitro segrevajo in ohlajajo ter so enostavna za obdelovanje. Vendar imajo taka tla majhno sorpcijsko sposobnost. Problem teh tal je predvsem velika odcednost, kar privede do hitrega odtekanja vode iz vrhnjega sloja tal in v njej raztopljenih hranilnih snovi (Podgornik, 2003). Območja, kjer se pojavljajo peščena tla, se večinoma ujemajo s območji podtalnih vod. Hkrati taka območja, zaradi ugodne konfiguracije terena, omogočajo tudi intenzivno kmetovanje, kar vodi do neizbežnega onesnaženja voda. Nasprotje peščenim tlam so glinena tla, ki imajo veliko sorpcijsko sposobnost, so zahtevnejša za obdelovanje, manj zračna, težka in hladna. Izpiranje hranil in vode iz teh tal je majhno, saj imajo večjo sposobnost absorpcije in adsorpcije od peščenih tal (Podgornik, 2003). Vse to govori v prid manjšemu izpiranju dušikovih spojin iz tal.

Pomembna lastnost je sorptivna sposobnost tal, saj nam ta podaja sposobnost tal za vezavo hranil in njihovo skladiščenje. Največjo sorptivno sposobnost imajo humusna in glinena tla.

Ko govorimo o mikroorganizmih v tleh, ne moremo mimo ključnih mikrobnih procesov v kroženju dušika, ki zajemajo mineralizacijo in imobilizacijo, nitrifikacijo, denitrifikacijo in fiksacijo molekularnega dušika iz zraka. Vsi ti procesi se odvijajo v tleh in neupoštevanje njihovega prispevka k vsebnosti dušika v tleh lahko vodi k prekomernim vsebnostim v vodah.

Naravni in daleč večinski mehanizem napajanja vseh ekosistemov z dušikom je biotična fiksacija molekularnega dušika, ki je lastna le omejeni skupini prokariotskih organizmov. Dušik (N_2) je v tem procesu preveden v skrajno reducirano obliko in vezan v organske novonastale mikrobne biomase (Mahne, 1996). Biološka fiksacija prispeva približno 70 % letne količine vsega fiksiranega dušika na zemlji (Postgate, 1982). Naravno sposobnost fiksacije dušika iz atmosfere imajo tako prostoživeči kot simbiotski mikroorganizmi. Prostoživeči mikroorganizmi živijo v neposredni bližini rastlin ali na površini korenin in listov. To so praviloma izven celične asociacije, pri katerih je rastlina deležna nekaj fiksiranega dušika, ki ga izločajo bakterije (Hacin, 1996). Najbolj znani rodovi so *Clostridium*, *Frankinela*, *Azotobacter*, *Rhodospirillum* in modrozelenke alge iz družine *Nostocaceae*.ocene kažejo, da ti organizmi letno fiksirajo 5 do 10 kg N/ha. Ekološko in ekonomsko najpomembnejši sistemi fiksacije dušika so simbioze. Simbiotske bakterije prodrejo v korenine (izjemoma v liste ali steblo) rastlin in tvorijo posebne simbiotske organe – nodule v katerih fiksirajo dušik, ki je direktno dostopen rastlini gostiteljici

(Hacin, 1996). Najbolj znani rodovi so *Rhizobium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, aktinomicete rodu *Frankia sp.* in cianobakterije rodu *Nostoc sp.* in *Anabaena sp.* Letno fiksirajo od 50 do 300 kg N/ha. Na količino fiksiranega dušika vplivajo svetloba, toplota, količina vode, pH in nivo dostopnega dušika v tleh.

Naslednja pomembna procesa sta mineralizacija in imobilizacija. Posplošeno velja, da se praktično vsa zaloga dušika v ekosistemih nahaja v organsko vezanih oblikah, ki so v vodi netopne in zato manj mobilne ali nemobilne. Pretvorba organsko vezanega dušika v bolj mobilno anorgansko obliko je poznana kot mineralizacija dušika, katere neposreden produkt je amonijski dušik (NH_3). Proces se po nastalem produktu imenuje amonifikacija (Mahne, 1996). Pri tem procesu se sprošča energija, ki jo porabljajo heterotrofni organizmi. Stopnja mineralizacije je odvisna od C : N razmerja, ki pove, na koliko vgrajenih ogljikovih atomov v biosintetskih procesih mikroorganizmov se vgradi en atom dušika (Ćirić, 1991). Če je razmerje ozko, poteka mineralizacija, pri širokem razmerju poteka obraten proces, to je biološka vezava dušika.

Razen v anaerobnih okoljih je nastali amonijski dušik v procesu nitrifikacije biooksidativno preveden do nitratnega iona. Pretvorba ni nujno kvantitativna (Paul in Juma, 1981) in šele merjenje vseh anorganskih ionskih oblik dušika (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) nudi osnovo za vrednotenje založenosti tal z mineralnim dušikom. Nitrifikacija je biotično vodena oksidacija amonijevega dušika prek nitrita do nitrata. Nitrifikacijska aktivnost poteka ne samo v talnih okoljih, temveč tudi kopenskih in morskih vodnih telesih, vodnih sedimentih in antropogenih sistemih, kot so aerobne čistilne naprave (Mahne, 1996). Med kemoavtotrofnimi bakterijami ni poznana nobena vrsta, ki bi bila sposobna oksidacije amonija vse do nitrata. Podskupina nitritacijskih bakterij, z najbolj poznanim rodом *Nitrosomonas*, oksidira amonij do nitrita, podskupina nitratacijskih bakterij (rod *Nitrobacter*) oksidira nitrit do nitrata. Vse bakterije so aerobne, zato se v zamočvirjenih in prevlažnih tleh nitrifikacija ustavi. Optimalna temperatura je 26 °C, ugoden pH je nevtralen do rahlo kisel. Pri oksidaciji amoniaka (NH_3) do nitrata (NO_3^-) se sproščajo vodikovi ioni (H^+), zaradi česar se pH tal zniža in začne zavirati proces. Iz tega sledi, da nitrifikacijsko aktivnost ob dostopnem substratu uravnava dva ključna dejavnika abiotskega okolja: pH vrednost in dostopnost kisika (Posser, 1989). Seveda sta aniona nitrit in nitrat lahko izprana iz tal. To dogajanje je lahko posebej izrazito, ko ni porabnikov (neporaščena tla) ob sicer primernih razmerah glede abiotskih dejavnikov, kot so količina padavin in temperatura (Mahne, 1996).

Denitrifikacija in disimilativna redukcija nitrata do amonija je pomembna, ker se produkti obeh procesov ne vgradijo v celično biomaso, temveč se izločijo v okolje. Pri disimilativni porabi nitrata deluje ta ion kot oksidant v razmerah znižane vsebnosti ali v odsotnosti kisika. Kar pomeni, da nekateri heterotrofni organizmi uporabljajo nitrat kot vir kisika pri anaerobnem dihanju. Razlikujemo denitrifikacijo, ki je opredeljena s plinskimi produkti (N_2 in N_2O izjemoma tudi NO) in disimilativno redukcijo do amonijevega iona, pri čemer lahko nastaja manjša količina plinskega produkta N_2O (Tiedje, 1988). Pomembnejši rodovi so *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* in *Alcaligenes*. Za potek denitrifikacije je potrebna odsotnost kisika, temperatura nad 25 °C (pri nižjih temperaturah se proces upočasni, pri 2 °C se ustavi), nevtralen pH, zadostna količina hitro razgradljive organske snovi v tleh in primerna vlažnost. In prav zaradi velikega deleža travnatega sveta v

Sloveniji, ki pogosto leži na težkih tleh in v poplavnem območju, prihaja na teh območjih do pogostega zasičenja tal z vodo, zato so izgube N zaradi denitrifikacije verjetno relativno velike (Leskošek in sod., 1996).

V naravnih sistemih je krogotok dušika sklenjen, poraba je v vsakem segmentu uravnotežena s procesi obnove zalog. Konstantna koncentracija didušika (N_2) v atmosferi dokazuje, da sta dva mikrobna procesa – denitrifikacija in biološka fiksacija dušika, ki pretežno obvladujeta dotok oziroma odtok atmosferskega dušika, gledano globalno, v ravnotežju (Hacin, 1996). Posegi človeka v naravo pomenijo prekinjanje ali pospeševanje posameznih segmentov kroženja, kar se odraža v kopičenju presežkov mobilnih oblik oziroma v izgubah dušika iz sistema (Mahne, 1996). V uravnoteženih naravnih vegetacijskih sistemih dušik skoraj nikoli ni limitni dejavnik rasti, niti ne prihaja do presežkov mineralnih oblik dušika (Postgate, 1982). Danes najbolj običajen razdiralen poseg v tak uravnotežen ekosistem predstavlja kmetijstvo (tudi najprimitivnejše oblike), ki poveča dostopnost ostalih hranil in dušik postane limitni dejavnik rasti in glavna gonilna sila kmetijske proizvodnje.

2.2.3 Gnojenje

Največji izvor nitrata v okolju je gotovo gnojenje z dušikom v obliki organskih ali rudninskih gojil. Je praviloma le dopolnilo k tistemu delu potreb intenzivnih kulturnih rastlin, ki niso pokrite iz tal (Leskošek in sod., 1996).

Glavni proizvajalec organskih gnojil v kmetijstvu je živinoreja. Zato so v skupni evropski kmetijski politiki v veljavi uredbe, ki dovoljujejo le tolikšno rejo živine, kolikor izločkov te živine se lahko smotrno uporabi za gnojenje v kmetijstvu, kar je praviloma 2 do 3 GVŽ/ha ali manj. Pod pojmom organska gnojila razumemo vse živalske izločke v različnih oblikah (gnoj, gnojevka, gnojnica) in tudi žetvene ostanke ter postranske pridelke (slamo, koruznico, listje sladkorne pese z glavami). Uporaba organskih gnojil je lahko sporna, če jih uporabljamo ob nepravem času na nepravem mestu. Uredba o vnosu nevarnih in rastlinskih hranil v tla v 8. členu določa, da je vnos hranil v tla prepovedan pri gnojenju z gnojevko in gnojnico na tleh, nasičenih z vodo, prekritih s snežno odejo, na velikih strminah, kjer gnojevka odteka po površini, na zamrznjenih tleh ter na vodnih površinah. Nadalje je vnos prepovedan na kmetijskih zemljiščih brez zelene odeje od 15. novembra do 15. februarja. In nazadnje je vnos rastlinskih hranil prepovedan na stavbnih zemljiščih in na nerodovitnih zemljiščih. (Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla, 1996). Iz z dušikom tertiranih tal se v jeseni izpere iz tal 5 do 20 % dušika, v primeru deževnega obdobja se izpere celo do 50 % danega dušika. Vzrok za tako močno izpiranje jesenskih odmerkov dušika je velika količina perkolata in zaključena rast rastlin (Amberger, 1978).

V rudninskih gnojilih je dušik v nitratni, amonijski, amidni obliki ali v kombinaciji dveh ali treh imenovanih oblik. Čeprav je treba reči, da je nitrat (NO_3^-) najbolj podvržen izpiranju, se je treba zavedati, da se tudi ostali dve obliki v sorazmerno kratkem času pretvorita v nitrat (NO_3^-) in da je torej glede možnosti izpiranja kemična oblika še najmanj pomembna. Odločilno je, ali z dušikom gnojimo pretirano glede na potrebe kmetijske kulture v določenem času (Leskošek in sod., 1996)

2.2.4 Vegetacija

Vegetacija igra pri izpiranju dušika iz tal zelo pomembno vlogo, saj brez njene prisotnosti ali aktivnosti prihaja do prekomernih izgub. Izpiranje se dodatno povečuje še ob večjih padavinah. Količina izpranih nitratov je odvisna od razmerja med evapotranspiracijo in padavinami. Večja kot je evapotranspiracija, manjše je izpiranje in več kot je padavin, večje je izpiranje nitratov. Praviloma je evapotranspiracija v času vegetacije večja od padavin, zato je v vegetacijski dobi (od aprila do septembra) izpiranje nitratov zanemarljivo, razen v primeru izredno mokrega vremena in na lahko propustnih tleh (Ćirić, 1991). Možnost izpiranja nitratov je odvisna tudi od vrste kulture, ki raste na določenem zemljišču.

Manj kot so tla pokrita z gosto rastlinsko odejo, bolj kot okopavamo, orjemo in premetavamo zemljo z raznimi orodji in stroji, bolj ko so neporaščena tla izpostavljena sončni pripeki in ekstremnim padavinam, toliko močnejše je delovanje tistih drobnoživk, ki organsko snov (humus) razgrajujejo in zato je obstojnost grudičaste strukture tal zmanjšana. Čim več humusa se mineralizira, več moramo gnojiti z organskimi gnojili, da bi porabljeni humus nadomestili z novim. Še posebno to velja, če pridelujemo okopavine, pri katerih zemljo najbolj mehanično obdelujemo. Okopavine v tleh zapustijo manj koreninskih ostankov, iz katerih bi lahko nastal humus, obenem so tudi velike porabnice organskih gnojil (Leskošek, 1993).

2.2.5 Komunalne odplake

Eden od glavni virov onesnaženja površinskih voda so tudi neprečiščene komunalne odpadne vode iz gospodinjstev, industrije, kmetij in cest. Tako imenovane urbane odplake dandanes ne vsebujejo samo organske snovi (vir amonijskega in nitratnega iona), onesnaženje je raznovrstno in njegove sestave največkrat ne poznamo (Germ Jogan, 1997). Po oceni (Metzner, 1988) izvira okrog 30 % dušikovih spojin iz fekalnih odplak, 31 % iz industrijskih odplak in 39 % iz komunalnih čistilnih naprav. Približno 80 % dušika priteka v obliki amonijevih spojin, ki se v vodi z dovolj veliko vsebnostjo kisika, oksidirajo do nitratnega iona. Za oksidacijo so potrebne velike količine kisika, saj se pri pretvorbi 1 mg dušika v amonijevih spojinah s pomočjo mikroorganizmov porabi 4,6 mg kisika.

Odpadna voda je voda, ki jo je človek, kot osebek ali družba, uporabil v svoji dejavnosti in nato zavrzel. Pri tem so se spremenile fizikalne, kemijske in biološke lastnosti, posamezno in v medsebojnih povezavah (Rejic, 1988). Posledice oz. škoda v vodotoku so odvisne od številnih dejavnikov, med njimi so: pretok, temperatura, življenjske združbe, količina in obremenitev odpadne vode ter posebnosti vsakega vodotoka. Količina oziroma obremenitev z odplakami na eni strani ter pretok na drugi sta glede na posledice obratno sorazmerna. Dejavniki, ki v povezavi z omenjenimi tudi določa škodo, je časovna razporeditev onesnaženja, pri kateri ločimo enkratno, večkratno in trajno onesnaženje. Enkratno onesnaženje preneha, ko ga samočiščenje odstrani in oživljanje povrne prvotno kakovost. Posledice večkratnega onesnaženja so različne. Določajo jih časovni razmiki med onesnaženji in gre pravzaprav za seštevanje enkratnih onesnaženj. Manjši so časovni razmiki, večja je škoda in ko je presledek enak ali manjši kot trajanje samočiščenja in

oživljanja, je kakovostno stanje podobno ali enako stalnemu onesnaženju (Rejic, 1988). Razvrstitev voda v kakovostne razrede je razložena v poglavju 2.4.

2.3 MONITORING (OCENJEVANJE) KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODA V SLOVENIJI

Državni monitoring površinskih vodotokov je skupaj z monitoringom podzemnih voda, jezer in morja v pristojnosti Agencije RS za okolje (Ministrstvo za okolje, prostor in energijo).

Monitoring kakovosti voda so v Sloveniji začeli izvajati leta 1965. V tistem času je obsegal le spremljanje kakovosti površinskih vodotokov. Program je bil omejen na osnovne fizikalno kemijske, biološke in mikrobiološke analize. Zajemnih mest je bilo precej manj kot danes. Sistematično spremljanje kakovost vodnih virov poteka od leta 1982 (Kranjc in Zupan, 1996).

Postopoma se je program širil tudi na druga vodna telesa in sicer so v letu 1974 začeli spremljati kakovost jezer, leta 1979 kakovost morja, leta 1987 kakovost podtalnice in leta 1992 kakovost izvirov. Hkrati so v programe začeli vključevati tudi analize nevarnih snovi, kot so npr. pesticidi, klorirane organske spojine, težke kovine in podobno. Od leta 1993 dalje je bil po Zakonu o varstvu okolja (1993) za izvajanje monitoringa kakovosti voda zadolžen Hidrometeorološki zavod, katerega naloge je od leta 2001 dalje prevzela Agencija Republike Slovenije za okolje. Trenutno je v merilno mrežo vključenih okoli 250 merilnih mest, na katerih odvisno od programa izvajajo fizikalno kemijske, saprobiološke in mikrobiološke analize. Od 250 mest jih je 90 - 100 na površinskih vodah, kjer se vzorčenje izvaja minimalno štiri krat letno. Imajo tudi dve mesti v okviru Konvencije o sodelovanju pri varstvu in trajnostni uporabi reke Donave, kjer vodo vzorčijo dvakrat mesečno. Vzorce večinoma zajemajo ročno, imajo tudi sedem avtomatskih postaj za kontinuirano spremljanje kakovosti voda, od tega pet na rekah in dve na podzemnih vodah. Z avtomatskimi postajami je zagotovljen stalen in boljši nadzor nad kakovostjo voda, s poudarkom na preskrbi s pitno vodo.

V letu 2002 sta pričela veljati dva nova predpisa za oceno kemijskega stanja površinskih voda, Uredba o kemijskem stanju površinskih voda (2002) in Pravilnik o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda (2002). Prva uredba določa kemijske in splošne fizikalno-kemijske parametre površinskih voda, ki so pomembni za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda, mejne vrednosti parametrov iz prednostnega in indikativnega seznama nevarnih snovi za površinske vode dobrega kemijskega stanja, mejno vrednost za nitrat za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda, merila za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda, vsebino in način izdelave programa rednih meritev monitoringa kemijskega stanja površinskih voda ter merila za čezmerno obremenjenost površinskih voda. Pravilnik nato še dodatno določa način in obseg izvajanja imisijskega monitoringa za površinske vode, za katere je obvezno ugotavljanje kemijskega stanja. Določa tudi pogoje za izvajalce monitoringa.

Kemijsko stanje vodnega telesa površinske vode se določa na podlagi izračuna letne povprečne vrednosti parametrov, za katere je v uredbi (Uredba o kemijskem stanju...,

2002) določena mejna vrednost, iz rezultatov rednih meritev monitoringa na posameznem osnovnem merilnem mestu po postopku iz priloge, ki je sestavni del uredbe. Po tej uredbi se površinske vode v skladu z zahtevami okvirne vodne smernice (Directive 2000/60/EC, cit. po Dobnikar Tehovnik ..., 2005) glede na vsebnost nevarnih snovi, nitratov in sulfatov uvrstijo v dobro oziroma slabo kemijsko stanje. V Sloveniji smo do leta 2002 vodotoke uvrščali v štiri kakovostne razrede. Uporabljali smo kombiniran način ocenjevanja, saj je skupna ocena kakovosti izdelana na podlagi osnovnih fizikalno-kemijskih analiz, analiz težkih kovin (Hg, Zn, Cr, Pb, Cd, Ni, Cu), organskih mikropolutantov, mikrobioloških in saprobioloških analiz (saprobni indeks). Na osnovi rezultatov naštetih posameznih analiz se določi skupna ocena kakovosti površinskega vodotoka za vsako posamezno merilno mesto za določeno leto, ob upoštevanju hidrometeoroloških razmer ob posameznih vzorčenjih. Meje vrednosti med posameznimi kakovostnimi razredi za osnovne-fizikalno-kemijske, bakteriološke in saprobiološke parametre določa predpis iz leta 1978 (Uredba o klasifikaciji vod..., 1978). Za težke kovine in organske toksične substance se za razvrstitev v 1. oziroma 2. kakovostni razred v Sloveniji upoštevajo tudi predpisi za pitno vodo, za ostale mejne vrednosti se upoštevajo tuji predpisi, predvsem smernice Evropske skupnosti, nemški pravilnik za površinske vodotoke ter priporočila Svetovne zdravstvene organizacije. Trenutno smo v prehodnem obdobju, ko predpisi za določanje ekološkega stanja v skladu z zahtevami Okvirne vodne smernice v Sloveniji še niso pripravljeni, zato se za razvrščanje površinskih voda v kakovostne razrede še vedno uporablja obstoječi sistem razvrščanja v štiri kakovostne razrede ob tem, da je bistvena določitev kemijskega stanja površinskih voda (Dobnikar Tehovnik, 2005).

Razvrščanje v kakovostne razrede je razloženo v naslednjem poglavju.

Cilji monitoringa voda so (Kranjc in Zupan, 1996)

- pregled onesnaženosti voda Slovenije ter ugotavljanje trendov,
- opozarjanje na prekomerno onesnaženost in na krizna stanja,
- uvajanje postopkov in ukrepov za izboljšanje kakovosti voda.

2.4 RAZLAGA KAKOVOSTNIH RAZREDOV POVRŠINSKIH VODA

Poznamo nerazgradljivi del odpadnih vod (temperatura, pH, težke kovine, radioaktivnost) in razgradljivi del, kamor sodita tudi amonijski ion in nitratni ion. Razgradljivi del se odraža predvsem na kisikovih razmerah v vodotoku, a pomembni so tudi strupeni vmesni proizvodi razgradnje. Po pritoku razgradljive odpadne vode v še čist vodotok ni v določeni razdalji opaziti nobenih sprememb (razgradnje), razen morebitne kalnosti. Razdalja je odvisna od pretoka vodotoka ter od količine odpadne vode. Razlaga za to je nepripravljenost prisotne življenjske združbe na spremenjene razmere, ki se odražajo v povečani ponudbi hrane. Ko se življenjska združba vrstno in številčno preuredi, se lahko prične samočiščenje (Rejic, 1988).

Očitne fizikalne, kemijske in biološke spremembe se pojavijo v vodi in usedlinah. Kalnost povzroči odpadna voda, a glavni delež prispevajo zelo številčni razgrajevalci. Proizvodi razgradnje so vzrok neprijetnega vonja. Razgradnja v začetnem obdobju zajema predvsem visokomolekularne spojine. Živahna razgradnja porablja veliko raztopljenega kisika,

fizikalno prezračevanje ne more vzdrževati nasičenja, biogenega prezračevanja skoraj ni, vsebnost kisika je nizka, kar je drugi vzrok za odsotnost proizvajalcev. Zaradi vsega tega je nitrifikacija skromna. V usedlinah se nabirajo neraztopljene razgradljive snovi in v kratkem obdobju se ustali anaerobno okolje, ki se lahko razširi v vodno plast nad usedlinami. Vodotok se nahaja v IV. kakovostnem razredu. Razgradnja vzdolž struge napreduje na račun lažje razgradljivih snovi. Količina razgradljivih snovi se zmanjšuje in s tem tudi število razgrajevalcev, zaradi česar se voda zbistri in vonj izgine. Poraba kisika je velika, a ob fizikalnem prezračevanju se čez dan uveljavlja tudi biogeno. Vsebnost kisika močno niha. Skladno s kisikovimi razmerami je tudi razmerje med nitrifikacijo in denitrifikacijo, izdatnost je odvisna od nitratnih in amonijskih ionov oziroma od stopnje amonifikacije, ki je tudi vezana na kisikove razmere. Vodotok je v III. kakovostnem razredu. V naslednjem obdobju biološkega samočiščenja so od razgradljivih snovi iz odpadne vode ostale še težje razgradljive. Voda ni več kalna in nima vonja, svetlobne razmere so ugodne. Vsebnost kisika je vedno okoli nasičenosti. Nitrifikacija se zaradi kisikovih razmer odvija brez težav, denitrifikacije ni. V vodi nad usedlinami je vedno dovolj raztopljenega kisika, zato so tudi v površinski plasti usedlin aerobne razmere, ki globlje preidejo v anaerobne. V usedlinah so le težje razgradljive snovi. Zaradi anaerobnosti in nizke temperature tečeta razgradnja in denitrifikacija počasi. Vodotok je II. kakovostnem razredu. V zadnjem delu remineralizacija praktično zaključena, ostale so le še težje razgradljive snovi. Raztopljenost kisika je vedno do nasičenja. Nitrifikacija je dejavna, denitrifikacije ni. Tako se proces samočiščenja zaključi s I. kakovostnim razredom (Rejic, 1988).

