

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in  
komunalno inženirstvo

Kandidatka:

**Maja Koprivšek**

## **Ekohidrološke raziskave na potoku Glinščica**

**Diplomska naloga št.: 60**

**Mentor:**

prof. dr. Mihael Jožef Toman

Ljubljana, 23. 6. 2006

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **MAJA KOPRIVŠEK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:  
**»EKOHIĐROLOŠKE RAZISKAVE NA POTOKU GLINŠČICA«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske  
separatoteke FGG.

Ljubljana, 23. junij 2006

**BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 504.4:556.53:627.15(043.2)  
**Avtor:** Maja Koprivšek  
**Mentor:** prof. dr. Mihael Jožef Toman  
**Naslov:** Ekohidrološke raziskave na potoku Glinščica  
**Obseg in oprema:** 100 str., 23 pregl., 70 sl., 3 pril.  
**Ključne besede:** rečni koridor, fizično spremenjen vodotok, samočistilna sposobnost, Glinščica

**Izvleček**

S povečevanjem števila mestnega prebivalstva so rečne koridorje predvsem v mestnih jedrih vedno bolj spreminjali za zagotavljanje poplavne varnosti in povečanje urbanih površin. V ta namen so gradili pregrade, vodne zadrževalnike, nasipe ter druge objekte na rečnih koridorjih, poleg tega pa so odstranjevali obrežno vegetacijo, strugo pa izravnali, nemalokrat tudi zabetonirali. Tako fizično spremenjeni vodotoki se v različnih fizikalnih, kemijskih in biotskih dejavnikih razlikujejo od naravnih vodotokov, kar seveda vpliva na samočistilno sposobnost takšnih vodotokov. Kako se ti dejavniki spremenijo z antropogenimi posegi v rečni koridor, smo ugotavljali na potoku Glinščica. Izbrali smo pet različnih vzorčnih mest vzdolž vodnega toka, ki se med seboj razlikujejo v stopnji fizične spremenjenosti. Prvo vzorčno mesto namreč leži na skoraj povsem nespremenjenem odseku rečnega koridorja, zadnji dve mesti pa na popolnoma togem odseku z betonskim koritom struge. Za primerjavo smo si izbrali še eno vzorčno mesto na pritoku Pržanec pred izlivom v Glinščico. V različnih letnih časih smo preučevali naslednje dejavnike: globino vode, hitrost vodnega toka, pretok vode, sestavo organskega in anorganskega substrata, temperaturo vode, koncentracijo raztopljenega kisika v vodi in nasičenost vode s kisikom, elektroprevodnost vode, pH vrednost, koncentracijo hranil, zbrali pa smo tudi vzorce obrasti in vodnih nevretenčarjev. Ugotovili smo, da se kakovost vode dolvodno zmanjšuje zaradi vse večjih posegov v rečni koridor. Kakovost vode je slabša predvsem na račun manjšega osenčenja struge, kar privede do povišane temperature vode, prevelike nasičenosti s kisikom ter povišane vrednosti pH v sončnih poletnih dneh. Zaradi izravnave in betoniranja struge pa pride do povečanja hitrosti vodnega toka, zmanjšanja globine vode in povečanja pretoka. Vse te spremembe se kažejo tudi v zmanjšanju vrstne diverzitete vodnih nevretenčarjev na fizično spremenjenih odsekih.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 504.4:556.53:627.15(043.2)  
**Author:** Maja Koprivšek  
**Supervisor:** prof. dr. Mihael Jožef Toman  
**Title:** Ecohydrological investigations on the Glinščica stream  
**Notes:** 100 p., 23 tab., 70 fig., 3 ann.  
**Key words:** stream corridor, physically changed streams, self-purification capacity, Glinščica

### **Abstract**

As the size of the urban population was increasing, stream corridors have become more and more physically changed to ensure flood safety and to increase urban surfaces. For this purpose dams, accumulations, banks and other objects on the stream corridors have been built. Besides, riparian vegetation has been removed; river corridors have been straightened and often made of concrete. In comparison with natural streams, physically changed river corridors have different values of physical, chemical and biotic parameters, which influence self-purification capacity of the streams. We were investigating in which way these parameters were modified due to human influenced changes to river streams on five sampling sites on the Glinščica stream. For comparison we took another sampling site on its tributary Pržanec. First sampling site is located in almost unregulated reach, whereas the other four in regulated reach. Last two sampling sites are located in the reach with concrete channel. Depth of the river, water flow and velocity, composition of organic and inorganic substratum, temperature, dissolved oxygen, conductivity, pH, nitrates and phosphates were studied and also samples of periphyton and macroinvertebrates were taken in all four seasons.

We have found out that downstream water quality decreases with increase of human-caused changes on the stream corridor. Water quality decreases mostly for the insufficiency of shading, which leads to increased water temperature, increased saturation with oxygen and increased pH on sunny summer days. Straightened and concrete river channels cause decreased depth of the river, increased water flow and velocity. All these changes have also got influence on decreased biodiversity of macroinvertebrates in physically changed river corridors.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Mihaelu Jožefu Tomanu, za koristne napotke in vsestransko pomoč pri izdelavi diplomske naloge in Branki Tavzes, mladi raziskovalki na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, za pomoč pri terenskem delu.

Zahvalila bi se tudi absolventkama biologije, Vesni Kereži in Eleni Štendler, za sodelovanje pri terenskih meritvah in izmenjavo podatkov ter Petru Simončiču za prevoz, fotografije in pomoč pri terenskem delu.

Hvala tudi mojemu bratu Mateju, ki mi je priskočil na pomoč ob vsakem nesporazumu z računalnikom, in seveda mojim staršem za vsestransko podporo v času študija.

Nenazadnje pa bi se rada zahvalila tudi sošolcem za nepozabna študijska leta.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNA IZHODIŠČA .....</b>	<b>3</b>
2.1	Rečni ekosistem.....	3
2.2	Fizikalni dejavniki.....	9
2.2.1	Globina .....	9
2.2.2	Hitrost vodnega toka .....	9
2.2.3	Pretok.....	11
2.2.4	Substrat .....	11
2.2.5	Temperatura .....	13
2.3	Kemijski dejavniki.....	13
2.3.1	Koncentracija raztopljenega kisika .....	13
2.3.2	Nasičenost vode s kisikom.....	15
2.3.3	Elektroprevodnost .....	15
2.3.4	pH vrednost.....	16
2.3.5	Svetloba .....	18
2.3.6	Hranilne snovi.....	18
2.3.7	Vonj.....	21
2.4	Biotski dejavniki .....	22
2.4.1	Perifiton (združba obrasti) .....	22
2.4.2	Makroinvertebrati.....	23
2.5	Primerjava značilnosti naravnih in fizično spremenjenih vodotokov .....	24
2.6	Spremembe na rečnem koridorju Glinščice.....	27
2.6.1	Prečni objekti .....	28
2.6.2	Izravnavna in kanaliziranje struge vodotoka .....	32
2.6.3	Odstranitev obrežne vegetacije .....	34
<b>3</b>	<b>METODE DELA IN ANALITSKE METODE .....</b>	<b>36</b>
3.1	Globina vode .....	36
3.2	Hitrost vodnega toka .....	36

---

3.3	Pretok .....	37
3.4	Substrat .....	38
3.5	Temperatura .....	38
3.6	Koncentracija raztopljenega kisika v vodi .....	38
3.7	Nasičenost vode s kisikom .....	40
3.8	Elektroprevodnost .....	40
3.9	pH .....	40
3.10	Nitrati .....	40
3.11	Fosfati .....	41
3.12	Vzorčenje perifitona .....	42
3.12.1	Izračun saprobnega indeksa .....	43
3.13	Vzorčenje makroinvertebratov .....	45
3.13.1	Diverzitetni indeksi .....	45
4	OPIS VZORČNIH MEST .....	50
4.1	Splošno o Glinščici .....	50
4.2	Vzorčna mesta .....	51
4.2.1	Vzorčno mesto GLIN 1 .....	51
4.2.2	Vzorčno mesto GLIN 2 .....	53
4.2.3	Vzorčno mesto GLIN 3 .....	54
4.2.4	Vzorčno mesto GLIN 4 .....	56
4.2.5	Vzorčno mesto GLIN 5 .....	57
4.2.6	Vzorčno mesto na pritoku Pržanec .....	59
5	REZULTATI IN KOMENTAR .....	61
5.1	Temperatura .....	64
5.2	Koncentracija kisika .....	66
5.3	Nasičenost s kisikom .....	68
5.4	Največja globina vode .....	70
5.5	Hitrost vodnega toka .....	72
5.6	Pretok .....	73
5.7	Prevodnost .....	74