Poslabšanje kakovostnega stanja vode ne povzroči le surova odpadna voda, ampak tudi mehansko in biološko očiščena razgradljiva odpadna voda, vendar v mnogo manjši meri. Čeprav povzročajo ogljikove in dušikove razgradljive snovi spremembe kakovosti vodotoka na račun poslabšanja kisikovih razmer, je razlika v posledicah očitna. Pri remineralizaciji dušikovih razgradljivih snovi se ne razvijejo znaki IV. in III. kakovostnega razreda, čeprav je poraba kisika velika, tudi do izginotja. Hranilne snovi, v biološko očiščeni odpadni vodi, in predvsem nitrati na račun nitrifikacije pospešujejo razvoj proizvajalcev in posredno povečanje celotne biomase. Tudi jesensko odmiranje bujnega povodnega rastlinja lahko sproža začasno in krajevno omejeno poslabšanje kakovosti vodotoka (Rejic, 1988).

2.5 VODNA DIREKTIVA

Znana tudi kot Direktiva 2000/60/EC je zakonodajni okvir za zaščito in izboljšanje kakovosti vodnih virov, kot so reke, jezera, somornice, obalna morja in podzemne vode znotraj Evropske skupnosti. Vodna direktiva je stopila v veljavo z objavo v uradnem listu ES 22. decembra 2000. Države članice so morale Vodno direktivo prenesti v nacionalno zakonodajo do konca 2003. Po tem bo potrebno veliko nadaljnjih korakov za doseg »dobrega stanja« za vse vode v Evropski skupnosti do leta 2015 (Vodna direktiva, 2005).

Nekateri elementi novega, inovativnega pristopa za upravljanje z vodnimi viri po Vodni direktivi so (Vodna direktiva, 2005):

- ambiciozni cilji in jasni časovni okviri,
- uveljavitev upravljanja s povodji na celem območju Evrope. Vodna direktiva zahteva, da vsi partnerji iz povodja upravljajo s svojimi vodami skupaj in v tesnem sodelovanju. Predpisuje tudi, da morajo države izdelati skupen načrt upravljanja s povodji, s čimer bodo zagotovile pravočasno izpolnjevanje visoko zastavljenih ciljev direktive.
- zahteve po meddržavnem sodelovanju pri upravljanju z vodami vseh zainteresiranih strani in tudi večje sodelovanje javnosti pri upravljanju z vodami. Direktiva spodbuja vse zainteresirane strani k aktivnemu sodelovanju pri upravljanju z vodami. Čimbolj razumemo svoj vpliv na količino in kakovost vode, tem bolj lahko prispevamo svoj delež k varstvu dragocenih vodnih virov. Direktiva spodbuja vse državljane k vključevanju v varovanje njihovih voda in upravljanje z njimi. Sodelovanje med interesnimi skupinami, kot so na primer nevladne organizacije, lokalne skupnosti in državni organi na različnih ravneh v vseh fazah izvajanja je bistvenega pomena za učinkovit in pregleden potek celotnega procesa.
- preprečevanje in nadzor onesnaženja na podlagi »kombiniranega pristopa«. Ena sama kapljica nevarne snovi lahko onesnaži na tisoče litrov vode. Glavni cilj direktive je preprečiti onesnaževanje pri viru (kmetijstvo, industrija, gospodinjstvo) in določiti nadzorni mehanizem, s katerim bi zagotovili trajnosten način upravljanja z viri onesnaževanja. Direktiva varuje podzemne vode in določa visoko zastavljene cilje za njeno kakovost ter količino. Za vodne ekosisteme naših rek, jezer in obalnih voda ima zastavljene tudi ambiciozne ekološke cilje, saj naj bi do leta 2015 vse dosegle »dobro stanje«. Vodna direktiva spodbuja in zahteva povezovanje usmeritev in akcij, ki prispevajo k izboljšanju kakovosti vode. Tu gre za kmetije, ki spremenijo način kmetijske obdelave in s tem omejijo vnašanje nitratov v tla, ali za industrijo. Vloga v nove tehnologije, da bi zmanjšali emisije in nenazadnje tudi za potrošnike, ki kupujejo okolju prijazne izdelke (biorazgradljiva čistila). Zato se cilji trajnostne rabe vode vključujejo tudi v cilje evropske politike na področjih kmetijstva, ribištva, energetike, prometa, turizma, itd. V zvezi z onesnaževanjem sta v direktivi izoblikovana dva pristopa: zmanjšanje emisij kolikor je to mogoče in določitev najnižjega praga kakovosti. Evropska komisija pripravlja »standarde okoljske kakovosti«, v katerih je opredeljeno »dobro kemično stanje«.
- ekonomske analize rabe vode. Voda ni samo tržni proizvod, temveč jo moramo obravnavati kot dragoceno dediščino. Zato je pomembno, da ji določimo ceno, saj prav s tem dosežemo bolj gospodarno porabo vode. V eni od raziskav Evropske agencije za okolje so odkrili, da ima uvedba števcov za posledico takojšen prihranek vode v višini 10

– 25 %. Direktiva zahteva od držav članic, da oblikujejo cenovno politiko na področju voda, h kateri vsi porabniki prispevajo na ustrezen način. Direktiva se drži načela »onesnaževalec plača«, končno mora v vsakem primeru nekdo plačati ceno onesnaževanja. Vodna direktiva ne predpisuje cen vode v Evropski skupnosti, temveč jih oblikujejo članice same.

2.6 NITRATNA DIREKTIVA

V Evropski skupnosti je reševanje problematike bogatenja voda s hranili opredeljeno nitratno direktivo (91/676/EEC, cit. po Sušin, 2004). Le-ta je bila sprejeta leta 1991, predvsem zaradi reševanja problematike bogatenja vode s hranili. Z vstopom Slovenije v Evropsko skupnost se je morala tudi slovenska zakonodaja na področju kmetijstva na novo prilagoditi evropskim standardom. S 1. majem 2004 je tako v Sloveniji nitratna direktiva postala obvezen standard na področju varstva okolja.

Nitratna direktiva ima dva glavna cilja:

- zmanjšanje onesnaženja voda, ki ga lahko povzročijo nitrati kmetijskega izvora ter
- preprečevanje nadaljnega onesnaževanja.

Smernica zato predvideva določitev posebnih območij ranljivosti. To so območja, kjer zaradi izvajanja kmetijske dejavnosti in uporabe dušičnih gnojil lahko pride do onesnaženosti vode, bodisi s spiranjem hranil skozi talni profil v podtalnico ali s površinskim izpiranjem v reke ali jezera. Kriterij za določitev območij ranljivosti je v prvi vrsti povišana vsebnost nitratov v površinskih vodah in podtalnici ter znak eutrofnosti pri sladkovodnih jezerih ali drugih vodnih telesih.

Z namenom razumevanja dinamike dušikovih spojin v okolju in razumevanje vpliva ukrepov za zmanjševanje onesnaževanja z nitrati iz kmetijskega sektorja so izdelali metodologijo za oceno dušikove bilance v porečju, ki temelji na osnovi analize materialnih tokov. Na osnovi metodologije je mogoče identificirati glavne vire onesnaževanja v porečju (kmetijstvo, industrija, prebivalstva, itd.) in izdelati zaključke z namenom preprečevanj onesnaževanja. V izbranem porečju identificirajo in kvalificirajo vire, iz katerih izhajajo spojine dušika v okolje. Dušik se iz točkovnih in netočkovnih (difuznih) virov preko različnih poti in medijev prenosa (voda, zrak, tla) prenaša v podtalnico in površinske vode. Iz teh vzrokov bilanca vključuje dva ekosistema – vodnega in kopenskega. Aktivnosti v regiji, ki so glavni povzročitelj onesnaževanja okolja, so razdelili glede na tip aktivnosti (prebivalstvo, industrija, kmetijstvo). V okolju so definirali področja, ki so predmet preučevanja (površinske vode, podtalnica). Z razdelitvijo in točno definicijo posameznih procesov je mogoče jasno predstaviti vpliv posameznih aktivnosti (kmetijstvo, industrija, itd.) interakcije med njimi in vpliv na okolje. Ocena virov onesnaženja v porečju predstavlja pomembno informacijo za razumevanje problematike onesnaževanj z nitrati iz kmetijskega sektorja in pripravo možnih ukrepov za izboljšanje stanja.

Nitratna direktiva daje poseben poudarek uporabi in ravnanju z živinskimi gnojili. V ta namen smo v Sloveniji spremenili uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih snovi v tla. Najpomembnejši del je znižanje dovoljenega letnega vnosa dušika v obliki živinskih gnojil

na kmetijska zemljišča iz 210 kg N/ha na 170 kg N/ha. Celotno ozemlje Slovenije je razglašeno za območje ranljivosti, kjer zaradi izvajanja kmetijske dejavnosti in uporabe dušikovih gnojil lahko pride do onesnaženja vodnih virov (Sušin, 2004).

Na podlagi nitratne direktive so izdelana navodilu za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju, ki je vsebinsko razdeljeno v pet sklopov. Nekaj določil je vnesenih tudi v Uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (1996) ter v dveh uredbah o spremembah in dopolnitvah uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla iz leta 2001 in 2004. Navodilo je vsebinsko razdeljeno v pet sklopov (Sušin, 2004):

- potrebe rastlin po hranilih. Gnojenje je potrebno izvajati v skladu s potrebami rastlin po hranilih (analiza tal).
- način vnosa hranil. Gnojila je treba vnašati v tla takrat, ko so jih tla sposobna sprejeti. Vnos gnojil mora biti enakomeren po celotni površini.
- posebna načela uporabe živinskih gnojil. Določa letno količino vnosa dušika, ki ne sme presegati 170 kg N/ha. Podaja številna priporočila, ki zmanjšajo izgube dušika.
- skladiščenje živinskih gnojil. Skladiščenje lahko poteka le v ustreznih zbiralnikih, kot so lagune, gnojišča ali gnojnične jame. Skladiščni prostor mora zadoščati za obdobje najmanj šest mesecev v celinskem območju in štiri mesece v obalnem območju, z namenom, da se živalska gnojila ne vnašajo v obdobju prepovedi.
- letni gnojilni načrt. Potrebno ga je izdelati za strokovno utemeljeno gnojenje in skladiščenje živinskih gnojil. Izdelamo ga za vsako parcelo posebej, pri čemer upoštevamo obseg pridelave, kolobar in založenost tal s hranili. Šele potem lahko izračunamo potrebne količine mineralnih gnojil.

2.7 NEVARNOSTI NITRATNEGA IN AMONIJSKEGA IONA ZA LJUDI IN ŽIVALI

Nitrati v pitni vodi potencialno ogrožajo človeško zdravje, ker se nitrat v človeškem telesu reducira v nitrit, nitrit v krvi nato oksidira hemoglobin v methemoglobin, ki ni več sposoben transportirati kisika v tkiva. Zmanjšan transport kisika je posebno nevaren pri majhnih otrocih, kjer povzroča bolezen imenovano methemoglobinemia ali »baby-blue sindrom«. Normalna količina methemoglobina v krvi je 1 %. Koža človeku pomodri, kadar doseže v krvi methemoglobin 10 %. Preskrba možganov s kisikom je motena pri 20 %. Otopelost in koma nastopita pri 60 %. Večino primerov methemoglobinemije so doslej opisali pri ljudeh, ki so pili vodo iz vodnjakov, ki je vsebovala več kot 100 mg NO_3^-/l (Comly, 1987). Poleg tega so raziskave v Italiji (Gilli in sod., 1984) pokazale veliko sovpadanje števila primerov raka v prebavnem traktu z visoko vsebnostjo nitrata v pitni vodi. S statističnimi metodami so določili, da je verjetnost števila obolelih večja v območjih, kjer pitna voda vsebuje več kot 20 mg N- NO_3/l . Rakotvoren efekt je povzročen zaradi pretvorbe nitrata v nitrite v prisotnosti nekaterih mikroorganizmov v prebavnem traktu. Nitriti se naprej pretvorijo v nitrozamine, katerih toksičnost in karcinogenost je dobro znana. Navedena faktorja sta vzrok za izvajanje preventivnih ukrepov v zvezi s povišano koncentracijo nitratov v podtalnici (Izhodišča za izdelavo analize..., 1999).

Povečana količina nitratov je povezana tudi z eutrofikacijo ekosistemov predvsem v morskih in obalnih področjih. V teh vodah hraniva (dušik in fosfor) stimulirajo rast alg, kar povzroča spremembe v ekosistemi in v končni fazi vodi do uničenja sistema.

Največja težava je v tem, da so dušikove spojine do neke mere hranilne spojine za življenjsko združbo v vodi in je težko določiti mejo med koristno in škodljivo vsebnostjo, ker je le ta odvisna od ravnotežja v celotnem vodnem ekosistemu (Krajnc in Zupan, 1996). Amonijeve spojine so precej toksične za ribe, še posebej za salmonidne vrste (Metzner, 1988). Toksičnost je odvisna od pH vrednosti oziroma ravnotežne količine prostega amonijaka. Pravtako je močno odvisna od temperature vode in se z višanjem le-te povečuje. Pri povišanju temperature za 10 °C se toksičnost poveča za faktor dve. V preglednici 1 so predstavljene mejne vrednosti dušikovih spojin v vodah, ki veljajo v Sloveniji.

Preglednica 1: Meje vrednosti dušikovih spojin (mg/l) za različne kategorije vod v Sloveniji (Dobnikar Tehovnik, 2005)

	Mejna vrednost			
	pitna voda	vode za gojenje rib	površinske vode (vse)	podzemne vode
Amonijev ion (mg NH_4^+/l)	0,5	1	-	0,06
Nitratni ion (mg NO_3^-/l)	50	25	25	50

3 MATERIALI IN METODE

3.1 OPIS OBMOČJA RAZISKOVANJA

3.1.1 Reka Temenica

Reka Temenica je, poleg Ljubljanice in Reke, ena najbolj značilnih ponikalnic slovenskega krasa. Medtem ko Ljubljanica in Reka tečeta po značilni kraški Notranjski, teče Temenica ob robu kraškega sveta Dolenjske. Temenica je levi pritok Krke. Izvira v Posavskem hribovju, pri naselju Javorje v občini Šmartno pri Litiji. Nato teče mimo kraja Temenica, v občini Ivančna Gorica, nadaljuje tok po Dolenjskem podolju in teče skozi občino Trebnje, kjer prvič ponikne. Strmec se ji v prvih treh kilometrih naglo zmanjša. Porečje Temenice je precej nesimetrično in ima večje pritoke le v zgornjem delu, kjer z desne priteka potok Bukovica. Ostale površinske pritoke dobi z leve strani, saj je desna stran porečja v kraški Suhi krajini, ki reko napaja šele v spodnjem toku, preko podzemlja. Od kraja Breg ima reka številne okljuke in je plitvo vrezana. Pogosto poplavlja, zato je mokrotno dno travnato. Do Trebnjega ima ta vodni tok še nekatere alpske značilnosti, kasneje pridobi že vse značilnosti kraške reke (Novak, 1960).

Povprečni letni pretok med letoma 1961 in 1990 za postajo Rožni Vrh na reki Temenici je $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Pozimi lahko precej upade zaradi prevladujočih snežnih padavin in poleti zaradi izhlapevanja. Pretoki nad $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in z njimi poplave (Prilogi A1 in A2), se lahko pojavijo ob vsakem letnem času, največji izmerjeni pretok znaša celo $14 \text{ m}^3/\text{s}$.

Temeničin površinski tok se začne na nadmorski višini nad 500 m in prvič konča na višini 264 m in v dolžino meri skoraj 28 km. V prilogah B1 in B2 sta predstavljena dva izmed ponorov v Dolenjih Ponikvah. V času povodnji se reka za 1 km podaljša v Struge in ponika tik pod vrhom sv. Ane (407 m) v jami Pisanica. Presihajoči del struge je prikazan v prilogah C1 in C2. Podzemeljski tok je v ravni črti dolg 1,75 km. Višinska razlika med ponori in ponovnim izvirom je 25 metrov. Na površje pride ponovno pri vasi Vrhpeč pod pečino Zijalo. Tu je več izvirov, kjer priteka voda iz razpok. Nato teče 8 km daleč mimo Mirne Peči do Vrhovega, kjer drugič ponikne. Vode Temenice pridejo ponovno na površje v zatrepni dolini v Luknji pri kraju Prečna na severozahodnem robu Novomeške pokrajine. Tu dobi Temenica že vse značilnosti nižinske reke. Po 6 km se Temenica imenovana tudi Prečna izliva v Krko (Enciklopedija Slovenije, 1999). Na sliki 1 je prikazana struga reke Temenice z značilnimi okljuki pri mestu Trebnje. V Prečni ima srednji letni pretok $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (najmanjši $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$, največji $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Največ vode ima marca (pretok $6,27 \text{ m}^3/\text{s}$), najmanj avgusta ($3,11 \text{ m}^3/\text{s}$). Tu so v začetku devetdesetih letih spremljali tudi kakovost vode Temenice. Pri kraju Štefan je bila v 1. do 2. kakovostnem razredu. Za Trebnjem se je poslabšala za cel kakovostni razred in se je uvrščala v 3., občasno v 2.-3. kakovostni razred (Inventarizacija favne in flore..., 1993). Poleg Temenice napaja kraške izvire v Luknji tudi obsežno kraško zaledje, kar se odraža v močno povečanih pretokih. Tu gre za podzemeljske pritoke iz zahodnih dobrniške in globodolske doline in potokov, ki poniknejo pri Karteljevem, Ponikvah in Šentjurju. Celotno porečje reke Temenice meri več kot 300 km^2 .



Slika 1: Struga reke Temenice in poplavna ravnica ob njej pri mestu Trebnje (Ohranimo..., 2004).

3.1.2 Morfološke značilnosti

Dolina Temenice sledi smeri sever-jug. V zgornjem toku je reka vrezana v prelomno cono, katere dno je iz nepropustnih mezozojskih kamnin (Slika 2). V zgornjem toku je dolina še ozka, na levi strani se dvigajo navpične stene. Temenica teče večinoma po dolomitu. Od Velikega Gabra se dolina v gričevju razširi, Temenica še vijuga po razmeroma plitvo vrezani ploski dolini. Ta je mokrotna, na rdečkasti glini so rodovitna tla, na katerih uspevajo travniki. Nad dolinskim dnom so nizke suhe in sončne terase, ki prehajajo v položna pobočja zaobljenih gričev (Slika 3). Pri Trebnjem je dolina na zahodu omejen s strmim Bukovjem, ki ločuje dolino Temenice od Suhe krajine. Na vzhodu se nadaljuje nizek gričevnat svet. Pod Trebnjem Temenica na prepustnem jurskem apnencu ponikne v številnih požiralnikih (Slovenija..., 1998). Dolina zgornje Temenice velja za eno najdaljših slepih dolin v Sloveniji in je dolga 24 km (Enciklopedija Slovenije, 1999). Da ima dolina Temenice ugodno morfologijo priča tudi nekdanja rimska cesta in sedanji železnica in avtocesta.



Slika 2: Hribovje in prelomna cona, kjer izvira reka Temenica.



Slika 3: S terasami prekrito nizko gričevje ob reki Temenici.

3.1.3 Značilnosti podnebja

Za dolino Temenice je značilno zmerno celinsko vlažno podnebje. Pomemben je tudi panonski podnebni vpliv, na kar kaže razširjenost vinske trte. Pomembne so tudi razlike med višje ležečimi prevetrenimi kraji ter med tistimi na dnu doline, kjer se pojavlja toplotni obrat in z njim pogostejša slana in megla.

Za opis podnebnih razmer tega območja smo izbrali podatke o temperaturi zraka za meteorološko postajo Trebnje in podatke o padavinah za padavinsko postajo Grm za obdobje od 1.12.2003 do 30.11.2004. Podatke smo pridobil na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Izbor meteorološke in padavinske postaje ni naključen. Na izbor padavinske postaje Grm je imela velik vpliv geografija območja. Po pregledu podatkov padavinskih postaj, ki se nahajajo v širšem območju reke Temenice, smo izbrali padavinsko postajo Grm, ki podaja najbolj reprezentativne podatke za to območje in je hkrati tudi geografsko na sredini temeniške doline. S podatki s te postaje se najbolj približamo povprečnim padavinam tega območja. Meteorološko postajo Trebnje smo izbrali zato, ker je to edina meteorološka postaja v temeniški dolini. Podatki o temperaturi zraka so regularni za celotno raziskovalno območje, saj je dolžina celotne doline 24 km, višinska razlika med izvirom in ponorom je 250 m.n.v., oziroma je nadmorska višina v več kot 90 % doline manj kot 80 m.

3.1.4 Značilnosti tal

Lastnosti tal so povezane s kamninami in reliefom, odvisne so tudi od vodnih in podnebnih razmer. Po celotnem območju doline reke Temnice prevladujejo apnenci in dolomiti, izjema je le pas permkarboskih skrilavih glinavcev in peščenjakov, kjer izvirata pritoka Ješki potok in Bratnica; tu najdemo združbo distričnih rajvih tal in rankerja. V zgornjem delu doline prevladujejo rendzine in rjava pokarbonatna tla na apnencu in dolomitu, v srednjem in spodnjem delu pa globoka rjava pokarbonatna tla z znaki izpiranja in zmerno kislizirana tla na apnencu in dolomitu. V ozkem pasu ob reki Temnici in njenih pritokih (od 500 do 1000 m) najdemo hidromorfna tla, kjer prevladuje evtrični mineralni hipoglej. Na območju ponora reke Temenice prevladujejo evtrična obrečna globoko oglejena tla. V spodnjem delu toka, ob majših pritokih najdemo distrična in evtrična rjava tla na pliocenskih in kvartarnih glinah in ilovicah z znaki psevdoglejenosti (Digitalna pedološka karta..., 2005). Pedološka karta vodozbirnega območja reke Temenice je predstavljena v prilogi D.

3.1.5 Značilnosti rastja

Rastje je tesno povezano z reliefom in vodnimi razmerami. Precejšnji del Temenice je v nižinskem delu pokrajine, sredi kmetijskih površin, ki imajo vpliv na ekosistem v reki (Inventarizacija favne in flore..., 1993). Na poplavnem svetu in območjih občasne ojezeritve uspeva močvirno rastje (ločje). Travniki so mokrotni, nekoliko boljši le na vzpetih robnih območjih. Vzdolž vodotokov na slabo razvitih obrečnih tleh je močna drevesna in grmovna zarast (Slika 4). Za to območje so značilni bukovi gozdovi in gozdovi gradna ter belega gabra, na pobočjih ob reki so pogoste tudi smreke in jelke. S krepitvijo panonskega podnebja proti jugovzhodu narašča delež hrasta in kostanja. V območju izvira, na strmih pobočjih, kjer so slabša rastišča, je pogost tudi rdeči bor (Slovenija..., 1998).



Slika 4: Značilno močno zaraščeni bregovi reke.

3.1.6 Odpadne vode

Vzdolž toka reke Temenice je le ena čistilna naprava odpadnih vod pri mestu Trebnje (Slika 5). Nahaja se slaba 2 km pred ponorom. Čistilna naprava sprejema odplake širšega območja mesta Trebnje in tudi odplake industrijskega izvora. Čistilna naprava je začela delovati v letu 1982 in je v letu 2004 doživela obnovo in razširitev. Velikost naprave je 8000 populacijskih enot. Ena populacijska enota pomeni količino odpadne vode ene osebe. Čistilna naprava je v letu 2004 obratovala 303 dni. Skupna količina odpadne vode iz čistilne naprave je v letu 2004 znašala 216 000 m³. Opravljajo se tudi, z Uredbo o komunalno čistilnih napravah (Uredba o emisiji snovi..., 1996) določene, stalne meritve na dotoku in iztoku čistilne naprave, ki zajemajo meritve temperature, pH vrednost, neraztopljenih snovi (mg/l), amonijskega iona (mg/l), kemijska potreba po kisiku - KPK (mg/l, %) in biokemijska potreba po kisiku - BPK (mg/l, %) (Poročilo o vsebnosti..., 2005).

Višje ob vodotoku čistilnih naprav ni, tako da kar nekaj kanalizacijskih odtokov konča neposredno v reki Temenici in njenih pritokih. Dva od takih nelegalnih izpustov sta prikazana na sliki 6 in sliki 7.



Slika 5: Čistilna naprava v Trebnjem.



Slika 6: Nelegalni kanalizacijski izpust iz zasebnega objekta v reko Temenico.



Slika 7: Neprimerno mesto za gnojišče, ki je stalen vir onesnaženja reke Temenice.

3.2 VZORČENJE

3.2.1 Vzorčna mesta

Na reki smo po ogledu terena določili 14 vzorčnih mest, ki so nanizana od izvira pri kraju Javorje do ponora pri Dolenjih Ponikvah. Odvzemna mesta so postavljena tako, da zaokrožujejo določena območja, da bi se lažje določilo izvore onesnaženja (Priloga E).

Vzorčna mesta so:

1. Javorje – izvir
2. Sobrače /1
3. Sobrače/2
4. Radanja vas
5. Dolenja vas pri Temenici
6. Breg pri Velikem Gabru
7. Vrhovo pri Šentlovrencu
8. Gorenje Praproče
9. Velika Loka
10. Kamni Potok
11. Štefan
12. Trebnje – pred čistilno napravo
13. Trebnje – za čistilno napravo
14. Dolenje Ponikve – ponor.

Opis vzorčnih mest:

1. Javorje – izvir: vzorčno mesto se nahaja v gozdu, v predelu bivšega zajetja za pitno vodo za naselje Javorje. Zajemno mesto je tik preden potok steče v kanal, ki se nahaja pod cesto, po katerem izteka voda v dolino. V tem delu potok teče ob gozdni poti, po strugi z veliko organske snovi (listje, veje). Širina potoka je do 30 centimetrov. Slika je v prilogi F.
2. Sobrače/1: vzorčno mesto se nahaja tik pred naseljem Sobrače na koncu osuševanega travnika. Struga je zarasla z nizkim grmičevjem (črna jelša, vrba) in travo. Vzorčno mesto je na desnem bregu. Struga je široka 1-1,5 m in rahlo pogreznjena v teren (1 m). Dno struge je peščeno.
3. Sobrače/2: to vzorčno mesto se nahaja na desnem bregu reke Temenice za naseljem Sobrače. Pred vzorčnim mestom je drevesna zarast (jelša, vrba), ki mu sledi travna zarast. Dno struge je peščeno.
4. Radanja vas: vzorčno mesto se nahaja na desnem bregu reke Temenice pred krajem Temenica, pred mostom čez reko Temenico v Radanjo vas. Struga je regulirana in jo obrašča grmovna zarast (jelša, vrba) ter trstičje, ki raste v strugo. Na obeh bregovih se izmenjujejo travniki in njive. Dno struge je peščeno in kamnito.
5. Dolenja vas pri Temenici: vzorčno mesto se nahaja na desnem bregu reke Temenice pod mostom, na desnem bregu struge. Struga je regulirana in dokaj položna. Obrežje zarašča grmovna zarast (jelša, vrba) in trstičje. To je tudi območje intenzivnega kmetijstva (travnik in pašnik – desni breg, njive – levi breg,). Dno struge je peščeno. Slike so v prilogah G1, G2 in G3.

6. Breg pri Velikem Gabru: vzorčno mesto se nahaja na levem bregu reke Temenice pred krajem Breg. Struga je bila pod vplivom človeka, za potrebe mlina in žage, dvignjena nad okolico in poteka ob levem robu doline. Stara struga je še vidna in aktivna ob poplavih. Dno struge je zamuljeno. Desni breg struge je poraščen z drevesi (jelša), levi s travo.
7. Gorenje Praproče: vzorčno mesto se nahaja na levem bregu reke Temenice med železniškim in cestnim mostom. Struga reke je široka 2 metra in precej strma. Obrašča jo grmovna in drevesna zarast (vrba, jelša). Na desnem bregu so poplavni travniki, na levem bregu pobočje z njivami. Dno struge je peščeno.
8. Vrhovo pri Šentlovrencu: vzorčno mesto se nahaja na levem bregu reke pred železniškim mostom. Reka teče ob vznožju doline. Na desnem bregu je pobočje, na katerem je naselje in njive. Na levem bregu so močvirni travniki. Rečne bregove izmenično obraščajo drevje, grmovje in trava. V tem delu reke je širina struge 3 metre.
9. Velika Loka: vzorčno mesto je na levem bregu reke za krajem Velika Loka. Bregova sta zaraščena s travo, šaši, trstičjem, grmovjem in vrbjem. Reka teče skozi kraj ob hišah, hlevih in intenzivnih pašnikih (1×košeno, nato paša). Nižje od zajemnega mesta je opaziti nelegalne izpuste v reko. Širina struge je 3 m.
10. Kamni Potok: vzorčno mesto je na desnem bregu pred mostom v kraju. Na levem bregu so močvirni travniki, na desnem bregu naselje. Opaziti je nelegalne izpuste v reko iz bližnjih hlevov in gnojišč. V Temenico priteče potok Kodeljevec, v katerega izpušča komunalne odplake tudi bližnja tovarna. Bregova, razen z nekaj večjimi drevesi, nista zaraščena. Dno struge je peščeno in muljasto. Širina struge je na tem mestu 3 metre.
11. Štefan: vzorčno mesto je na levem bregu reke za krajem Štefan pri mostu, ki vodi v kraj Benečija. Desni breg reke je zaraščen z grmovjem, na levem prevladujejo poplavni travniki. Struga reke široka 3-5 metrov. Dno reke je peščeno in muljasto.
12. Trebnje – pred čistilno napravo: vzorčno mesto je na levem bregu reke, ki je položen. Na obeh bregovih je travna zarast. Na levem bregu parkirišče za tovornjake in čistilna naprava, na desnem bregu je travnik. Dno je peščeno in muljasto. Širina struge je na tem mestu 3-5 metrov.
13. Trebnje – za čistilno napravo: vzorčno mesto je na levem bregu reke. Na obeh bregovih je travna zarast. Dno struge je muljasto. Širina struge je na tem mestu 3-5 metrov.
14. Dolenje Ponikve - ponor: vzorčno mesto je na desnem bregu reke (Risavnice). Grmovna zarast se izmenjuje z intenzivnim kmetijstvom. Dno struge je muljasto. Širina struge je na tem mestu 4-5 metrov. Pri ponorih se struga zoža v lijak.

3.2.2 Čas in način vzorčenja

Odvzem vzorcev smo opravljali dvanajst mesecev, enkrat mesečno, od decembra 2003 do novembra 2004. Na posameznem odvzemnem mestu smo iz sredine (matice) vodotoka odvzeli pet plastičnih stekleničk vzorca vode. Posamezno vzorčenje smo opravili v enem dnevu v jutranjih urah in je trajalo štiri ure. Vzorce smo do meritev hranili v zamrzovalni skrinji. Na sliki 8 je prikazan način vzorčenja.



Slika 8: Prikaz vzorčenja.

3.2.3 Kemijske analize

Vsebnosti opazovanih elementov v vodi so na Centru za pedologijo in varstvo okolja določili spektrofotometrično po standardu SIST ISO 14255, ki je predpisan s pravilnikom o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (1997). Meritve so bile izvedene z aparatom Perkin Elmer UV/VIS Spectrofotometer Lambda 2, s FIAS sistemom vzorčenja.

3.2.4 Obdelava podatkov

Pridobljene podatke smo obdelali grafično, pri čemer smo za analizo podatkov uporabili tudi trend (drseče povprečje) vsebnosti nitratnega iona v reki Temenici v odvisnosti od časa vzorčenja ter regresijo (linearno) vsebnosti nitratnega iona v reki Temnici v odvisnosti od mesta vzorčenja.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 PADAVINE

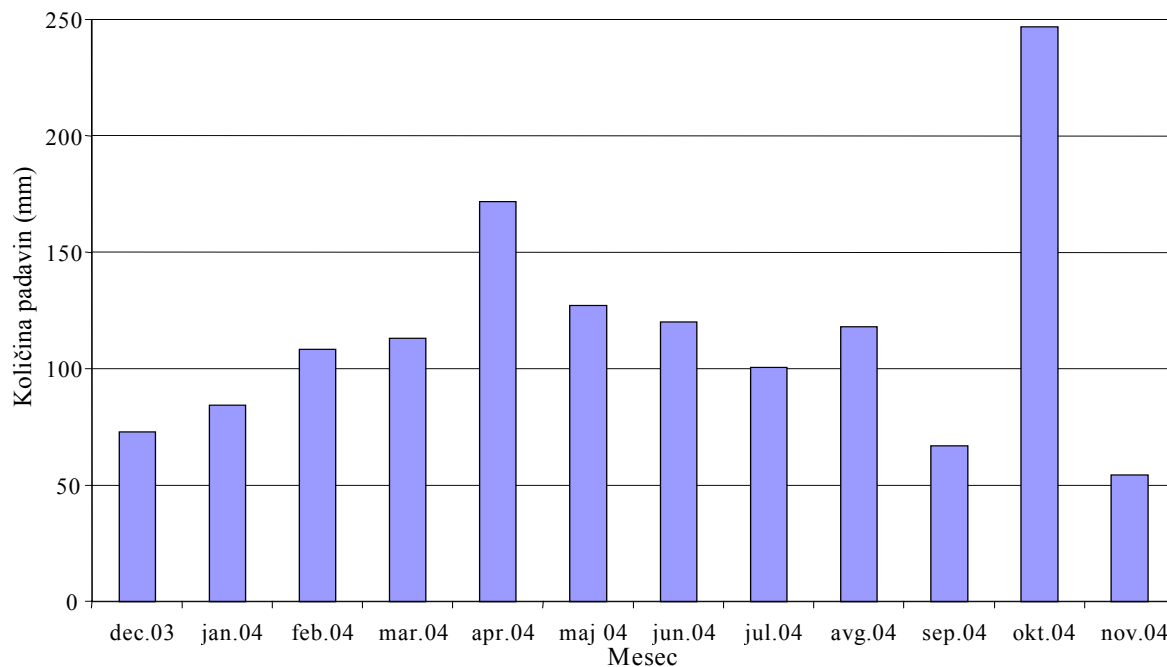
Skupna količina padavin v raziskovalnem obdobju od decembra 2003 do konca novembra 2004 je bila 1384,2 mm, kar je za 147,4 mm več od tridesetletnega povprečja za obdobje 1961 – 1990, ki je 1236,8 mm padavin. V raziskovalnem obdobju je v decembru 2003 padlo 72,9 mm padavin. V prvih treh mesecih leta 2004 (januarja 84,3 mm, februarja 108,5 mm in v marcu 113,1 mm) je mesečna količina padavin iz meseca v mesec naraščala in prvi letni vrh dosegla v aprilu (171,7 mm). V maju se je količina mesečnih padavin znižala (127,2 mm), kar se je nadaljevalo tudi v juniju (120 mm) in juliju (100,3 mm). V avgustu (118 mm) se je količina padavin rahlo zvišala, a nato v septembru (66,8 mm) spet padla. V oktobru se je število in moč deževnih dogodkov močno povečalo in doseglo drugi letni vrh s 246,9 mm padavin. V zadnjem mesecu raziskovanja se je količina padavin močno znižala, tako je v novembru padlo 54,5 mm padavin (Slika 9). Preglednica z dnevnimi količinami padavin je v prilogi H. Najmanj padavin so namerili v novembru 2004 (54,5 mm) in največ v oktobru 2004 (246,9 mm).

Padavine imajo velik vpliv na koncentracijo nitratnega iona v vodi. Za boljšo predstavbo o pomembnosti padavin za vsebnost nitratnega iona v vodi, smo za raziskovalno obdobje sešteli dnevne količine padavin med posameznimi vzorčenji (Slika 10) in dobili naslednje rezultate. Količina padavin v obdobju med 1. in 2. vzorčenjem je znašala 89,3 mm. V obdobju med 2. in 3. vzorčenjem (76 mm) je količina padavin padla ter nato v obdobju med 3. in 4. vzorčenjem (118,9 mm) začela naraščati in svoj prvi ter najvišji letni vrh dosegla v obdobju med 4. in 5. vzorčenjem (238,5 mm). Med 5. in 6. vzorčenjem (100,5 mm) ter med 6. in 7. vzorčenjem (89,4 mm) je količina padavin padala. Med 7. in 8. vzorčenjem se je količina padavin dvignila na 132,7 mm. V obdobju med 8. in 9. vzorčenjem (124,7 mm) ter med 9. in 10. vzorčenjem (64,4 mm) je količina padavin spet padala. Nato je količina padavin med 10. in 11. vzorčenjem (208,4 mm) ponovno močno narasla in dosegla drugi vrh v letu. V zadnjem obdobju med 11. in 12. vzorčenjem (109 mm) je količina padavin ponovno padla. Največ padavin (238,5 mm) so namerili v obdobju pred aprilskim vzorčenjem (med 4. in 5. vzorčenjem) in najmanj (64,4 mm) v obdobju pred septembrskim vzorčenjem (med 9. in 10. vzorčenjem).

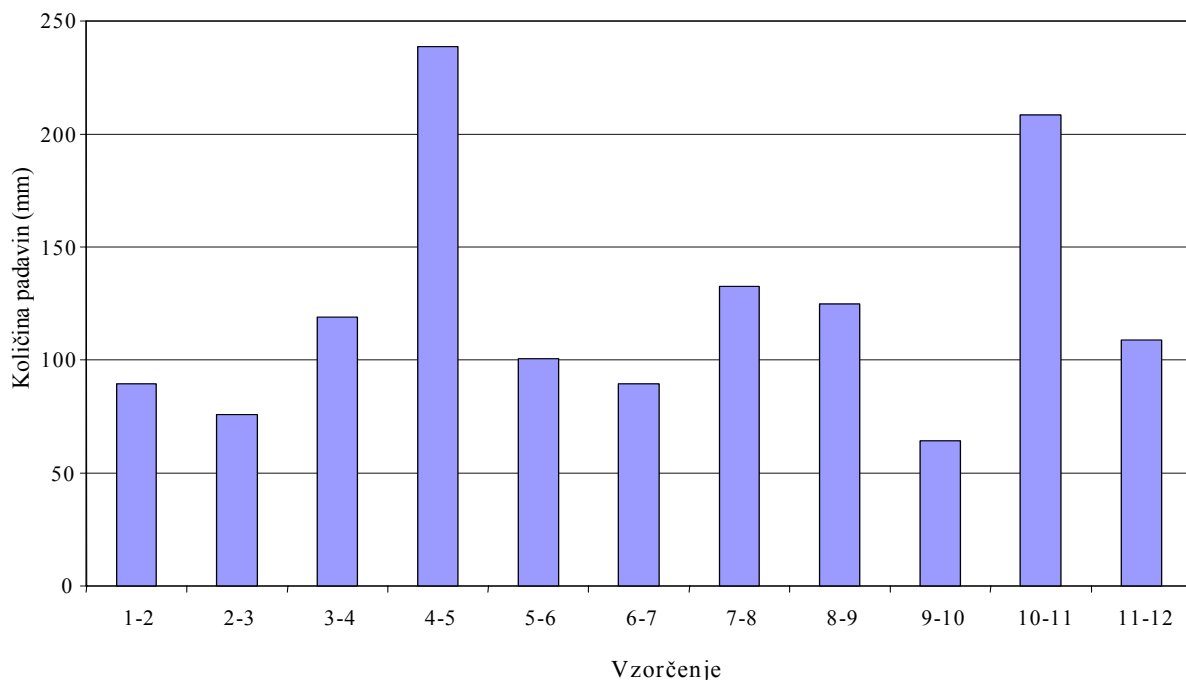
Količina in čas padavin sta dejavnika, ki imata zelo velik vpliv na izpiranje nitratov iz tal. Zlasti, če gledamo s stališča erozije tal in površinskega odtoka na strmejših terenih, ker tok vode odnaša talne delce površinskega sloja in s tem tudi hranila, ki smo jih dodali v obliki organskih ali mineralnih gnojil. Padavine so pomembne tudi ob ekstremnih padavinah, ko reka naraste in preplavi nižje ležeče kmetijske površine. Ko se reka umika v strugo s seboj odnaša tudi hranila (dušik). Na amonijski ion imajo padavine vpliv predvsem z redčenjem izvorov onesnaženja.

Glede na rezultate količin padavin, tako mesečnih kot med posameznimi vzorčenji, smo pričakovali večje količine nitratnega iona v zimsko-spomladanskem obdobju (februar, marec) in v jesenskem (oktober) obdobju. Za razumevanje povezanosti padavinskih podatkov in podatkov o vsebnosti nitratnega iona je zelo pomembno poznavanje prisotnosti vegetacije, mikrobiološke aktivnosti tal in nenazadnje tudi človeške dejavnosti v

bližini reke. Več o vplivu teh dejavnikov v nadaljevanju, kjer je glavni predmet razprave nitratni ion.



Slika 9: Mesečne količine padavin (mm) za padavinsko postajo Grm v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 (Meteorološki podatki, 2004).



Slika 10: Količina padavin (mm) med posameznimi vzorčenji za padavinsko postajo Grm v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 (Meteorološki podatki, 2004).

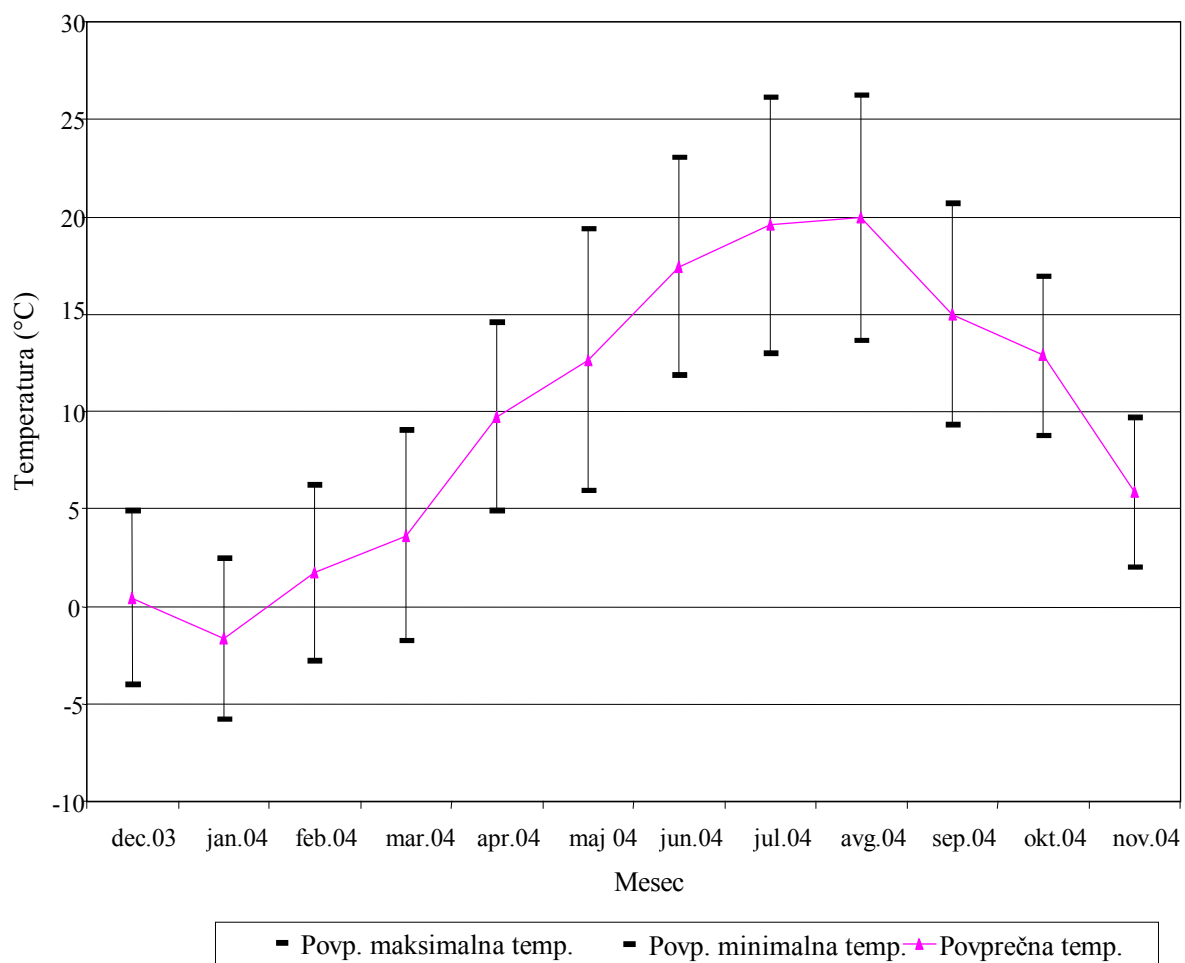
4.2 TEMPERATURE

Povprečna mesečna temperatura zraka je v decembru 2003 znašala 0,5 °C. V letu 2004 je v januarju povprečna mesečna temperatura zraka znašala -1,7 °C in tako dosegla najnižjo vrednost v letu. V nadaljevanju leta so se povprečne temperature zraka zviševale iz meseca v mesec, v februarju (1,7 °C), v marcu (3,6 °C), v aprilu (9,8 °C), v maju (12,7 °C), v juniju (17,4 °C), v juliju (19,6 °C), do avgusta (20 °C), ko doseže najvišjo povprečno mesečno temperaturo zraka. V septembru (15 °C), v oktobru (12,9 °C) in v novembru (5,9 °C) so se vrednosti zniževale.

Najnižja povprečna mesečna temperatura zraka je bila v januarju 2004 (-1,7 °C). Najvišja povprečna mesečna temperatura zraka je bila v avgustu 2004 (20,0 °C) (Slika 11). Podrobnejši podatki o temperaturi zraka so predstavljeni v prilogah I in J.

Temperatura zraka je zelo pomemben dejavnik, tako za amonijski kot nitratni ion. Pomembno vlogo ima zlasti v času zimskih odjug, ki v primeru večjih padavin v obliki dežja, lahko privedejo do povečanega izpiranja s površin. Prav tako vpliva tudi na temperaturo vode in biološko aktivnost v njej. In nenazadnje je temperatura zraka, v naših klimatskih razmerah, glavni element, ki uravnava vegetacijsko dobo.

Glede na izmerjene temperature zraka je bilo pričakovati, da bodo imele velik vpliv na izpiranje v februarju in marcu. Glavni razlog je v tem, da nočne temperature še niso dopuščale močnejše vegetacije, medtem ko so dnevne temperature že presegale 10 °C, kar je povzročilo odtajanje površine tal, glede na zimski čas je bila nizka evaporacija in vse skupaj je vodilo v povečano izpiranje nitratov iz tal. Izpiranje s površin se povečuje tudi ob povečanih spomladanskih padavinah. Če se temu pridruži še tretiranje zemljišč z organskimi gnojili, ki je v zimsko-spomladanskem obdobju pogost pojav, saj kmetje hitijo s praznjenjem skladiščnih kapacitet, se izpiranje samo še povečuje. Tudi v jesenskem obdobju je bilo pričakovati vpliv temperatur, saj rastline zaključujejo vegetacijo in kmetje ponovno tretirajo zemljišča z organskimi gnojili.



Slika 11: Povprečne, povprečne minimalne in povprečne maksimalne mesečne temperature zraka (°C) za postajo Trebnje v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 (Meteorološki podatki, 2004).

4.3 VSEBNOST NITRATNEGA IONA

V celotnem raziskovalnem obdobju v nobenem od odvzetih vzorcev vsebnost nitratnega iona nikoli ni presegla mejne vrednosti za dobro kakovostno stanje površinskih voda, ki je 25 mg NO_3^- /l (Uredba o kemijskem stanju površinskih voda, 2002). Tudi mejna vrednost za pitno vodo (50 mg/l) ni bila nikoli presežena. V preglednici 2 so podatki o vsebnosti nitratnega iona (mg NO_3^- /l) za vsa vzorčenja.

Preglednica 2: Vsebnost nitratnega iona (mg NO_3^- /l) v odvzetih vzorcih v reki Temenici v obdobju dec. 2003 - nov. 2004.

Vsebnost nitratnega iona (mg NO_3^- /l)														
Datum vzorčenja	Številka vzorčnega mesta													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
December 18.12.2003	1,13	1,99	2,59	3,47	3,28	3,44	3,62	3,34	3,28	3,37	4,73	5,85	8,43	7,37
Januar 14.1.2004	0,66	2,90	3,19	3,70	4,12	4,35	4,35	4,26	4,10	4,98	6,48	7,04	10,46	7,43
Februar 10.2.2004	1,20	2,95	3,20	5,50	6,00	6,10	6,80	6,30	6,20	8,40	8,50	13,10	15,10	12,40
Marec 18.3.2004	0,44	2,80	3,40	5,00	8,20	7,20	10,50	9,70	9,30	10,10	11,90	12,60	13,70	12,10
April 22.4.2004	0,73	3,11	3,20	3,90	5,10	5,30	5,10	4,70	5,00	5,10	4,60	5,80	8,90	6,70
Maj 20.5.2004	0,60	2,80	2,70	4,00	3,80	3,80	4,00	4,10	3,87	4,10	4,70	5,40	9,90	5,80
Junij 18.6.2004	0,50	3,10	3,00	3,30	3,50	3,60	3,50	3,60	3,40	3,20	3,30	3,60	3,80	3,40
Julij 19.7.2004	0,25	3,43	3,26	4,06	4,09	3,96	4,16	4,20	3,08	3,59	3,40	3,95	7,24	4,26
Avgust 17.8.2004	0,51	2,89	2,58	4,04	3,79	3,30	3,74	3,97	2,89	3,61	3,99	4,05	8,07	4,45
September 17.9.2004	1,87	3,29	3,53	4,58	4,25	4,15	3,61	2,71	2,42	3,30	4,22	4,27	5,79	3,91
Oktober 18.10.2004	2,00	3,45	3,91	5,33	5,14	5,27	5,51	5,06	5,49	5,71	6,77	7,11	12,23	7,27
November 10.11.2004	1,41	3,17	3,39	4,13	4,20	4,52	4,21	4,27	4,23	4,83	5,73	7,03	7,24	7,19
Povprečje	0,94	2,99	3,16	4,25	4,62	4,58	4,93	4,68	4,44	5,02	5,69	6,65	9,24	6,86

Opomba: Meja detekcije: > 0,2 mg/l

Vsebnost nitratnega iona je močno odvisna od količine in razporejenosti padavin, od temperaturnih razlik, ki narekujejo vegetacijo in mikrobiološko aktivnost, tako v tleh kot v vodi. Kot tretjega dejavnika, zaradi katerega se sploh soočamo s problematiko nitratnega iona, ne gre zanemariti človeškega vpliva preko gnojenja zemljišč, tako z organskimi kot mineralnimi gnojili (Priloga K1 in K2) in neprečiščenih odpadnih vod iz zasebnih in poslovnih objektov (Slika 6 in 7). Prav zaradi tako kompleksne odvisnosti nitratnega iona od časa (vegetacija), padavin, temperatur in pretoka, smo se odločili predstaviti vpliv vsakega od teh dejavnikov posamezno.