<b>5.8</b>	<b>pH vrednost</b> .....	<b>76</b>
<b>5.9</b>	<b>Nitrati</b> .....	<b>77</b>
<b>5.10</b>	<b>Fosfati</b> .....	<b>79</b>
<b>5.11</b>	<b>Anorganski substrat</b> .....	<b>80</b>
<b>5.12</b>	<b>Organski substrat</b> .....	<b>81</b>
<b>5.13</b>	<b>Kakovost vode glede na fizikalne in kemijske parametre</b> .....	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>ANALIZA MAKROINVERTEBRATOV</b> .....	<b>89</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>95</b>
	<b>VIRI</b> .....	<b>98</b>



**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 2.1: Vrednosti koeficienta $K_p$ v odvisnosti od globine vode (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	10
Preglednica 2.2: Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	12
Preglednica 2.3: Razvrstitev organskih substratov (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	12
Preglednica 3.1: Vrednosti saprobnih indeksov in pripadajoči kakovostni razredi (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	44
Preglednica 3.2: Kvaliteta vode v odvisnosti od vrednosti diverzitetnega indeksa (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	47
Preglednica 3.3: Trent biotski indeks (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	48
Preglednica 3.4: Vrednosti Trent biotskega indeksa, izražene v smislu kakovostnih razredov (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	48
Preglednica 3.5: Vrednosti indeksov BMWP in ASPT s pripadajočimi kakovostnimi razredi (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	49
Preglednica 5.1: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 17.5.2005 .....	61
Preglednica 5.2: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 15.7.2005 .....	61
Preglednica 5.3: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 11.8.2005 .....	62
Preglednica 5.4: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 21.11.2005 .....	63
Preglednica 5.5: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 20. 3. 2006 .....	63
Preglednica 5.6: Sestava anorganskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec .....	80
Preglednica 5.7: Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 17. 5. 2005 .....	82
Preglednica 5.8: Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005 .....	83

Preglednica 5.9: Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 20.13.2006.....	84
Preglednica 5.10: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 17.5.2005 .....	86
Preglednica 5.11: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 15.7.2005 .....	86
Preglednica 5.12: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 11.8.2005 .....	86
Preglednica 5.13: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005 .....	87
Preglednica 5.14: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005 .....	87

**KAZALO SLIK**

Slika 2.1: Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodnega toka (vir: Toman, Osnove ekologije celinskih voda) .....	3
Slika 2.2: Spreminjanje življenjskih pogojev in življenjske združbe vzdolž rečnega toka (vir: Toman, Osnove ekologije celinskih voda).....	5
Slika 2.3: Shema poplavne ravnice (Povzeto po: Mitsch, Jørgensen, 2004) .....	7
Slika 2.4: Vertikalni gradient hitrosti v vodotoku (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	10
Slika 2.5: Spreminjanje vsebnosti naravnega sestona in polutantov v odvisnosti od pretoka (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	11
Slika 2.6: Dnevno-nočno spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika v organsko neobremenjenem (A) in organsko onesnaženem vodotoku (B) (Vir: Urbanič, Toman, 2003)	14
Slika 2.7: Ravnovesje med različnimi anorganskimi spojinami ogljika glede na pH vode (Vir: Urbanič, Toman, 2003) .....	17
Slika 2.8: Primerjava naravnega (levo) in fizično spremenjenega rečnega koridorja (desno)	24
Slika 2.9: Naravne rečne struge z različno stopnjo sinusoidnosti: (a) meandrirajoča struga, (b) ravna struga (Vir: Mitsch, Jørgensen, 2004).....	25
Slika 2.10: Primerjava meandriranja naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno).....	26
Slika 2.11: Primerjava prečnega profila naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno) ob visokem vodostaju .....	26
Slika 2.12: Primerjava prečnega profila naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno) ob nizkem vodostaju .....	27
Slika 2.13: Pregrada Saeltzer, pred porušitvijo (levo), po porušitvi (desno), pogled gorvodno (Vir: Ferry, Miller, 2003).....	31
Slika 3.1: Merjenje hitrosti vodnega toka (foto: Peter Simončič).....	36
Slika 3.2: Prečni prerez struge in parametri za izračun pretoka (Vir: Urbanič, Toman, 2003)	37
Slika 3.3: Merjenje koncentracije raztopljenega kisika in nasičenosti vode s kisikom (foto: Peter Simončič).....	39
Slika 3.4: Vzorčenje makroinvertebratov .....	45
Slika 4.1: Kategorizacija urejenosti vodotoka Glinščice (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> ) .....	50