4.3.1 Vsebnost nitratnega iona vzdolž toka reke

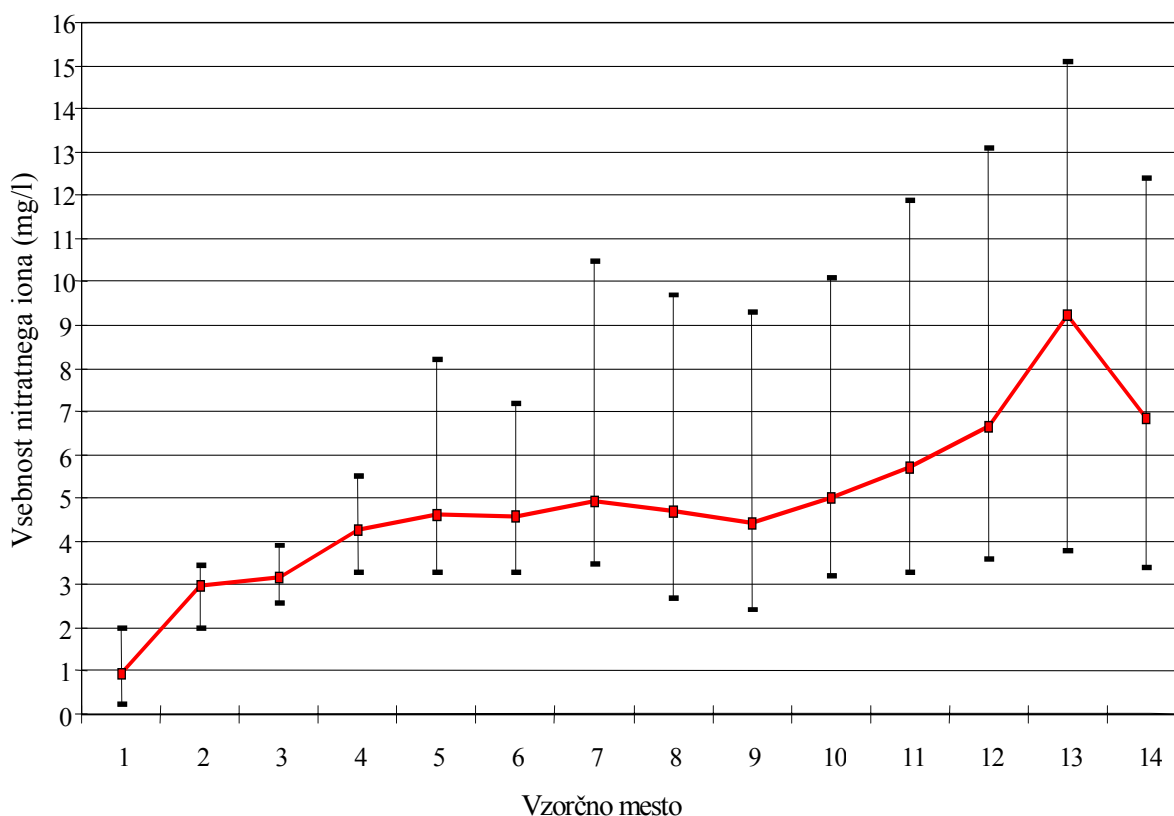
V obdobju vzorčenja, od 18.12.2003 do 10.11.2004, je vsebnost nitratnega iona v povprečju naraščala vzdolž toka reke od izvira do ponora. To je opazno za vsak mesec posebej, kot tudi v povprečni vrednosti celotnega obdobja. Vrednosti za posamezna vzorčna mesta so predstavljene v preglednici 3. Gibanje povprečnih vsebnosti nitratnega iona v raziskovalnem obdobju je predstavljeno na sliki 12. S ključi so prikazane najvišje in najnižje izmerjene vsebnosti na posameznem vzorčnem mestu. Gibanja vsebnosti nitratnega iona vzdolž toka reke za posamezna vzorčenja so predstavljena v prilogah od L1 do L4.

Ob vsakem mesečnem odvzemu vzorcev so bile najnižje vsebnosti izmerjene v vzorcih odvzetih na izviru, na vzorčnem mestu številka 1 (Javorje). Najnižja vsebnost je bila izmerjena v juliju 2004 in sicer $0,25 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$, medtem ko je znašala najvišja izmerjena vsebnost, izmerjena v oktobru 2004, $2 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Povprečna letna vsebnost na tem mestu je znašala $0,94 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$.

Na vzorčnih mestih, ki sledijo so se izmerjene vsebnosti v povprečju celotnega obdobja zviševale do mesta 5 (Dolenja vas pri Temenici), kjer je povprečna letna vsebnost nitratnega iona znašala $4,62 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Nato so se vsebnosti nitratov na vzorčnem mestu 6 (Breg pri Temenici) znižale na $4,58 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Na vzorčnem mestu 7 (Gorenje Prapreče pri Velikem Gabru) so se ponovno zvišale na $4,93 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Nato so se vsebnosti zniževale do vzorčnega mesta 9 (Velika Loka), kjer je povprečna letna vsebnost nitratnega iona znašala $4,44 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Za tem mestom so izmerjene vrednosti ponovno naraščale in najvišje vsebnost dosegle na mestu 13 (Trebnje – za čistilno napravo).

Najvišje izmerjene vsebnosti nitratnega iona so bile ob vsakem odvzemu na mestu 13 (Trebnje - za čistilno napravo). Najvišja vrednost je bila izmerjena v februarju 2004 in je znašala $15,1 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Ta vrednost je bila tudi najvišja izmerjena vsebnost med vsemi odvzetimi vzorci iz reke v celotnem obdobju. Povprečna letna vsebnost nitratnega iona na odzemnem mestu 13 znaša $9,24 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$.

Vsebnosti nitratnega iona so se nato do zadnjega 14 vzorčnega mesta (Dolenje Ponikve), znižale in se vrnila na rang vsebnosti, ki smo jih lahko izmerili na mestu 12 (Trebnje – pred čistilno napravo). Povprečna izmerjena vsebnost na vzorčnem mestu 14 je $6,86 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$.



Slika 12: Povprečne in minimalne ter maksimalne vsebnosti nitratnega iona (mg/l) vzdolž toka reke.

Vsebnosti nitratnega iona se zvišujejo med tistimi vzorčnimi mesti, kjer se v reko izlivajo pritoki, ki v večini leta ne presahnejo. Zakaj v večini leta? Zato, ker je zlasti v spodnjem delu doline, ko reka priteče na kraški svet veliko presihajočih pritokov, ki postanejo aktivni le ob obilnih padavinah, kar pomeni nekaj dni letno. Tako imenovani aktivni pritoki so med vzorčnimi mesti 1 in 2, 4 in 5, 6 in 7, 9 in 10, 10 in 11, 11 in 12. Med mestoma 12 in 13, kjer se vsebnost nitratnega iona pravtako zviša, je čistilna naprava in je povišanje vsebnosti pričakovano. Lahko trdimo, da so vsi pritoki, ki se izlivajo v reko pred vzorčnim mestom 7 (Gorenje Praproče pri Velikem Gabru) in pritok pred mestom 10 (Kamni Potok), glavni vzrok za višanje vsebnosti v reki Temenici. Vsi pritoki imajo naseljeno zaledje s številnimi kmetijskimi površinami. Vpliv pritokov je nazorno prikazan v prilogi M.

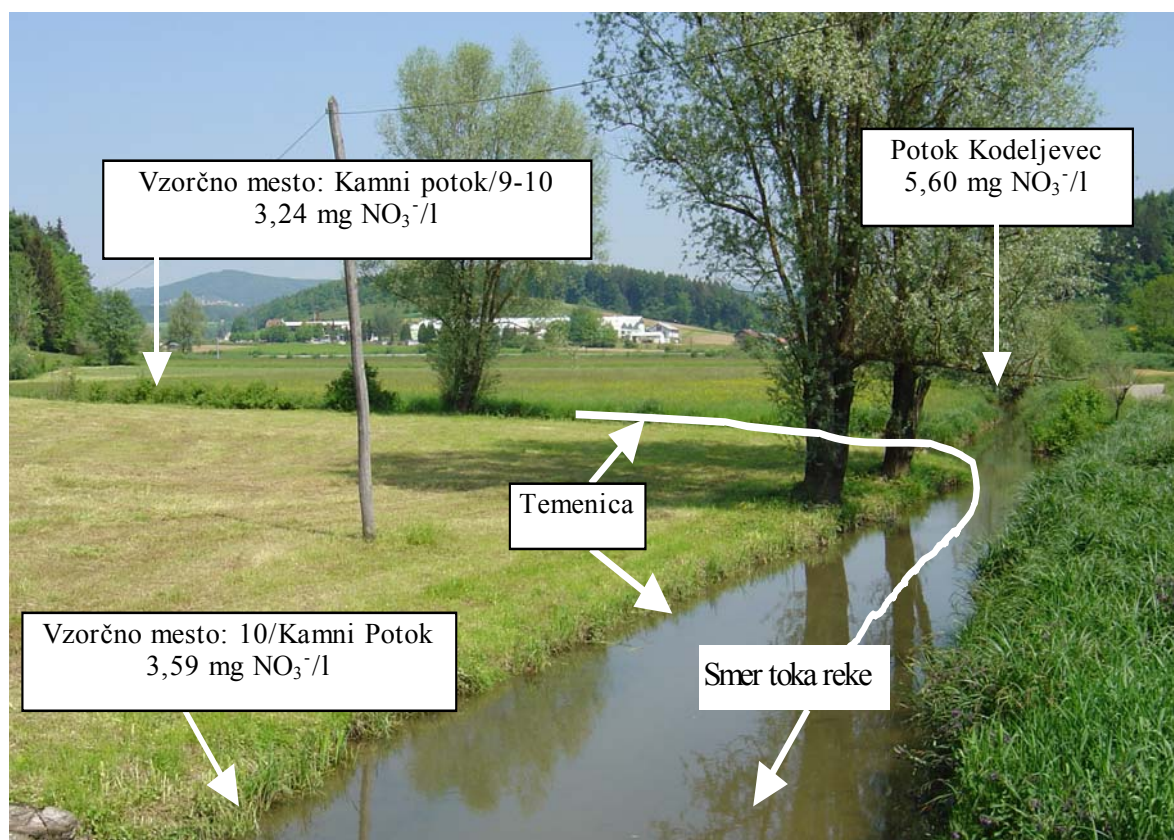
Za potrditev vpliva pritokov na vsebnost nitratnega iona smo v mesecih februarju, marcu, aprilu, maju, juniju in juliju opazovali vpliv potoka Kodeljevec, ki se izliva v reko Temenico pri vasi Kamni Potok. Tako smo poleg stalnega vzorčnega mesta številka 10 (Kamni Potok), ki se nahaja nekaj metrov za mestom združitve potoka z reko, določili še dodatno vzorčno mesto (Kamni Potok/9-10), ki se nahaja nekaj metrov pred sotočjem vodotokov.

Iz preglednice 3 je razvidno, da je potok Kodeljevec imel vpliv na vsebnost nitratnega iona v reki Temenici, saj se je vsebnost nitratnega iona v vseh mesecih opazovanja, z izjemo junija, opazno zvišala. Zanimiv je tudi rezultat julijskega vzorčenja v potoku Kodeljevec,

kjer smo izmerili vsebnost $5,6 \text{ mg NO}_3^-$, kar je za $2 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ več kot po združitvi potoka z reko. Ob tem vzorčenju se je izkazala sposobnost reke, da razredči po vsebnosti nitratnega iona bolj koncentriran pritok in s tem zniža vsebnosti v reki. Na sliki 13 je prikazano sotočje reke Temenice in potoka Kodeljevec z označenimi vzorčnimi mesti in vsebnostmi nitratnega iona, ki so bile izmerjene v juliju 2004

Preglednica 3: Vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v reki Temenici v odvzetih vzorcih med vzorčnima mestoma 9 in 10.

Številka zajemna mesta	Vsebnost nitratnega iona (mg/l)					
	februar (10.02.04)	marec (18.03.04)	april (22.04.04)	maj (20.05.04)	junij (18.6.04)	julij (19.07.04)
9/ Velika Loka	6,2	9,3	5,0	3,87	3,4	3,08
Kamni Potok/9-10	6,7	9,2	4,7	3,8	3,3	3,24
Potok Kodeljevec	-	-	-	-	-	5,6
10/ Kamni Potok	8,4	10,1	5,1	4,1	3,2	3,59



Slika 13: Sotočje reke Temenice in potoka Kodeljevec z izmerjenimi vsebnostmi za nitrat ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) za mesec julij 2004.

Do znižanja vsebnosti nitratnega iona je prišlo tudi pri meritvah opravljenih na mestu za izpustom iz čistilne naprave, kjer se je izkazala samočistilna sposobnost reke. V izpustu prečiščenih odpadnih vod so vsebnosti nitratnega iona visoke in jih reka v kratki razdalji,

ni sposobna razredčiti. Vzorčno mesto je bilo sto metrov za mestom izpusta iz čistilne naprave, zato so bile vsebnosti ob določenih vzorčenjih dokaj visoke.

Samočistilna sposobnost reke se je izkazala šele na daljši razdalji 1,9 km, kolikor meri razdalja od 13 vzorčnega mesta do zadnjega 14 (Dolenje Ponikve - ponor), saj so se vsebnosti nitratnega iona v reki vrnile skoraj na stanje vsebnosti pred čistilno napravo (Preglednica 4). Vzrok znižanja vsebnosti nitratnega iona je v razgradnji onesnažil oz. v njihovi vgradnji v organsko snov, saj med zadnjima vzorčnima mestoma ni nobenega pritoka, ki bi razredčil vsebino reke.

Preglednica 4: Vsebnost nitratnega iona (mg/l) v vzorcih odvzetih na vzorčnih mestih 12, 13 in 14.

Št. vzorčnega mesta	Datum vzorčenja												povprečje
	18.12.03	14.1.04	10.2.04	18.3.04	22.4.04	20.5.04	18.6.04	19.7.04	17.8.04	17.9.04	18.10.04	10.11.04	
12/Trebnje -pred čistil. napravo	5,85	7,04	13,1	12,6	5,8	5,4	3,6	3,95	4,05	4,27	7,11	7,03	6,65
13/Trebnje -za čistilno napravo	8,43	10,46	15,1	13,7	8,9	9,9	3,8	7,24	8,07	5,79	12,23	7,24	9,24
14/ Dolenje Ponikve -ponor	7,37	7,43	12,4	12,1	6,7	5,8	3,4	4,26	4,45	3,91	7,27	7,19	6,86

Pomembno je opozoriti tudi na neposredno oziroma točkovno onesnaževanje iz gnojišč in izpustov fekalnih vod zasebnih in poslovnih objektov, ki se nahajajo ob vodotoku. Na tovrstno onesnaženje sumimo območje med vzorčnimi mesti 1 in 2, 9 in 12.

V vzorčnem mestu 2 so bile vsebnosti nitratnega iona višje kot na vzorčnem mestu 1, kar je razvidno tudi na sliki v prilogi N1. Med vzorčnima mestoma 1 in 2 ni intenzivnih kmetijskih zemljišč, saj nagib terena tega ne omogoča. V tem delu so številni manjši pritoki, ki izvirajo ob in pod vasmimi. V tem delu so tudi številne kmetije, ki se nahajajo ob samem vodotoku.

Vsebnosti nitratnega iona so bile na vzorčnem mestu 12 vedno višje od vsebnosti na vzorčnem mestu 9 (Priloga N4). V delu med vzorčnima mestoma 9 in 12, smo ob pregledu terena opazili kar nekaj neurejenih gnojišč in številne izpuste fekalnih vod tako iz zasebnih kot poslovnih objektov, ki gotovo delno vplivajo na zvišanje vsebnosti nitratnega iona v reki.

Vzorčni mesti 2 in 3 smo izbrali z namenom opazovanja vpliva vasi Sobrače na vsebnost nitratnega iona. Izkazalo se je, da so razlike relativno majhne, saj so bile vsebnosti za Sobračami le rahlo višje od decembra 2003 do aprila 2004 in v oktobru ter novembru 2004. V vmesnem obdobju od maja do septembra so bile vrednosti za krajem Sobrače nižje (Preglednica 3).

Na delih reke, kjer ni aktivnih pritokov ali pritokov ni, so se vsebnosti nitratnega iona zniževale. To so območja med vzorčnimi mesti 5 in 6, 7 in 8, 8 in 9, 13 in 14. Za ta

območja so značilni poplavni travniki, z močvirskim rastjem. Redke njive v teh območjih so dvignjene izven poplavnih ravnic. Gotovo so glavni razlogi za zniževanje vsebnosti nitratnega iona odsotnost pritokov, ki bi iz zaledja vnašali v reko hranila, in nato v umiritvi in upočasnitvi toka reke kar omogoča močvirski, obrežni in rečni vegetaciji odvzem hranil iz vode. Na sliki 14 je prikazano močvirno območje med vzorčnima mestoma 5 in 6 in na sliki 15 vegetacija pred ponorom reke Temenice.



Slika 14: Močvirsko rastlinje v poplavni ravnici reke Temenice med točkama 5 in 6.



Slika 15: S koprivami močno zaraščeni bregovi na območju ponora Temenice pri Dolenjih Ponikvah.

4.3.2 Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od časa vzorčenja

Vsebnost nitratnega iona v reki je opazno nihala glede na letni čas. Vsebnost se je od decembra, ko so se začele meritve, zviševala januarja in februarja in dosegla najvišje vrednosti v marcu. To je prvi vrh v letu. Nato so se v aprilu, maju in juniju vsebnosti močno znižale. V juliju so se vsebnosti rahlo zvišale in nato ostale na isti ravni tudi v avgustu in septembru. Oktobra so se vsebnost nitratnega iona ponovno močno zvišale in dosegle drugi vrh v letu. Nato so v novembru vsebnosti ponovno padle.

Pri analizi podatkov smo si pomagali z izračunom trenda vsebnosti nitratnega iona v odvisnosti od časa vzorčenja (Slika 16) in z izračunom regresije vsebnosti nitratnega iona v odvisnosti od mesta vzorčenja (Slika 17). Tridimezionalen pogled smo uporabili, ker lahko z njim najbolj nazorno prikažemo celoletno in prostorsko gibanje nitratnega iona vzdolž rečnega toka Temenice (Slika 18). Pri analizi podatkov moramo upoštevati padavine in temperature, ki imajo vpliv na vegetacijo. Le-ta ima pomembno vlogo pri razumevanju letnega gibanja vsebnosti nitratnega iona v reki. Rezultati o vsebnosti nitratnega iona v vzorcih so navedeni v preglednici 3.

Razlog za zviševanje vsebnosti nitratnega iona v zimskih mesecih (januar, februar in marec) je v prvi meri v odsotnosti vegetacije. V poplavnih območjih, kjer se reka umiri, je še posebno pomembna močvirska, obrežna in rečna vegetacija, ki je poznana kot odličen ponor hranil. A v tem obdobju ne more opravljati svoje funkcije zadrževanja in absorpcije vode ter v njej raztopljenih hranil (npr. nitratni ion), zaradi česar prihaja do izpiranja le-teh, tako s podpovršinskim kot površinskim odtokom. Pogosto se v zimskem času pojavljajo odjuge in z njimi hitro taleč sneg, ki se jim pogosto pridruži še dež. Tudi tla so pogosto zamrznjena, tako da ima površinski odtok velik vpliv. Kombinacija teh pojavov močno pospeši izpiranje dušikovih ionov s kmetijskih in gozdnih površin.

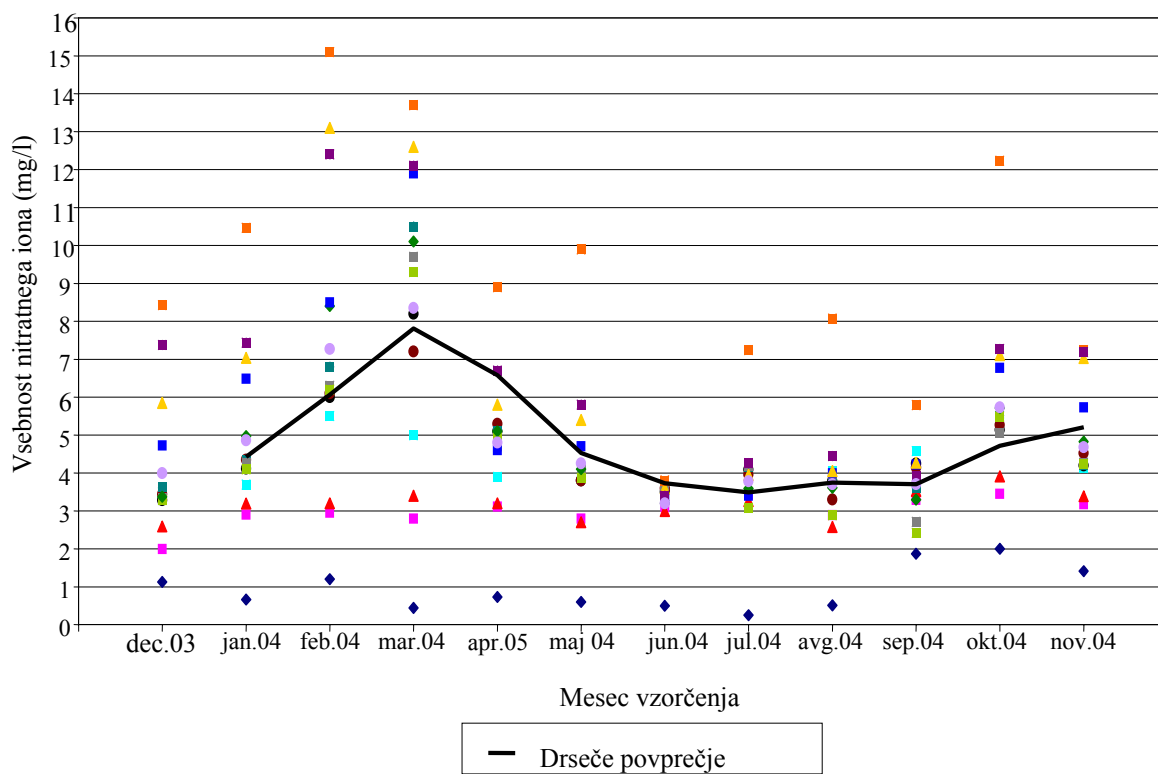
Če se je v zimskem obdobju z višanjem mesečne količine padavin zviševala tudi vsebnost nitratnega iona v reki, se v spomladanskem obdobju in še posebej v aprilu 2004 zgodil preobrat, ko je količina padavin dosegla spomladanski vrh se je vsebnost nitratnega iona močno znižala glede na marec. Razlog gre iskati v dejstvu, da je deževalo še en dan pred vzorčenjem, kar je povzročilo razredčitev vsebnosti nitratnega iona v reki. Razlog nizkim vsebnostim nitratnega iona je tudi v vegetaciji. Le-ta v aprilu začne s pospešeno rastjo, za uspešno rast rastline potrebujejo vodo in veliko hranil (dušik). Do hranil rastline pridejo le tako, da jih odvzamejo iz sistema (tal - voda) in ga s tem razbremenijo. Zniževanje vsebnosti nitratnega iona se nadaljuje tudi v maju in v juniju, ko so bile v reki izmerjene najnižje vsebnosti nitratnega iona. Za to obdobje je značilna tudi velika poraba mineralnih gnojil, predvsem dušika, za potrebe rastlin na kmetijskih površinah. To je namreč tudi obdobje hitrega priraščanja gozdnih, rečnih in predvsem kmetijskih rastlin. Te so v tem obdobju s svojo rastjo odvzele iz sistema (tla, voda) tolikšne količine dušikovih hranil, da se je vsebnost le-teh v reki močno znižala.

Podobno dinamiko nitratnega iona v poznem spomladanskem in zgodnjem poletnem času je opazila tudi Majerjeva (1995), ki je v svoji raziskavi ugotovila, da se je vsebnost nitratnega dušika od sredine junija do sredine julija, kljub dodanemu obroku dušika,

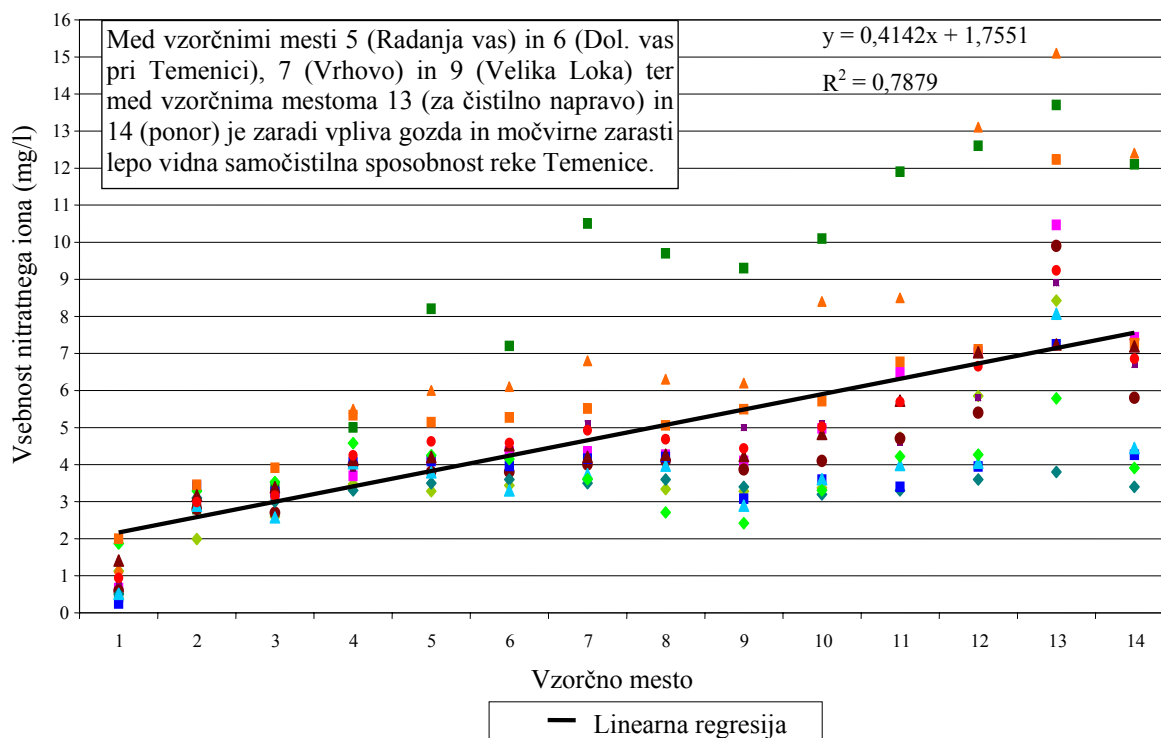
znižala. Rastlinski odvzem je v tem obdobju presegel razpoložljive količine mineralnega dušika v tleh.

V začetku poletnega obdobja, v juliju 2004, so se vsebnosti nitratnega iona rahlo dvignile glede na junij 2004. Kar je verjetno posledica spravila žit in trav, ki mu sledi gnojenje za boljšo nadaljno rast rastlin. To zvišanje vsebnosti se pojavlja skoraj na vseh vzorčnih mestih, z izjemo mesta 1 (Javorje – izvir) z naravnim ozadjem in mesta 9 (Velika Loka), kjer skorajda ni intenzivnih kmetijskih površin in tudi poplavnih travnikov ne tretirajo z mineralnimi gnojili. Vsebnost nitratnega iona se je v avgustu in septembru le rahlo znižala glede na julij.

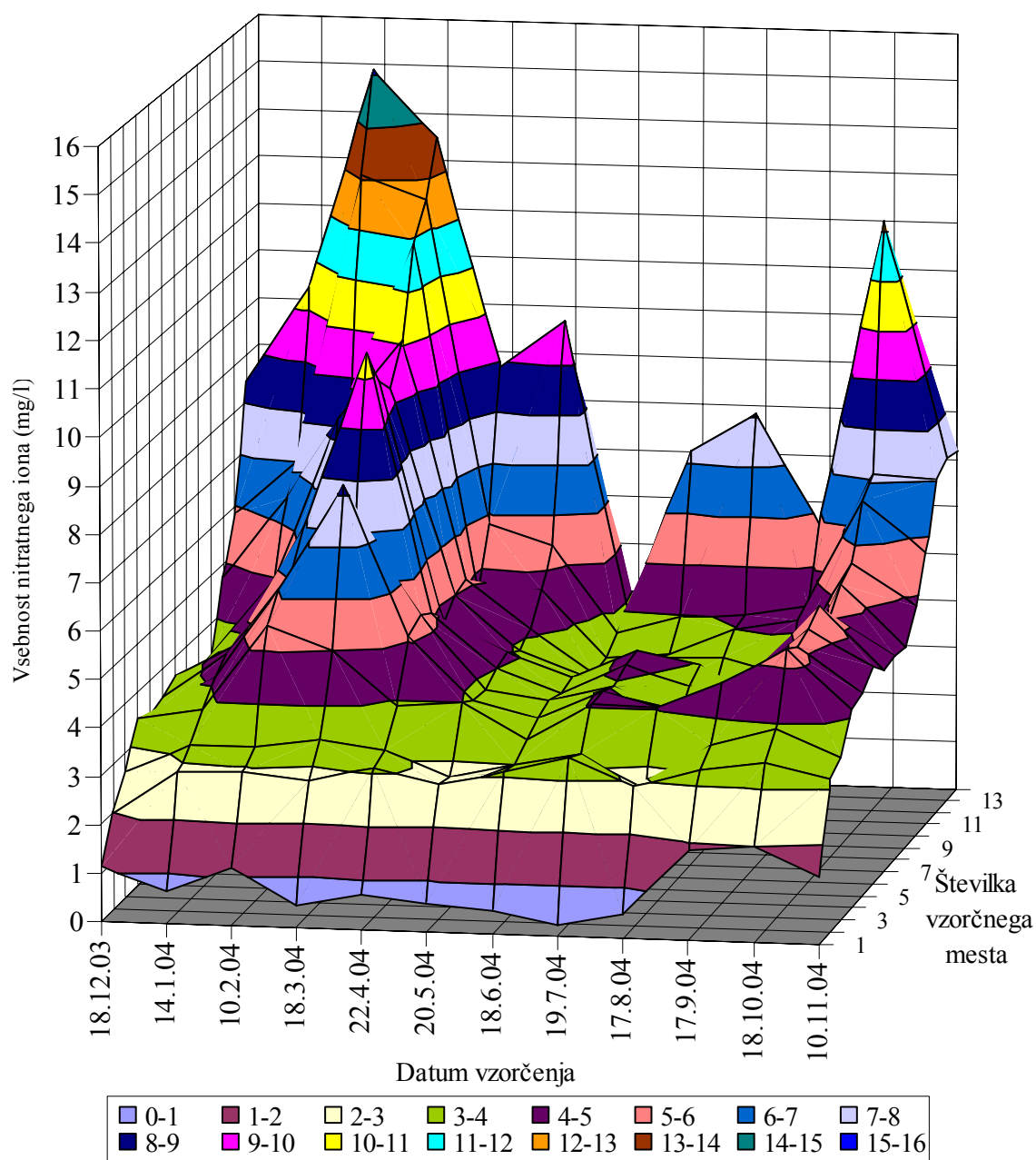
V jesenskem obdobju močno izstopa oktober 2004. To je bil mesec z največjo mesečno količino padavin v raziskovalnem obdobju. Obilnost padavin je povzročila poplave vzdolž celotnega toka reke. Vzorci vode so bili odvzeti pol dneva po koncu padavin, ko se je reka že umaknila nazaj v strugo. To je tudi obdobje, ko je s kmetijskih površin že pospravljena večina pridelka in so tla izpostavljena vremenskim vplivom in izpiranju dušikovih spojin iz njih. Če so kmetijske površine v poplavnem območju, je izpiranje toliko večje. V novembru se je vsebnost nitratnega iona znižala. To je bilo za pričakovati, saj je v tem mesecu padlo najmanj padavin v celotnem obdobju. Opazi se tudi zaključek vegetacijske dobe, saj so vsebnosti nitratnega iona še zmeraj dokaj visoke in dosegajo raven februarских in aprilских vsebnosti.



Slika 16: Trend vsebnosti nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v reki Temenici v odvisnosti od časa vzorčenja.

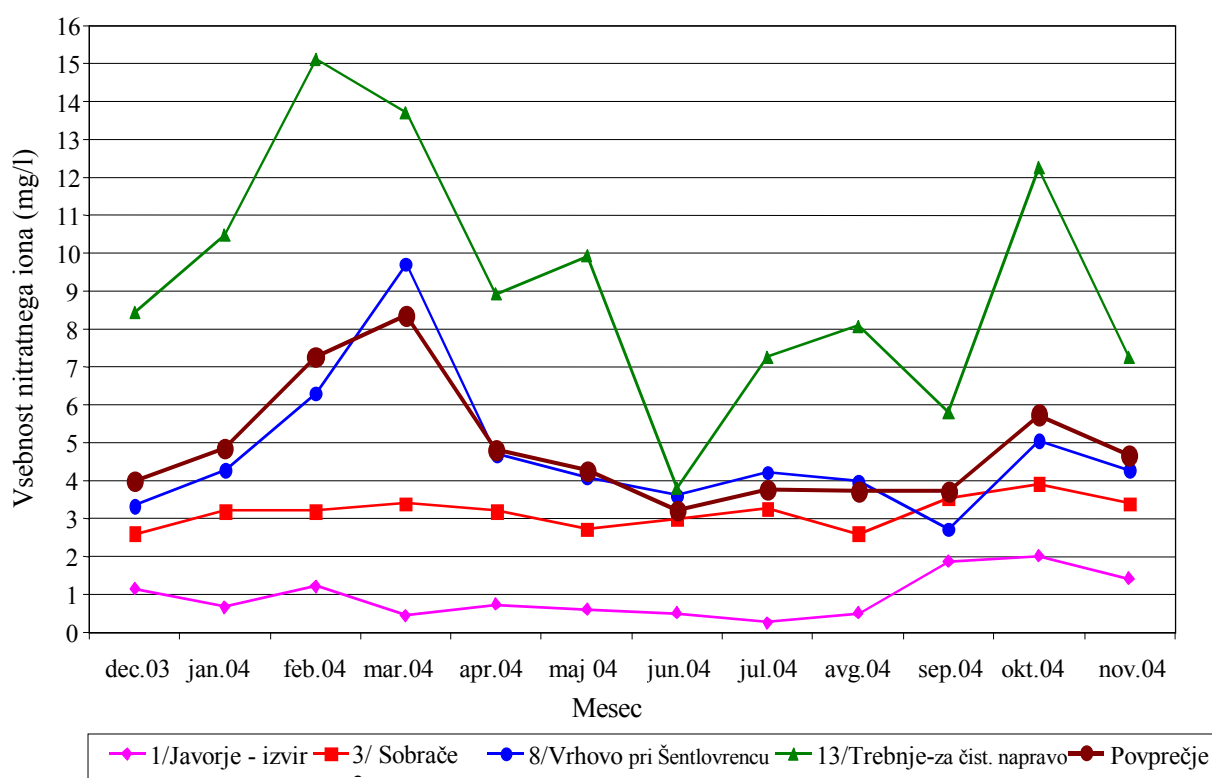


Slika 17: Regresija vsebnosti nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v reki Temenici v odvisnosti od vzorčnega mesta.



Slika 18: Vsebnost nitratnega iona (mg/l) po času in lokaciji vzorčenja v reki Temenici v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.

Zagotovo ne gre zanemariti vpliva točkovnih onesnaževalcev, kot so izpusti fekalij iz zasebnih in poslovnih objektov, iz neurejenih gnojišč ter še posebno iz čistilne naprave v Trebnjem. Iz slike 19 je razvidno, da ima čistilna naprava velik vpliv na vsebnosti nitratnega iona v reki. Vsebnosti, ki so bile izmerjene na vzorčnem mestu 13 (Trebnje - za čistilno napravo) so od 0,2 do 5,12 mg NO_3^-/l višje kot na mestu 12 (Trebnje – pred čistilno napravo) (Priloga N5). Čistilna naprava je bila zgrajena za nekaj tisoč populacijskih enot in povzroča izrazito točkovno onesnaženje, tako da je bila na vzorčnem mestu 13 delno spremenjena dinamika gibanja letne vsebnosti nitratnega iona. Vsi nenadzorovani in nadzorovani izpusti iz objektov imajo manjši ali večji vpliv na oblikovanje dinamike gibanja vsebnosti nitratnega iona preko leta. Točkovna onesnaženja iz objektov so se lahko dogajala tudi v pritokih, za katere smo ugotovili, da zvišujejo vsebnosti nitratnega iona. Očitno je, da manjša posamezna točkovna onesnaženja vzdolž reke ne vplivajo tako močno na dinamiko gibanja nitratnega iona, da bi jo opazno spremenila. Dinamika je bila drugačna od povprečne tudi na vzorčnem mestu 1 (Javorje – izvir), kjer ni človeškega vpliva ter na vzorčnem mestu 2 (Sobrače/1) in 3 (Sobrače/2), kjer ni intenzivnega kmetijstva, a kar nekaj naselij s kmetijskimi in bivalnimi objekti ob reki. Dinamika gibanja vsebnosti nitratnega iona preko leta je na teh mestih skoraj popolnoma drugačna kot v vseh ostalih točkah. Na sliki 19 je s štirimi vzorčnimi mesti ter s povprečjem predstavljena dinamika gibanja vsebnosti nitratnega iona v raziskovalnem obdobju.



Slika 19: Dinamika gibanja vsebnosti nitratnega iona (mg/l) za vzorčna mesta 1/Javorje, 2/Sobrače, 8/Vrhovo pri Šentlovrencu, 13/Trebnje – za čistilno napravo v primerjavi s povprečno vrednostjo.

Dinamika gibanja vsebnosti nitratnega iona preko leta je za vsa zajemna mesta, predstavljena v prilogah od N1 do N5.

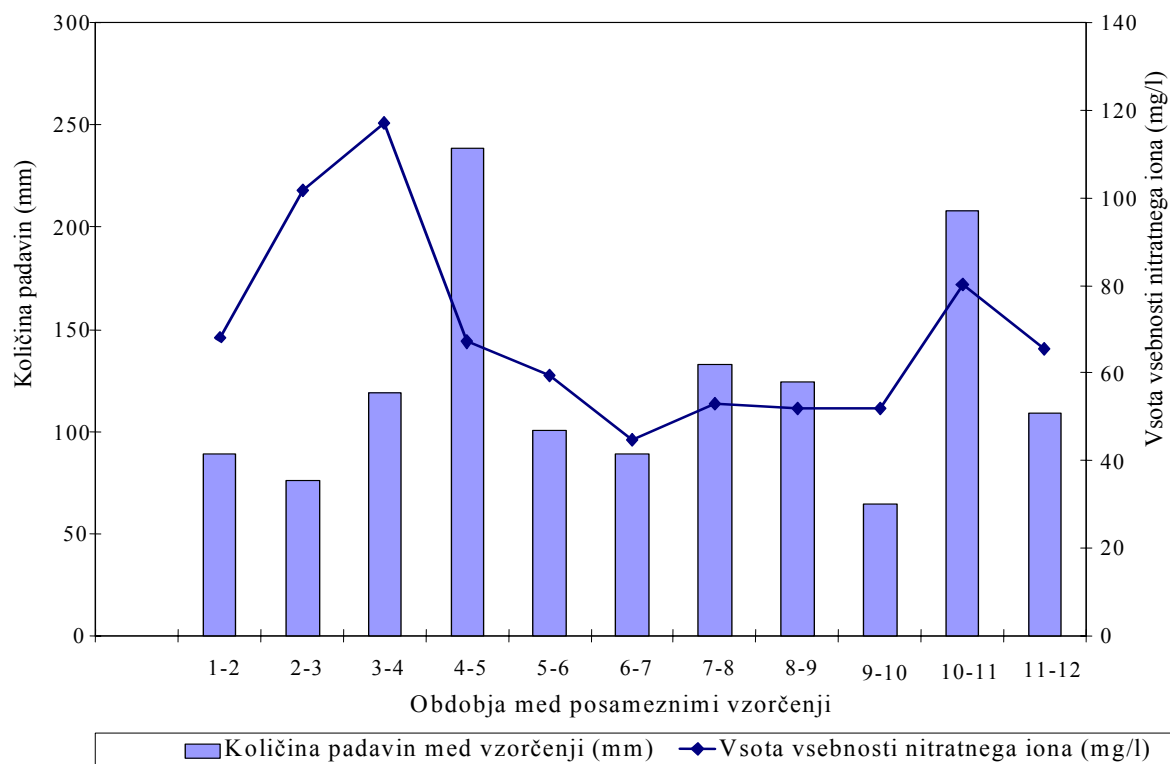
4.3.3 Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od padavin

Vsebnost nitratnega iona se je na prehodu iz zime v pomlad (februar, marec) povečevala kljub ne tako izrazitemu povečanju količine padavin med vzorčenji (Slika 20). Tak trend gre pripisati odsotnosti vegetacije na kopnem in ob rečnih bregovih ter zaradi hladnega vremena, neaktivnih mikroorganizmov. Zanimariti ne gre tudi dejstva, da je po 15. februarju sproščena uporaba organskih gnojil.

Pred aprilskim vzorčenjem med 4. in 5. vzorčenjem se je zgodil preobrat, saj se je kljub visokim padavinam (238,5 mm) vsota vsebnosti nitratov vseh vzorčnih mest znižala skoraj za polovico iz 116,94 mg NO_3^-/l v marcu, na 67,24 mg NO_3^-/l v aprilu. Razlog gre iskati v obilici padavin, saj je se količina padavin v primerjavi z obdobjem med 3. in 4. vzorčenjem (118,9 mm) povečala za več kot 100 mm, kar je vodilo v razredčitev vsebnosti nitratnega iona. Zanimariti ne gre vegetacije, ki za povečano rast potrebuje večje količine hranil, predvsem dušika. Tako je izpiranje iz površin manjše, preostali dušik, ki pride v reko je porabljen s strani flore in favne.

V nadaljnjih obdobjih se je med posameznimi vzorčenji (5-6, 6-7, 7-8, 8-9) količina padavin znižala in ni bistveno nihala. Tudi vsota vsebnosti nitratnega iona se je še zniževala in v juniju dosegla najnižjo vrednost (44,8 mg NO_3^-/l). Količina padavin je opazno padla v obdobju med 9. in 10. vzorčenjem na 64,4 mm iz 124,7 mm med 8. in 10. vzorčenjem, a vsota vsebnosti nitratnega iona se ni znižala in je ostala v septembru na isti ravni kot avgusta, na 51,9 mg NO_3^-/l . Na nizko vsebnost nitratnega iona v poletnem obdobju je imela velik vpliv vegetacija, saj so se količine padavin v obdobjih med posameznimi vzorčenji gibale v istem rangju kot v zimskem obdobju, ko so bile vsote vsebnosti nitratnega iona opazno višje.

V obdobju med 10. in 11. vzorčenjem je ponovno padla velika količina padavin (208,4 mm), kar je vplivalo tudi na povečano vsebnost nitratnega iona ob oktobrskem vzorčenju (80,25 mg NO_3^-/l). Večje vsebnosti nitratnega iona gre pripisati zaključku del in spravilu pridelkov s kmetijskih površin (Slika 21), čemur je sledilo večje deževje, ki je na praznih površinah povzročilo izpiranje. V zadnjem obdobju med 11 in 12 vzorčenjem je padlo 109 mm dežja, vsota vsebnosti nitratnega iona je znašala 65,55 mg NO_3^-/l , kar je v rangju januarskih in aprilskih vsebnosti.



Slika 20: Vsota vsebnosti nitratnega iona vseh vzorčnih mest (mg/l) glede na količino padavin (mm) med posameznimi vzorčenji v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 (Meteorološki podatki, 2004).

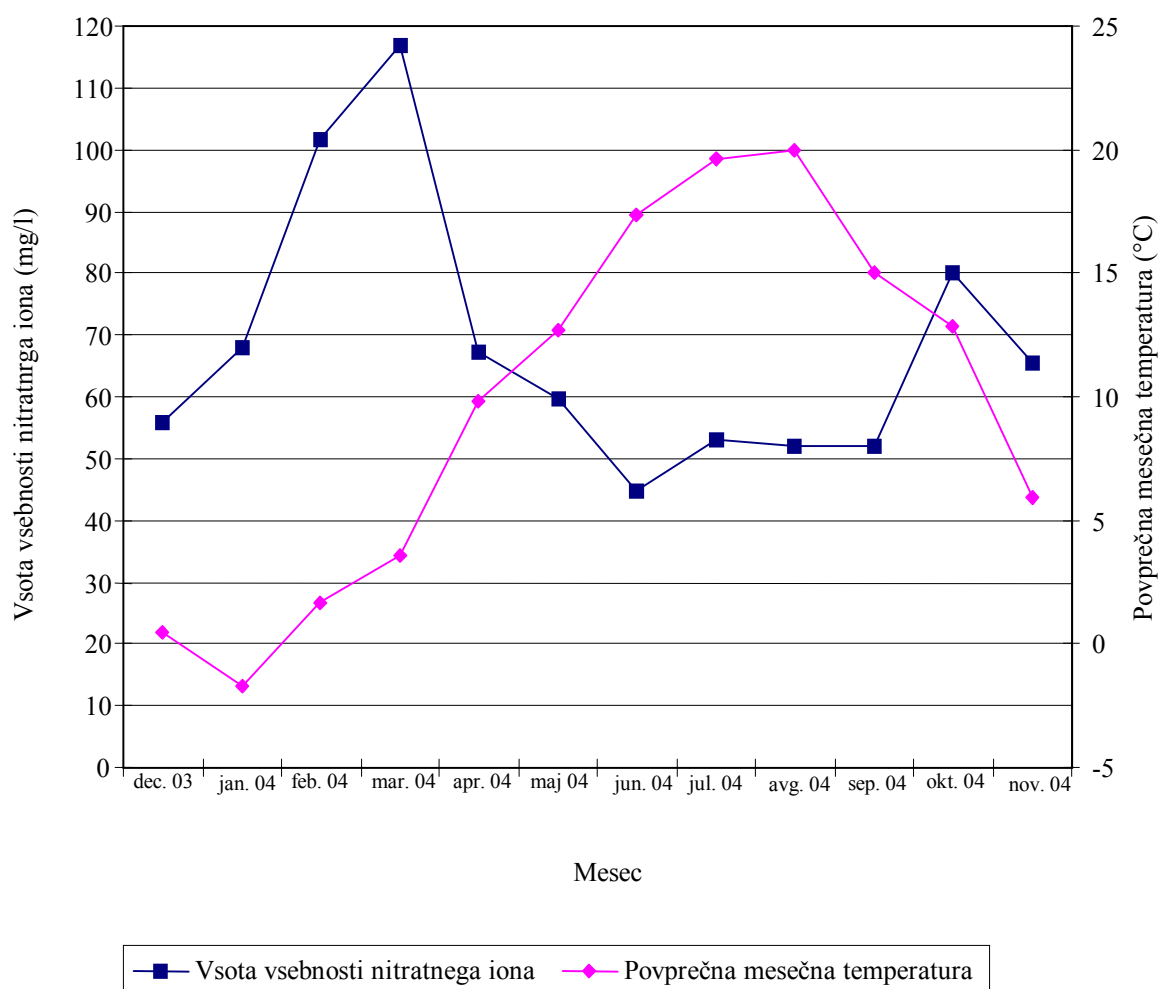


Slika 21: Prazne njive ob reki Temenici, ki so v dobi mirovanja stalen vir onesnaževanja.

4.3.4 Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od temperature

Kot je že opisano v prejšnjih točkah je temperatura pomemben dejavnik za vsebnost nitratnega iona v vodotoku. Temperatura namreč pogojuje začetek in konec vegetacijske dobe (Slika 22).

V zimskem obdobju (januar, februar, marec) z naraščanjem temperature, narašča tudi vsebnost nitratnega iona. Glavni razlog je bil v mirovanju vegetacije in v zimskih odjugh z dežjem. Površinski odtok s površin z mirujočo vegetacijo je zagotovo večji. Ko se temperature v spomladanskem obdobju (april, maj, junij) dvignejo in spodbudijo začetek vegetacije, se vsebnosti nitratnega iona znižajo. V poletnem obdobju (julij, avgust, september) se vsebnosti ne znižujejo z višanjem temperatur, saj je vegetacija svoj maksimum dosegla v juniju. Ob koncu poletnega (september) in na začetku jesenskega obdobja (oktober, november) se temperature znižajo, kar nakaže začetek zaključevanja vegetacijske dobe. To se odrazi tudi pri vsebnosti nitratnega iona, ki je v oktobru dosegel jesenski maksimum.

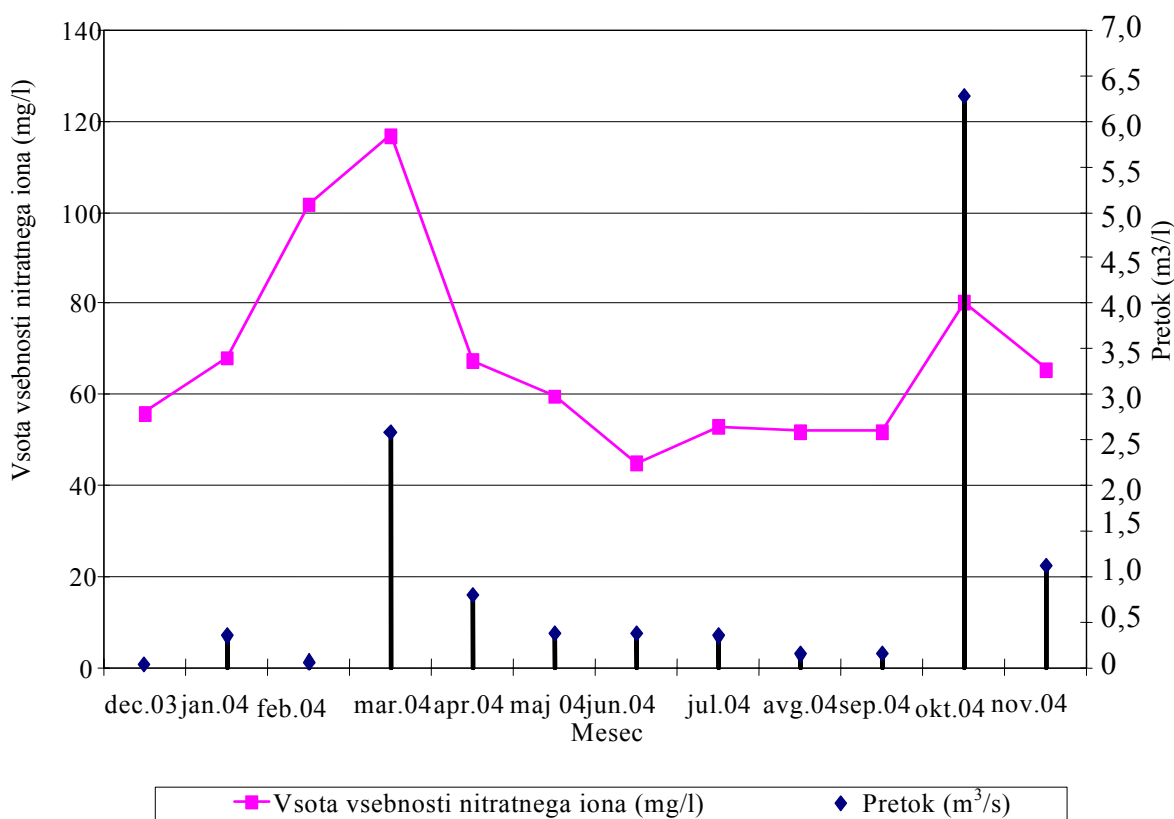


Slika 22: Vsota vsebnost nitratnega iona vseh vzorčnih mest (mg/l) v reki Temenici glede na temperature zraka (°C) (Meteorološki podatki, 2004).

4.3.5 Vsebnost nitratnega iona v odvisnosti od pretoka

Ob vzorčenju smo popisali višino gladine reke Temenice na postaji Rožni Vrh. S pomočjo Q-H krivulje za Temenico - Rožni Vrh smo izračunali povezavo med pretokom in vodostajem v merski točki in tako dobili podatek za pretok (priloga O) v dnevu vzorčenja. V raziskovalnem obdobju je imel dva vrhova. In sicer spomladanskega (marec 2004) in jesenskega (oktober 2004). V tem času so se pojavljale tudi pogoste poplave, vzdolž celotne reke. Reka je v tem času močno narasla in poplavlila površine ob svoji strugi. Pojavljal se je tudi močnejši površinski odtok, ker je bila vegetacija bolj ali manj v mirovanju. V teh obdobjih so začeli na kraškem svetu ponovno teči presihajoči potoki. Le ti so preko površinskega odtoka prinašali v reko tudi dušikove ione.

Na sliki 23 je razvidno, da je bila ob višjem pretoku, višja tudi vsota vsebnosti nitratnega iona v posameznem mesecu. To se je zgodilo tako v marcu 2004, kot v oktobru 2004. S temi rezultati so se znova potrdile vse raziskave o mobilnosti dušika, na izpiranje katerega imajo, izven rastne dobe, velik vpliv predvsem padavine. Le-te se v okviru reke izrazijo s pretokom.



Slika 23: Vsota vsebnosti nitratnega iona vseh vzorčnih mest ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) glede na pretok (m^3/s).

Boljšo predstavbo o vplivu pretoka na vsebnost nitratnega iona bi dobili, če bi imeli dnevne podatke o pretoku, vendar Agencija za okolje RS, ki skrbi za tovrstne podatke, le-teh za reko Temenico za obravnavano obdobje še ni obdelala in pripravila za širšo uporabo.

Razlike v višini vodostaja so predstavljene na slikah 24 in 25.



Slika 24: Merilna lata za merjenje vodostaja (Trebnje, 20.5.2004).



Slika 25: Merilna lata za merjenje vodostaja (Trebnje, 18.10.2004).

4.4 VSEBNOST AMONIJSKEGA IONA

Iz preglednice 5 je razvidno, da amonijskega iona skoraj ni bilo zaznati, saj so bile pri večini vzorcev vsebnosti pod mejo zaznavnosti 0,2 mg/l. V primerih, ko je bila ugotovljena prisotnost amonijskega iona, so vsebnosti kar nekajkrat prekoračile mejno vrednost za pitne vode 0,5 mg/l, a mejna vrednost amonijskega iona za vode, v katerih gojijo ribe (1 mg/l), ni bila presežena.

Le ob treh vzorčenjih je bil v vzorcih prisoten amonijski ion. Prvič v januarju na zajemnem mestu 8 (Vrhovo pri Šentlovrencu), ko je bila tudi presežena mejna vsebnost. Drugič se je pojavil v avgustu na vzorčnih mestih 3 (Sobrače/2) in 5 (Dolenja vas pri Temenici), kjer je bila ponovno presežena mejna vsebnost ter na mestu 8 (Vrhovo pri Šentlovrencu). Tretjič in najbolj množično se je pojavil v septembru, kar na 9 mestih, in sicer na vzorčnih mestih 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13. Mejna vrednost za pitno vodo je bila v tem mesecu presežena na štirih mestih (1,2,6,12). Tak septembrski rezultat gre pripisati nizki količini mesečnih padavinam in s tem nizkemu vodostaju reke, kar je zmanjšalo samočistilno sposobnost reke. Domnevamo, da je bil amonijski ion vedno prisoten v reki, a ob nižjem vodostaju se je bolj koncentriral in je bil zato v vzorcih bolj zaznaven.

Preglednica 5: Vsebnost amonijskega iona ($\text{mg NH}_4^+/\text{l}$) v odvzetih vzorcih v reki Temenici za obdobje dec. 2003 – nov. 2004.

	Številka vzorčnega mesta													
Datum vzorčenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
December 18.12.2003	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Januar 14.1.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,51	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Februar 10.2.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Marec 18.3.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
April 22.4.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Maj 20.5.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Junij 18.6.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Julij 19.7.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Avgust 17.8.2004	< 0,2	< 0,2	0,53	< 0,2	0,57	< 0,2	< 0,2	0,33	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
September 17.9.2004	0,72	0,62	< 0,2	0,40	0,48	0,58	< 0,2	0,43	0,30	< 0,2	< 0,2	0,59	0,25	< 0,2
Oktober 18.10.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
November 10.11.2004	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Opomba: Mejna detekcije: < 0,2 mg/l

Za amonijski ion je značilno, da se pojavlja predvsem na mestih, kjer prihaja do točkovnega onesnaženja iz neustrezno urejenih gnojišč, iz fekalnih vod zasebnih in poslovnih objektov ali iz čistilnih naprav. Amonijski ion se zelo hitro pretvori v nitratni ion, tako da ga lahko zaznamo le, če odvzemamo vzorce v bližini točkovnega onesnaženja, ali če je onesnaženje zelo veliko.

Zaradi te značilnosti pojava amonijskega iona je bilo pričakovati večje vsebnosti na vzorčnem mestu 13 (Trebnje – za čistilno napravo), vendar smo na tem mestu amonijski ion izmerili le v septembru, a vsebnost ni presegla mejne vsebnosti 0,5 mg/l, ki je predpisana za pitne vode. Naše rezultate so potrdili tudi podatki iz obveznega monitoringa odpadnih voda iz komunalne čistilne naprave v Trebnjem, ki smo jih pridobili pri Komunali Trebnje (Preglednica 6). Kot je razvidno iz rezultatov monitoringa, povprečna vsebnost amonijskega iona v iztoku ni presegla 1 mg/l. Ko je prišlo v reki še do razredčitve odpadne vode z rečno, amonijski ion praktično ni bil več zaznaven. Pomembno je omeniti podatek, da je mejna vsebnost za amonijski ion v odpadnih vodah iz čistilnih naprav 10 mg NH_4^+/l (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod..., 1998).

Preglednica 6: Vsebnost amonijskega iona (mg/l) na dotoku in iztoku čistilne naprave v Trebnjem (Poročilo o vsebnostih..., 2005).

		Številka vzorčenja								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Datum vzorčenja	dotok	28.01.04	28.01.04	18.02.04	03.05.04	22.06.04	11.08.04	06.12.04	20.12.04	Povprečna vsebnost
	iztok	29.01.04	29.01.04	19.02.04	04.05.04	23.06.04	12.08.04	7.12.04	21.12.04	
Vsebnost amonijskega ion (mg/l)	dotok	29,0	19,6	21,4	16,1	13,6	21,9	17,8	40	22,42
	iztok	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,00

Da bi lahko bolje ocenili vplive amonijskega iona v reki, bi bilo potrebno raziskavo ponoviti tudi v obdobju suše, ko se vodostaj reke Temenice močno zniža. Za obdobje v katerem je bila izvedena ta raziskava je bila značilna nadpovprečna količina padavin.

5 SKLEPI

Nitratni ion je v reki Temenici veliko bolj vplivajo na onesnaženje reke kot amonijski ion. Nitratni ion se je pojavil v vseh odvzetih vzorcih, a ni nikoli presegel mejne vrednosti za pitno vodo $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$. Na drugi strani se je amonijski ion pojavil le v treh od dvanajstih vzorčenj, a vsakič na vsaj enem od vzorčnih mest prekoračil mejno vrednost za pitno vodo $0,5 \text{ mg NH}_4^+/\text{l}$.

Glede nitrata so najbolj onesnaženi odseki na območjih za sotočjem reke in pritokov. Glavni razlogi za značilen vpliv pritokov na povečanje vsebnosti nitrata v reki Temenici so v naseljenem in kmetijsko aktivnem zaledju pritokov.

Vsebnost nitratnega iona je v povprečju vzdolž toka reke, od izvira do ponora, naraščala. Razen v nekaj vmesnih točkah, kjer so povprečne vsebnosti rahlo padale. Za amonijski ion hipoteze o naraščanju vsebnosti vzdolž toka reke ne moremo potrditi, saj je bila vsebnost amonijskega iona v odvzetih vzorcih zelo nizka.

Vsebnost nitratnega iona je bila v vegetacijski dobi nižja kot izven nje. Vsebnosti so od marca 2004, ko dosežejo prvi vrh, v pomladnih in poletnih mesecih padle in dosegle najnižje vrednosti v juliju 2004. V oktobru 2004 so vsebnosti dosegle drugi vrh in se nato v novembru 2004 spet znižale. Za amonijski ion hipoteze o nižjih vsebnostih tekom vegetacije ne moremo potrditi, zaradi nizke pojavnosti amonijskega iona v odvzetih vzorcih. Potrdimo lahko le, da ob nižji količini poletnih mesečnih padavin in tako z nižjim vodostajem reke, amonijski ion v rečni vodi postane bolj koncentriran in ga zato lažje zaznamo.

6 POVZETEK

6.1 POVZETEK

Namen tega raziskovalnega dela je bil ugotoviti gibanje vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona vzdolž toka reke in tekom raziskovalnega obdobja ter ugotoviti vpliv površinskega in podpovršinskega toka vode s kmetijskih in gozdnih površin.

Raziskava je potekala na Dolenjskem v zgornjem toku reke Temenice, ki je od izvira v Javorjah pri Litiji do ponora na Ponikavah pri Trebnjem dolg 28 km. Reka Temenica je idealna za preučevanje, saj je manjša reka z nihajočim pretokom, z gosto naselitvijo in aktivnim kmetijstvom. Zaradi tega se reka hitro odziva na spremembe v njenem ekosistemu.

Na reki smo določili 14 vzorčnih mest, ki so bila razporejena tako, da so tvorila zaokrožena območja opazovanja. Vode smo vzorčili enkrat mesečno, od decembra 2003 do novembra 2004, v petih ponovitvah za vsako vzorčno mesto. Vsebnosti nitratnega iona in amonijskega iona smo določili spektrofotometrično.

Kljub veliki obljudenosti porečja Temenice, vsebnosti nitratnega iona niso nikoli presegle mejne vrednosti 25 mg NO_3^-/l za dobro kakovostno stanje površinskih voda ali 50 mg NO_3^-/l za pitno vodo. V vseh odvzetih vzorcih so bile vsebnosti nitratnega iona nad mejo detekcije (0,2 mg/l). Vsebnosti so se gibale od 0,25 mg NO_3^-/l (Javorje – izvir) do 15,10 mg NO_3^-/l (Trebnje - za čistilno napravo).

Vsebnosti nitratnega iona so se vzdolž toka reke zviševale, na kar so imeli velik vpliv pritoki z naseljenim in kmetijsko dejavnim zaledjem, kar je potrdilo tudi dodatno vzorčenje na mestu sotočja Temenice in potoka Kodeljevec. To vzorčenje je pokazalo opazno zvišanje vsebnosti nitratnega iona v reki po sotočju s potokom.

Velik vpliv na vsebnost so imele tudi temperature in padavine, ki pogojujejo začetek in konec vegetacijske dobe. Kar se je izrazilo v značilnem gibanju vsebnosti nitratnega iona. Pred začetkom (marec) in ob koncu (oktober) vegetacijske dobe so bile vsebnosti najvišje, sredi vegetacijske dobe (julij) in sredi obdobja mirovanja (december) so se vsebnosti opazno znižale.

Vsebnosti amonijskega iona so skorajda zanemarljive, saj so bile v večini mesecev pod mejo detekcije (0,2 mg/l). Amonijski ion se je pojavil le ob treh vzorčenjih (februar, avgust, september) in vsakič vsaj na enem vzorčnem mestu presegel mejno vrednost za pitno vodo (0,5 mg NH_4^+/l). Vsebnosti so se gibale od 0,25 do 0,72 mg NH_4^+/l . Najbolj množično se je pojavil v septembru, kar gre pripisati nizki mesečni količini padavin in s tem nizkemu vodostaju, kar je povzročilo večjo koncentracijo amonijskega iona. Točkovno onesnaževanje z amonijskim ionom iz kanalizacijskih odtokov in iz gnojišč je prisotno, a se izrazi šele ob pomanjkanju vode v strugi in s tem zmanjšani samočistilni sposobnosti reke, kar se je izkazalo ob septembrskih meritvah.

Za najbolj kritična glede onesnaženja so se izkazala območja za sotočjem reke in pritokov, med vzorčnimi mesti 1 (Javorje – izvir) in 5 (Dolenja vas pri Temenici), 6 (Breg pri Temenici) in 7 (Gorenje Praproče) ter 9 (Velika Loka) in 14 (Dolenje Ponikve). Za znižanje vsebnosti nitratnega iona v kritičnih območjih bo potreben celovit pristop. Glavni problem teh območji je pojavljanje onesnaževanja iz vseh možnih virov. Pojavljanje razpršenega onesnaževanja, kamor uvrščamo onesnaževanje s kmetijskih površin, je pogojeno s številnimi predvsem vremenskimi dejavniki, ki jih ljudje ne moremo nadzorovati. Sicer so na področju uporabe organskih in mineralnih gnojil v kmetijstvu, ki je bilo v preteklosti popolnoma neurejeno, v zadnjem obdobju stopili v veljavo številni novi zakoni in uredbe. Da bi lahko za višje vsebnosti dušikovih ionov v reki okrivili samo kmetijstvo, je naprej potrebno urediti številne nedovoljene izpuste odpadnih, izcednih vod in fekalij, nad katerimi ima lahko človek popolni nadzor. Vsebnosti obeh opazovanih elementov bi bilo potrebno nadzorovano znižati z ureditvijo točkovnih onesnaževalcev, tako vzdolž struge reke Temenice kot vzdolž številnih pritokov. Kar pomeni ureditev gnojišč in gnojničnih jam po standardih iz nitratne direktive, izgradnjo manjših čistilnih naprav (npr. rastlinskih) in dograditev javnega kanalizacijskega omrežja pri že izgrajenih čistilnih napravah.

6.2 SUMMARY

The purpose of this research work was to define the dynamic of the nitrate and ammonium ion content along the course of the river during the research period and to ascertain the influence of surface and subsurface water running from agricultural and forest area.

The research took place in Dolenjsko, in the upper course of the Temenica River starting from its source in Javorje near Litija and ending at the first sinkhole in Ponikve near Trebnje, which amounts to 28 kilometres. The Temenica River is an ideal place for carrying out the research since it is a small river with a changing riverflow, area of dense population and active agriculture. Due to the facts mentioned, the river reacts quickly to the changes in the ecosystem.

Along the river, there were 14 sample points arranged in such a way they formed a complete observation area. The water samples had been collected from December 2003 to November 2004, i.e. once per month in five series for each sample point. The nitrate and ammonium ion content had been analysed spectrophotometrically.

Despite the dense population of the Temenica river-basin, the content of the nitrate ion never exceeded the limit value of 25 mg NO_3^-/l for good quality state of surface water or 50 mg NO_3^-/l for drinking water. In the samples collected, the content of the nitrate ion exceeded the level of detection (0.2 mg/l). The content ranges between 0.25 mg NO_3^-/l (Javorje – source) and 15.10 mg NO_3^-/l (Trebnje – after the water treatment plant).

The nitrate ion content kept increasing along the river course which had been caused by tributaries flowing from the inhabited and agricultural back area which had also been proven by implementing the additional sampling at the confluence of the Temenica River and the Kodeljevec Stream. This sampling confirmed a significantly higher level of ammonia ion in the river after the confluence with the stream.

The temperatures and rainfalls, which determine the beginning and the end of the vegetation period, also produced a great effect on the level of content. This could be expressed in the typical movement of the nitrate ion content. Before the beginning (March) and towards the end (October) of the vegetation period, the content reached its highest level; in the middle of the vegetation period (July) and in the middle of the standstill period (December) the amount of contents declined significantly.

The ammonium ion content was almost inconsiderable since the contents never reached the level of detection (0.2 mg/l) for most of the months. The presence of ammonia ion had only been detected in three water samplings (in February, August, September) and it always exceeded the border level for drinking water at least at one sample point (0.5 mg NH_4^+ /l). The contents ranged between 0.25 and 0.72 mg NH_4^+ /l. In September, the content reached its highest level due to a small monthly quantity of rainfall and consequently low water level affecting a higher concentration of ammonia ion. The point source pollution with ammonium ion from the waste water systems and dunghills which only exists upon the lack of water in river-bed and therefore causes a decline in the self-cleaning capability of the river, pointed out in its presence at September measurements.

Regarding the pollution, the areas after the river confluence and its affluent have proven to be the most critical, i.e. between the sample points 1 (Javorje – the spring) and 5 (Dolenja vas pri Temenici), 6 (Breg pri Temenici), 7 (Gorenje Praproče) and 9 (Velika Loka) and 14 (Dolenje Ponikve). In order to lower the content of the nitrate ion in the critical areas a comprehensive approach is required. The main issue regarding these areas is the pollution caused by various sources. The presence of a dispersed pollution, i.e. the pollution of agricultural surfaces, depends on several, foremost weather factors that cannot be controlled by human-being. However, in the field of organic and mineral fertilizers for agriculture purposes that used to be completely unregulated several new laws and orders have been passed. To be able to put the guilt for the increase of the nitrate ion content in the river only on the agriculture, numerous forbidden releases of effluents, leachates and excrement into water that can be influenced by people must be regulated. The content of both elements under examination should be lowered by regulation of point sources of pollution along the bed of the Temenica River and its several affluent. Consequently, that means the regulation of dunghills and cesspits in compliance with standards of the Nitrate Directive, the building of smaller purification plants (e.g. vegetal) and the establishment of a public waste water engineering system on the already constructed purifying plants.

7 VIRI

- Amberger A. 1978. Dynamik des Stickstoffs in Boden im Hinblick auf Festlegung und Auswaschung. München, Univ. München. Institut für Pflanze-nernährung der Technik: 465 str.
- Bugar S. 1999. Ogroženost in varovanje vodnih virov pred nitratnim onesnaževanjem. V: Ogrožanje vodnih virov in naravne snovi v pitni vodi. Zbornik predavanj. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 125 – 152.
- Comly R. H. 1987. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. JAMA, 257: 2877-2899.
- Ćirić M. 1991. Pedologija. Sarajevo, Svjetlost: 307 str.
- Digitalna pedološka karta Slovenije. 1 : 25 000. 2005. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Center za pedologijo in varstvo okolja.
- Dobnikar Tehovnik, M. 2005. »Nitrati v rekah«. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, arso@gov.si. (osebni vir, marec 2005).
- Enciklopedija Slovenije. 1999. Ljubljana, Mladinska knjiga: 416 str.
- Germ Jogan M. 1997. Makrofiti in kemizem vode v nekaterih slovenskih rekah. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 85 str.
- Gilli G., Corrao G., Favilli S. 1984. Concentration of nitrates in drinking water and incidence of gastric carcinomas. V: First descriptive study of the Piemonte region, Italy. Science Total Environment Count, 34: 35 – 48.
- Hacin J. Translokacija dušika iz atmosfere v ekosisteme. V: Dušik naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj. Ljubljana 28. - 29. marec 1996. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 11 – 17.
- Inventarizacija flore in faune reke temenice. Končno poročilo. 1993. Ljubljana. Inštitut za biologijo: 14 str.
- Izhodišča za izdelavo analize onesnaženosti z nitrati in predlog ukrepov na podlagi direktive 91/676/EEC. Zaključno poročilo. 1999. Ljubljana, Kemijski inštitut: 49 str.
- Leskošek M. 1993. Gnojenje. Ljubljana, Kmečki glas: 197 str.
- Leskošek M., Mihelič R., Pintar M. 1996. Strategija gnojenja z dušikom v kmetijski pridelavi Slovenije. V: Dušik naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj. Ljubljana 28. - 29. marec 1996. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 53 – 59.

- Kranjc M., Zupan M. 1996. Kako obremenjene so naše podtalnice in površinske vode z dušikom V: Dušik naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj. Ljubljana 28. - 29. marec 1996. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 41 - 52.
- Mahne I. 1996. Kroženje dušika: Segmenti in posebnosti. V: Dušik naravovarstvena paradigma. Zbornik predavanj. Ljubljana 28. - 29. marec 1996. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 19 - 26.
- Majer D. 1995. Dinamika dušika v nasadu hmelja (*Humulus lupulus* L.) na distričnih rjavih tleh s procesi oglejevanja. Sodobno kmetijstvo, 28, 3: 99 - 102
- »Meteorološki podatki«. 2004. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
- Metzner G. 1998. Ammonium ein gefaehrliches Stoff? Münchener Beitrage zur Abwasser, Fischerei und Fluss biologie, 42: 73 - 94.
- Novak D. 1960. Temenica. Proteus, 23: 24 - 25.
- Ohranimo dolino našim zanamcem. 2004. Trebnje, Civilna iniciativa za ohranitev doline reke Temenice (propagandni material).
- Paul E. A., Juma N. G. 1981. Mineralisation and immobilisation of soil nitrogen by microorganisms. V: Terrestrial nitrogen cycles. Clark F. E., Rosswall T. (Eds.), Ecological Bulletin, 33: 179 - 194.
- Podgornik M. 2003. Izpiranje nitratov iz dreniranih površin v slovenskem primorju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 66 str.
- Poročilo o vsebnostih nevarnih snovi na vtoku in iztoku iz komunalne čistilne naprave Trebnje. 2005. Novo mesto, Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto: 20 str.
- Posser J. I. 1989. Autotrophic nitrification in bacteria. Advances in Microbial Physiology, 30: 125 - 181.
- Postgate J. R. 1982. The fundamentals of nitrogen fixation. Cambridge, Cambridge University Press: 252 str.
- Pravilnik o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda. Ur. l. RS št. 42-2014/02.
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur. l. RS št. 55/97.
- Rejic M. 1988. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 225 str.
- Slovenija. Pokrajine in ljudje. 1998. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.

Sušin J. 2004. Nitratna direktiva (1). Kmečki glas, 61, 42: 10.

Tiedje J. M. 1988. Ecology of denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. V: Biology of anaerobic microorganisms. Zehnder A. J. B. (Eds.). New York, John Wiley and Sons: 179 – 243.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav s posebnimi zahtevami za komunalne odpadne vode. Ur.l. RS št. 35-2967/96.

Uredba o kemijskem stanju površinskih voda. Ur. l. RS št.11-461/02.

Uredba o klasifikaciji vod medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije Ur. l. SRS št. 6/78.

Uredba o spremembi in dopolnitvi uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav s posebnimi zahtevami za komunalne odpadne vode. Ur.l. RS št. 90-8554/98.

Uredba o spremembi in dopolnitvi uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur.l. RS št. 35-4048/01.

Uredba o spremembi in dopolnitvi uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur.l. RS št. 29-3345/04.

Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur.l. RS št. 68–3721/96.

Vodna direktiva. 2003. Agencija Republike Slovenije za okolje (jan. 2003).
http://www.sigov.si/mop/področja/uradzaokolje_sektorvode/poročila/wfd/vodna_direktiva.html (20. dec. 2004)

Zakon o varstvu okolja. Ur. L. RS št. 32/93.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji družini, še posebno svojim staršem, ki so me na moji študijski poti brezpogojno podpirali in niso nikdar dvomili v moj uspeh.

Za podporo, pomoč in konstruktiven odnos pri raziskovalnem delu in pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem predstojnici katedre za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo ter svoji mentorici, prof. doc. dr. Marini Pintar.

Za podporo in pomoč se zahvaljujem tudi asistentki dr. Vesni Zupanc, Petru Korparju, ing. agr. in mag. Tonetu Perparju.

Posebna zahvala gre Občini Trebnje, ki je finančno podprla raziskovalno delo.

PRILOGA A

Slikovno gradivo poplavljanja reke Temenice.



Priloga A1: Poplavljen njijska površina (Trebnje, 18.10.2004).



Priloga A2: Poplavna ravnica, ko reka Temenica prestopi bregove (Trebnje, 18.10.2004).

PRILOGA B

Slikovno gradivo ponorov reke Temenice.



Priloga B1: Eden izmed ponorov reke Temenice (14/Dolenje Ponikve, 20.5.2004).



Priloga B2: Ob nizkem pretoku vidna odprtina ponora (14/Dolenje Ponikve, 19.7.2004).

PRILOGA C

Slikovno gradivo podaljšane struge reke Temenice.



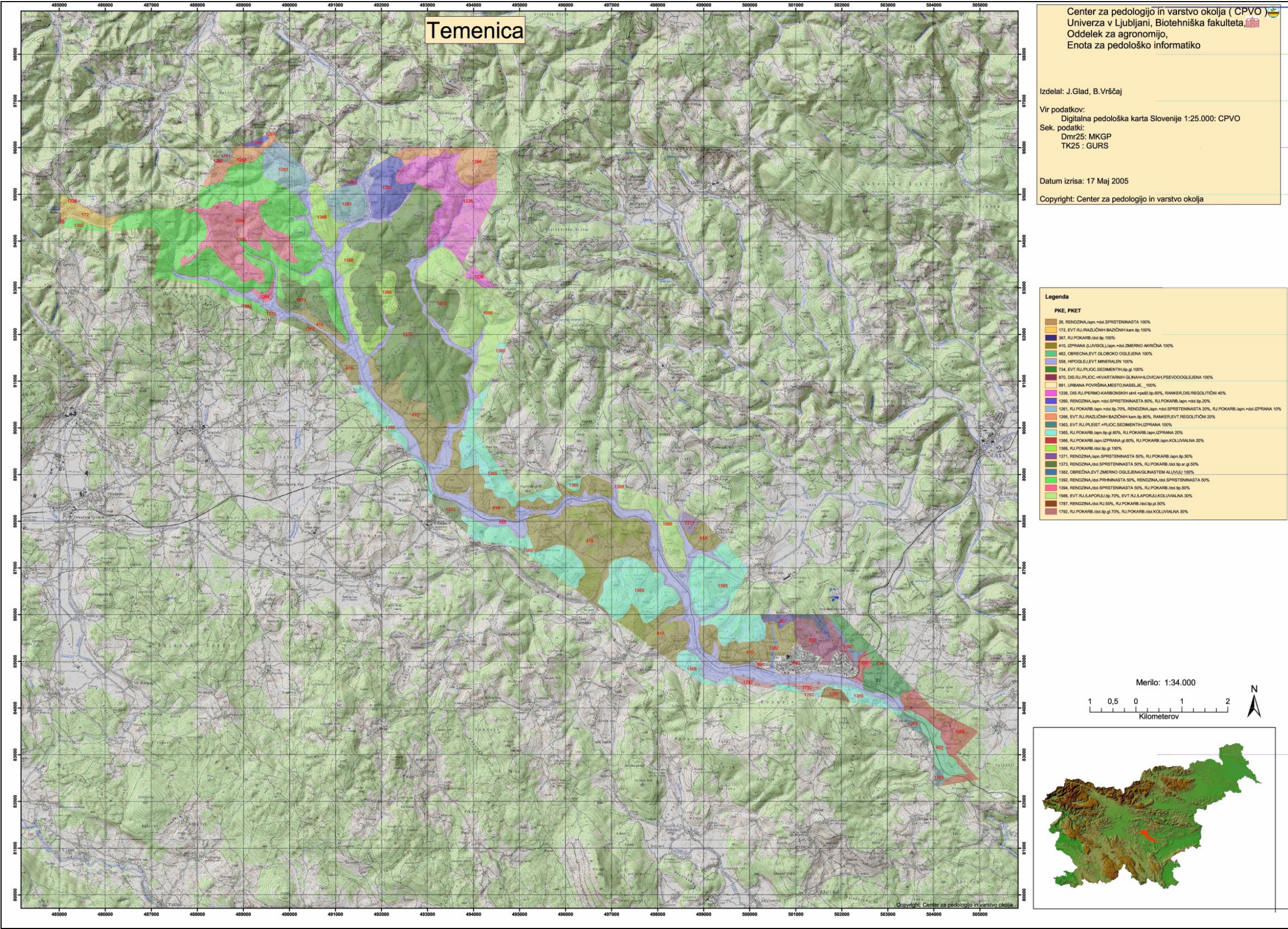
Priloga C1: Podaljšana struga reke Temenice, ki je napolnjena le ob poplavih (14/Dolenje Ponikve, 20.5.2004).



Priloga C2: Podaljšana struga reke Temenice ob poplavih (14/Dolenje Ponikve, 18.10.2004)

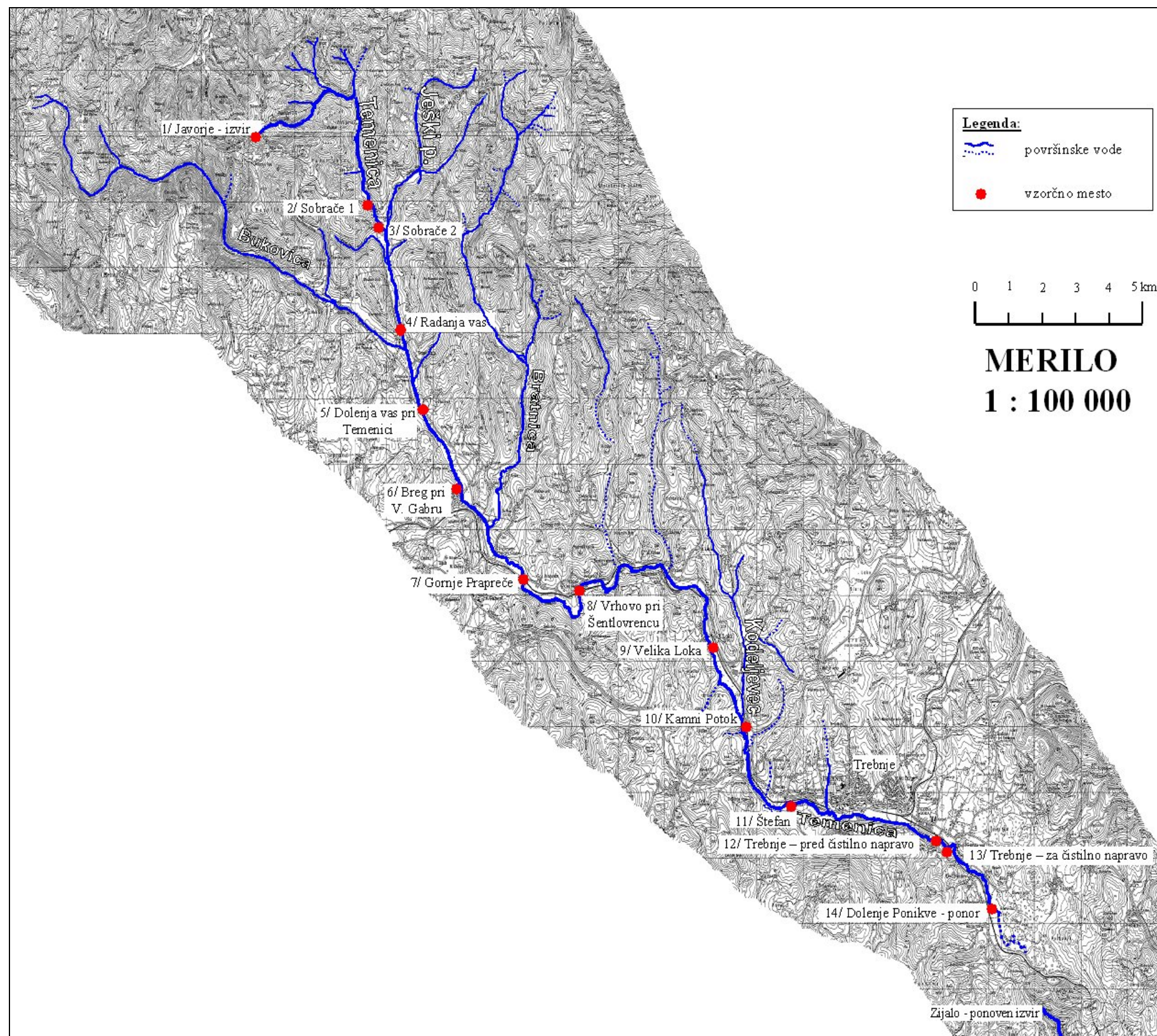
PRILOGA D

Pedološka karta vodozbirnega območja reke Temenice (Digitalna pedološka karta ..., 2005).
(Kartografska podlaga: Državna topografska karta: merilo 1: 25 000. 1997. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije)



PRILOGA E

Hidrološka mreža reke Temenice, z označenimi vzorčnimi mesti.
(Kartografska podlaga: Državna topografska karta: merilo 1: 25 000. 1997. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije)



PRILOGA F

Izvir reke Temenice (1/Javorje-izvir).



PRILOGA G

Slikovno gradivo vzorčnega mesta 5/Dolenja vas pri Temenici.



Priloga G1: Vzorčno mesto 5/Dolenja vas pri Temenici (10.2.2004).



Priloga G2: Vzorčno mesto 5/Dolenja vas pri Temenici (20.5.2004).



Priloga G3: Vzorčno mesto 5/Dolenja vas pri Temenici (19.7.2004).

PRILOGA H

Dnevna količina padavina (mm) za padavinsko postajo Grm (senčene celice so dnevi vzorčenja) za obdobje
 dec. 2003 – nov. 2004.

	Mesec											
Dan	dec.03	jan.04	feb.04	mar.04	apr.04	maj 04	jun.04	jul.04	avg.04	sept.04	okt.04	nov.04
1		11,3		4,3		1,7				12,3		4,7
2		1,9				0,7	1,3	16,2	8	1,4	6,6	0,3
3							4,1	7,8	0,3			
4							0,1					
5						14,1	2,5		35			
6					38,9	12,6	3					10,5
7	2			0,1	29,1	1,9	2	4				7,7
8			13	12,8	17	20,7			19,3			
9		1,1		6,1		2,1			3,5			
10	0,1	5,8		0,1	18,1				1,7		48,1	3,8
11		1,2			0,8			12			24,5	13,1
12	1,9		1,2					6,6			0,1	
13	0,9		0,3		18	17,7	20,9			5,4		0,9
14					5,1	2	0,5	5,9	9,1			6,2
15		13,9			0,7						12,5	
16		0,2								4,2	16,6	0,1
17					4	2,1	5,4				40	
18		20			0,7						16,5	
19		21,8	7,5		3							
20			2,7		12,8	2	0,3					5,1
21					0,6		19,9		8,1			
22	42		6				1,2		5,2	5,3	1,5	
23	0,8		4,5	49		32,9			0,5	0,2	21,1	
24			30,3	23,1	6,1	1,2		19				
25			4,5	14,2	16,1			16,1		38		
26			3,6	2,9	0,7		35,7		12,2			
27		2,6	21,3	0,5				10	15,1			
28		4	5,3					2,7			17	
29	2,2	0,5	8,3			15	23,1				1,3	
30	5					0,5					19,1	2,1
31	18										22	
Vsota	72,9	84,3	108,5	113,1	171,7	127,2	120	100,3	118	66,8	246,9	54,5

PRILOGA I

Povprečne dnevne temperature zraka(°C) za meteorološko postajo Trebnje
 (senčene celice so dnevi vzorčenja) za obdobje od dec. 2003 – nov. 2004.

	Mesec											
Dan	dec.03	jan.04	feb.04	mar.04	apr.04	maj 04	jun.04	jul.04	avg.04	sep.04	okt.04	nov.04
1	5,4	1,6	5,0	-2,5	11,2	13,9	15,5	20,5	22,0	14,4	14,4	13,4
2	5,3	-0,6	3,5	-3,2	11,4	13,7	14,9	15,3	21,8	14,3	14,8	13,4
3	2,9	-2,6	4,5	-0,6	12,0	12,8	14,3	17,5	21,5	17,0	15,6	13,2
4	3,0	-7,0	6,2	-2,7	12,5	11,8	14,5	17,4	21,4	17,9	15,6	13,0
5	2,3	-5,4	8,1	-1,0	10,9	12,8	13,2	20,9	22,0	18,0	17,0	11,5
6	7,2	-4,1	7,1	-5,2	5,3	11,1	15,3	22,0	21,4	17,7	16,0	8,5
7	-1,0	-1,6	7,4	0,0	2,5	8,5	16,6	19,6	22,5	16,4	15,8	5,9
8	-2,8	-3,1	5,0	-0,7	7,0	8,5	18,9	23,2	20,6	16,4	17,6	3,1
9	-3,1	0,5	2,8	0,9	4,5	9,3	21,5	21,6	21,0	14,2	15,5	5,8
10	-1,1	2,7	-0,9	0,1	5,4	12,2	23,5	17,0	20,2	12,0	10,5	3,4
11	-0,1	0,1	4,6	-0,3	11,1	13,0	23,4	13,1	21,3	12,3	7,7	5,0
12	4,5	4,1	-3,2	2,3	8,4	13,7	18,6	14,1	24,4	15,9	7,6	7,8
13	1,1	5,3	-1,3	3,2	8,1	12,0	12,4	16,0	19,3	18,3	5,2	6,4
14	4,6	8,4	1,9	6,9	7,7	12,2	15,9	15,6	19,3	18,3	5,5	4,6
15	0,7	1,7	3,0	8,5	8,9	11,1	18,7	18,3	19,3	19,5	7,8	3,5
16	0,2	0,0	1,5	9,4	9,2	11,5	19,2	20,8	19,1	14,7	9,8	2,4
17	-1,8	5,4	1,5	11,8	9,8	9,3	16,9	22,3	20,3	12,3	7,9	4,2
18	-0,5	-0,2	1,4	12,6	11,7	13,8	17,8	22,1	21,0	12,4	8,8	7,9
19	2,2	-0,4	1,1	11,8	11,6	15,8	19,4	21,6	22,2	13,4	11,0	5,7
20	2,2	0,3	0,4	10,7	10,7	18,1	15,9	23,4	23,3	16,1	13,1	2,0
21	4,4	-3,3	-1,1	12,8	12,9	17,4	15,9	22,9	17,9	16,9	17,4	0,8
22	1,1	-5,4	-0,3	7,7	13,7	14,8	18,2	25,0	17,9	14,0	15,5	1,5
23	-4,5	-7,2	2,1	1,8	15,1	9,7	17,8	24,1	18,1	15,1	14,7	7,4
24	-7,0	-8,9	-1,2	1,9	11,7	10,0	20,0	22,1	19,1	11,8	12,8	2,0
25	-8,3	-7,1	-1,9	6,0	10,0	11,6	16,7	21,2	19,0	10,3	13,7	-0,9
26	-5,8	-5,3	0,7	2,1	9,4	14,2	17,6	20,4	14,3	11,5	15,8	3,4
27	-2,0	-1,4	0,5	1,6	10,7	14,0	19,4	16,5	18,1	10,8	15,4	3,9
28	-0,1	-2,6	-0,6	4,2	12,2	12,6	21,7	16,8	18,1	14,2	13,8	2,0
29	1,4	-5,5	0,7	5,0	12,5	12,5	15,8	16,5	18,4	15,0	14,1	3,9
30	1,8	-6,2		4,3	11,4	15,5	18,8	18,2	19,7	15,0	16,4	4,8
31	2,6	-3,8		3,7		15,7		21,2	15,7		13,5	
Mesečno povprečje	0,5	-1,7	2,0	3,6	10,0	12,7	17,6	19,6	20,0	14,8	12,9	5,6

PRILOGA J

Povprečne maksimalne, povprečne minimalne in povprečne mesečne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za meteorološko postajo Trebnje za obdobje dec. 2003 – nov. 2004.

Mesec	Temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$)		
	Povprečna maksimalna mesečna	Povprečna minimalna mesečna	Povprečna mesečna
December 2003	4,9	-4	0,5
Januar 2004	2,4	-5,8	-1,7
Februar 2004	6,2	-2,8	1,7
Marec 2004	9	-1,7	3,6
April 2004	14,6	5	9,8
Maj 2004	19,4	6	12,7
Junij 2004	23	11,9	17,4
Julij 2004	26,2	13	19,6
Avgust 2004	26,3	13,7	20
September 2004	20,7	9,4	15
Oktober 2004	17	8,8	12,9
November 2004	9,7	2	5,9

PRILOGA K

Slikovno gradivo tretiranja njivskih površin ob reki z organskimi gnojili.



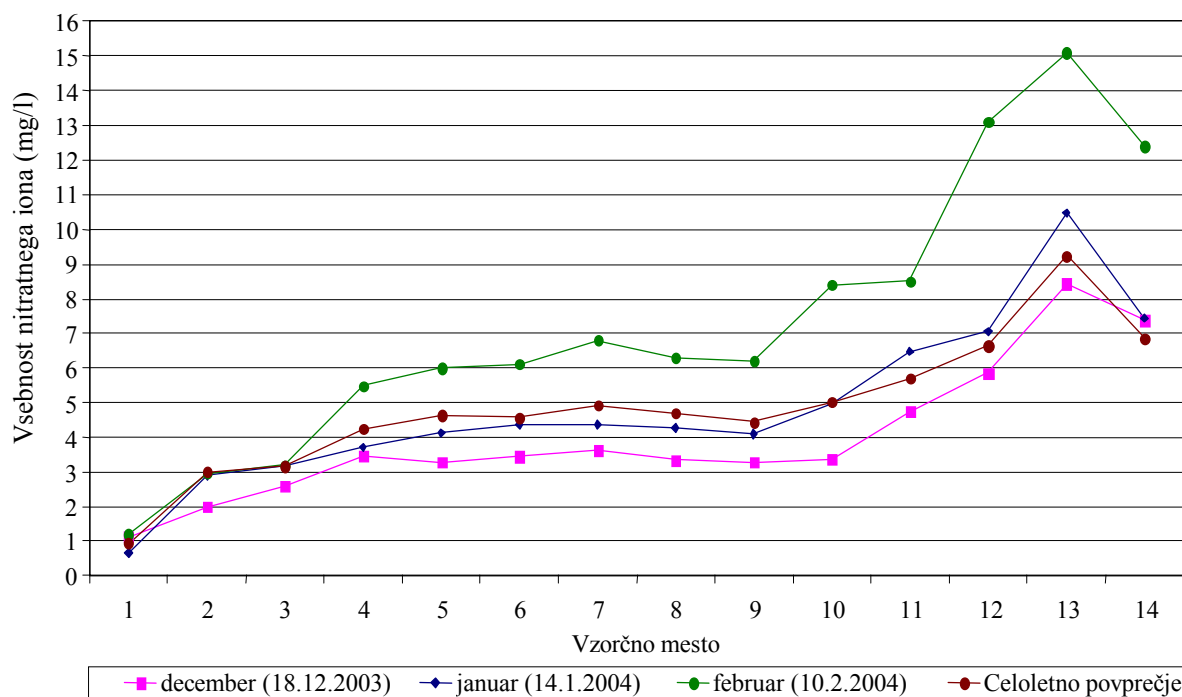
Priloga K1: Tretiranje travnika ob reki z gnojevko (4/Radanja vas, 19.7.2004).



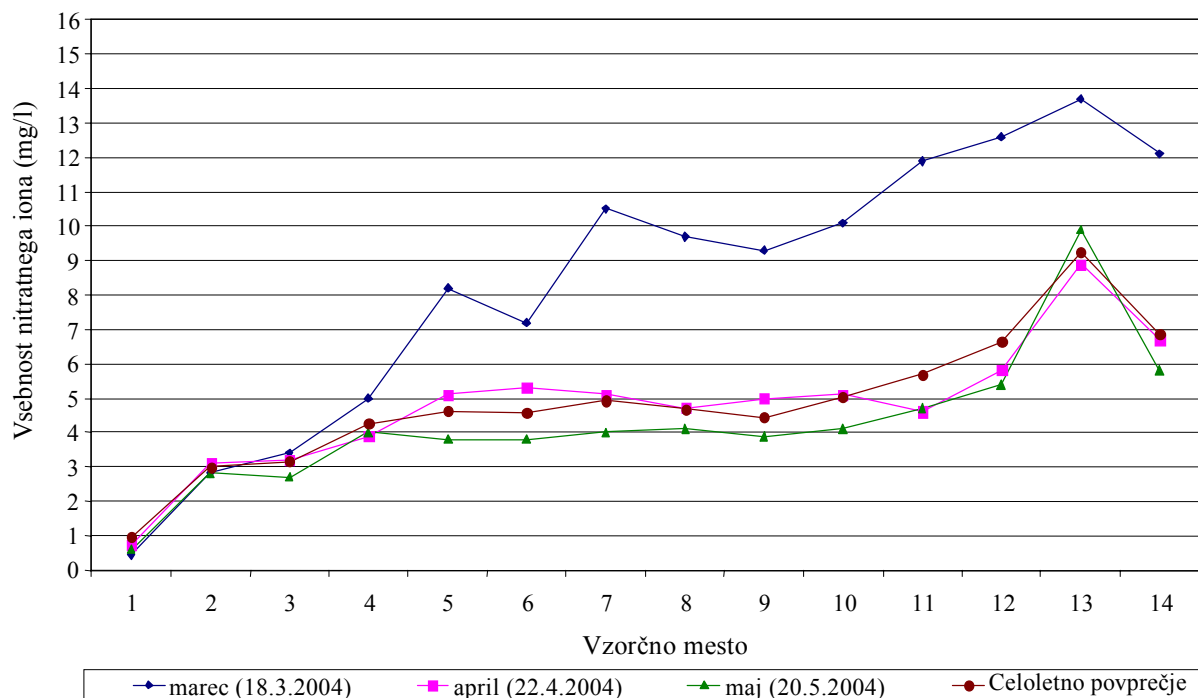
Priloga K2: Z gnojevko tretirana njivska površina neposredno ob reki (14/Dolenje Ponikve, 10.11.2004).

PRILOGA L

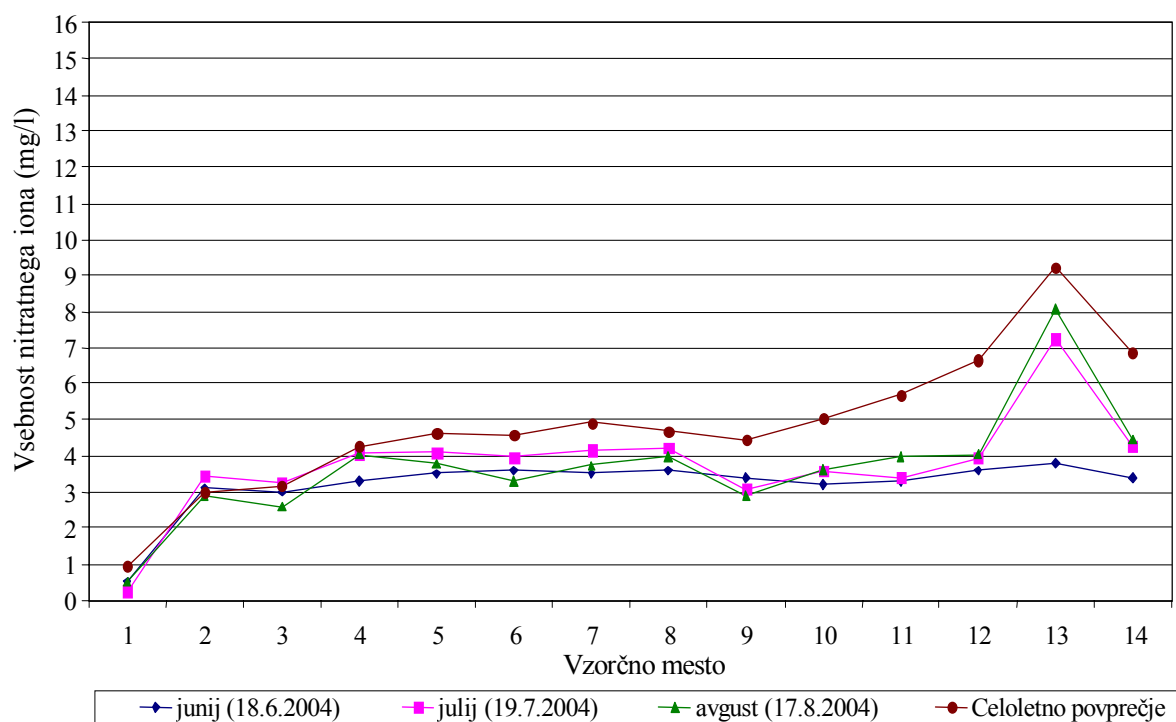
Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice.



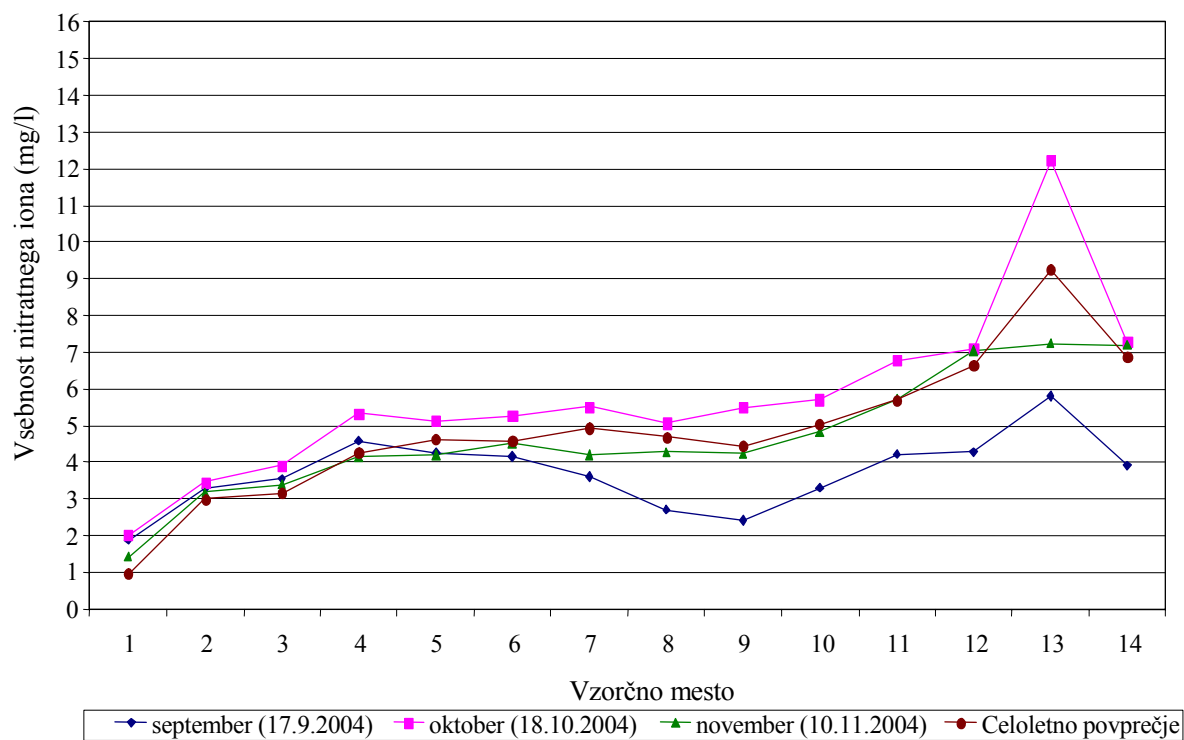
Priloga L1: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice, za december 2003, januar 2004 in februar 2004.



Priloga L2: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice, za marec 2004, april 2004 in maj 2004.



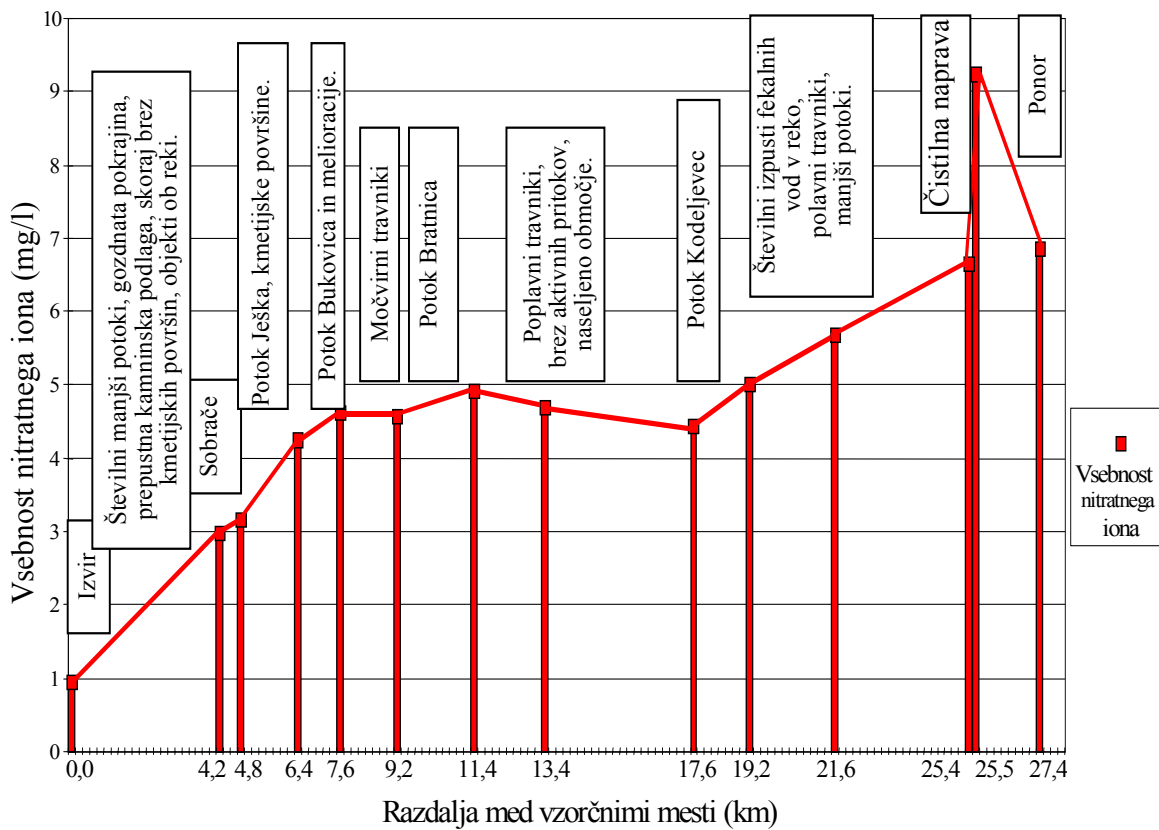
Priloga L3: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice za junij, julij in avgust 2004.



Priloga L5: Vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) vzdolž toka reke Temnice za september, oktober in november 2004.

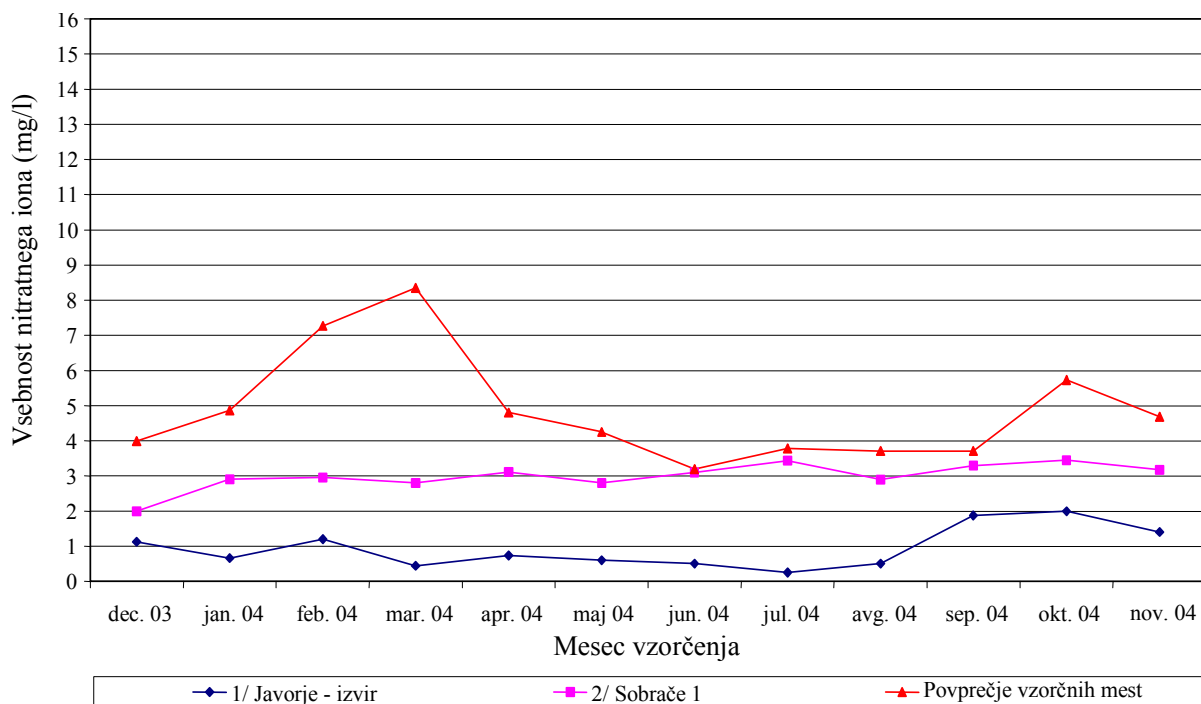
PRILOGA M

Povprečna vsebnost nitratnega iona ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$) v obdobju december 2003 – november 2004 vzdolž toka reke ter v odvisnosti od razdalje med vzorčnimi mesti.

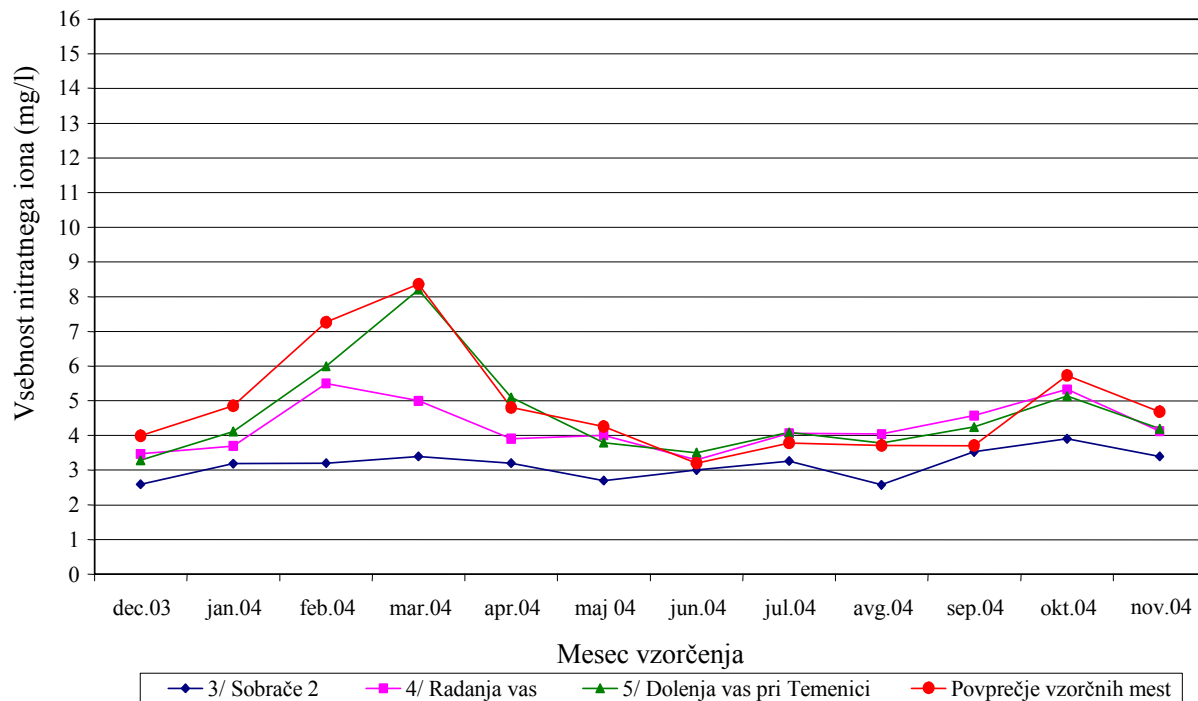


PRILOGA N

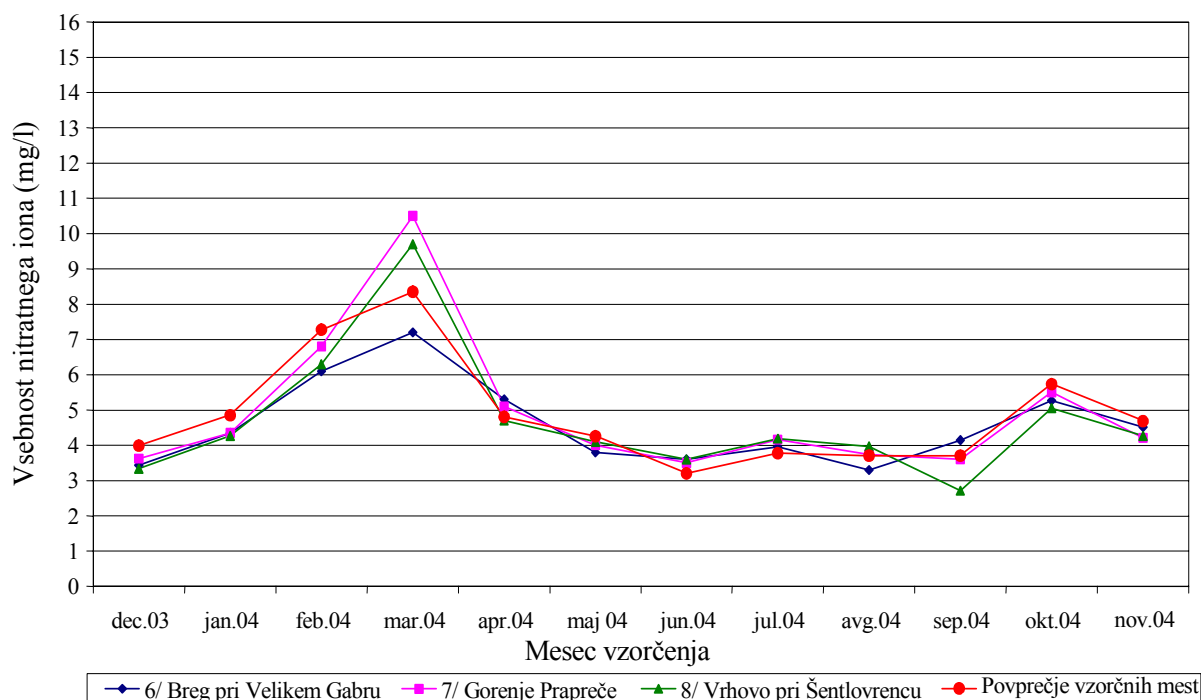
Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004.



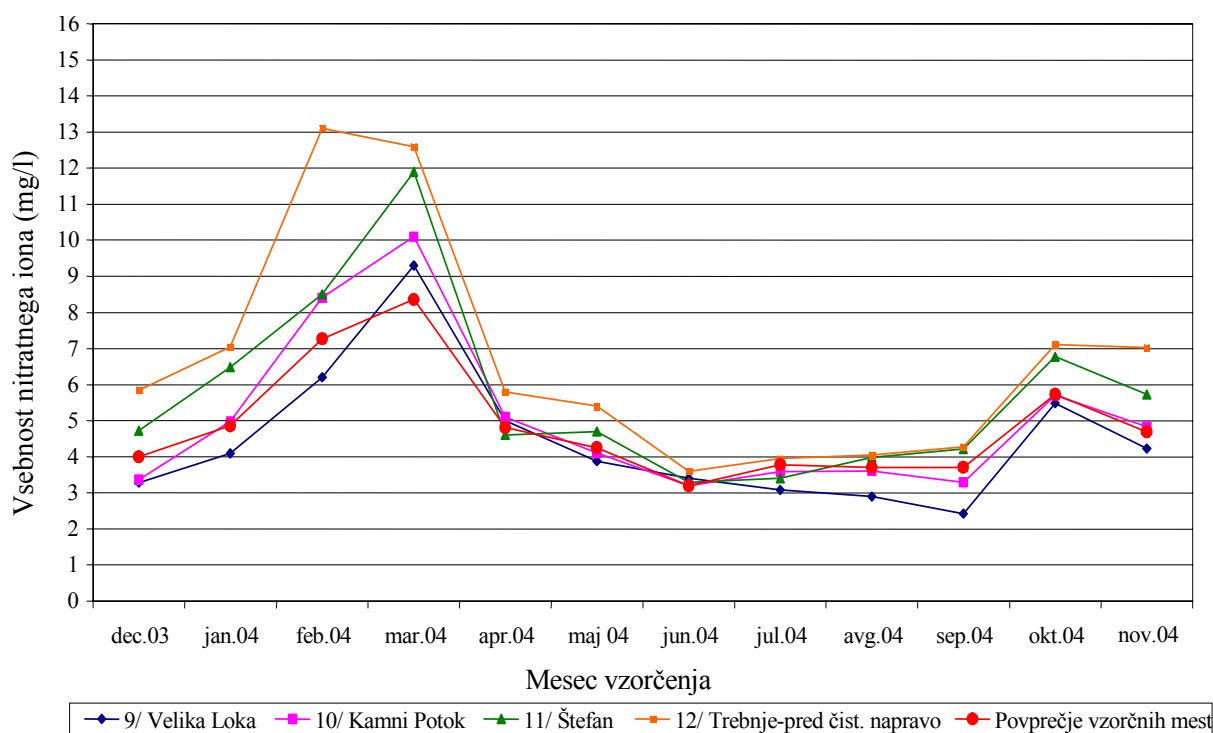
Priloga N1: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemni mesti 1/Javorje, 2/Sobrače 1 s povprečno vrednostjo.



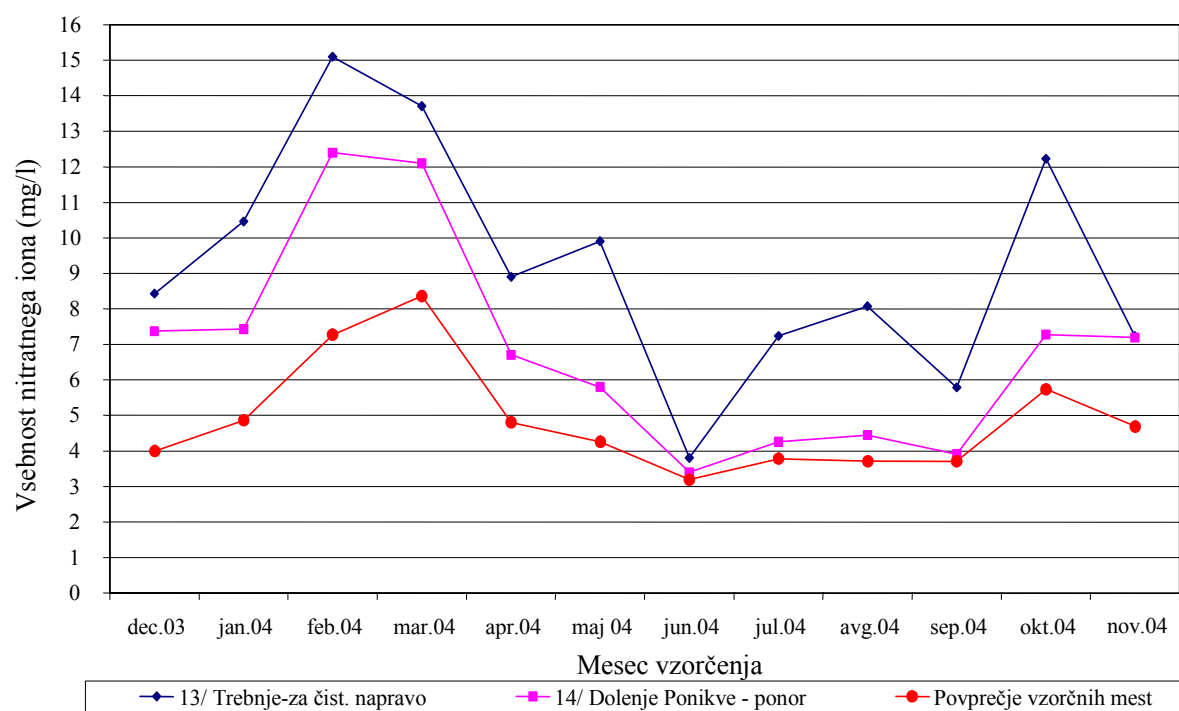
Priloga N2: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 2/Sobrače 2, 4/Radanja vas, 5/Dolenja vas pri Temenici s povprečno vrednostjo.



Priloga N3: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 6/ Breg pri Velikem Gabru, 7/Gorenje Prapreče, 8/Vrhovo pri Šentlovrencu in 9/Velika Loka s povprečno vrednostjo.



Priloga N4: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemna mesta 9/Velika Loka, 10/Kamni Potok, 11/Štefan, 12/Trebnje – pred čistilno napravo s povprečno vrednostjo.



Priloga N5: Gibanje vsebnosti nitratnega iona (mg/l) v obdobju dec. 2003 – nov. 2004 za zajemni mesti 13/Trebnje – za čistilno napravo, 14/Dolenje Ponikve – ponor s povprečno vrednostjo.

PRILOGA O

Izmerjen vodostaj (m) in pretok (m^3/s) reke Temenice na merilni postaji Rožni Vrh.

Dan meritve	Višina gladine (m)	Pretok (m^3/s)
18.12.03	0,58	0,03
14.1.04	0,68	0,35
10.2.04	0,60	0,06
18.3.04	1,20	2,58
22.4.04	0,80	0,8
20.5.04	0,70	0,37
18.6.04	0,70	0,37
19.7.04	0,68	0,35
17.8.04	0,66	0,14
17.9.04	0,64	0,15
18.10.04	1,86	6,28
10.11.04	0,88	1,12