Slika 4.2: Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 1 (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> )... 51	51
Slika 4.3: Vzorčno mesto GLIN 1 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno .....	52
Slika 4.4: Vzorčno mesto GLIN 1 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno .....	52
Slika 4.5: Vzorčno mesto GLIN 1 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno .....	52
Slika 4.6: Vzorčno mesto GLIN 1 dne 20. 3. 2005, pogled gorvodno .....	52
Slika 4.7: Vzorčno mesto GLIN 1 dne 20. 3. 2005, pogled dolvodno .....	52
Slika 4.8: Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 2 (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> )... 53	53
Slika 4.9: Vzorčno mesto GLIN 2 dne 15. 7. 2005 .....	53
Slika 4.10: Vzorčno mesto GLIN 2 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno .....	53
Slika 4.11: Vzorčno mesto GLIN 2 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno .....	54
Slika 4.12: Vzorčno mesto GLIN 2 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno .....	54
Slika 4.13: Vzorčno mesto GLIN 2 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno .....	54
Slika 4.14: Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 3 (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> ). 54	54
Slika 4.15: Vzorčno mesto GLIN 3 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno .....	55
Slika 4.16: Vzorčno mesto GLIN 3 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno .....	55
Slika 4.17: Vzorčno mesto GLIN 3 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno .....	55
Slika 4.18: Vzorčno mesto GLIN 3 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno .....	55
Slika 4.19: Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 4 (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> ). 56	56
Slika 4.20: Vzorčno mesto GLIN 4 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno .....	56
Slika 4.21: Vzorčno mesto GLIN 4 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno .....	56
Slika 4.22: Vzorčno mesto GLIN 4 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno .....	57
Slika 4.23: Vzorčno mesto GLIN 4 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno .....	57
Slika 4.24: Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 5 (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> ). 57	57
Slika 4.25: Vzorčno mesto GLIN 5 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno .....	58
Slika 4.26: Vzorčno mesto GLIN 5 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno .....	58
Slika 4.27: Vzorčno mesto GLIN 5 dne .....	58
Slika 4.28: Vzorčno mesto GLIN 5 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno .....	58
Slika 4.29: Aeroposnetek vzorčnega mesta na pritoku Pržanec (Vir: <a href="http://kremen.arso.gov.si/nvatlas">http://kremen.arso.gov.si/nvatlas</a> ) .....	59
Slika 4.30: Vzorčno mesto na Pržancu dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno.....	60
Slika 4.31: Vzorčno mesto na Pržancu dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno .....	60

---

Slika 5.1: Temperatura vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	65
Slika 5.2: Koncentracija kisika na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	67
Slika 5.3: Nasičenost s kisikom na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	69
Slika 5.4: Največja globina vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh .....	70
Slika 5.5: Največja hitrost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh .....	72
Slika 5.6: Pretok vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v štirih različnih dneh.....	73
Slika 5.7: Elektroprevodnost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh .....	75
Slika 5.8: pH vrednost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh .....	77
Slika 5.9: Koncentracija nitratnih ionov na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	78
Slika 5.10: Koncentracija fosfatnih ionov na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	79
Slika 5.11: Primerjava anorganskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec.....	80
Slika 5.12: Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 17.5.2005.....	82
Slika 5.13: Potopljeni makrofiti na vzorčnem mestu GLIN 2 dne 21.11.2005.....	83
Slika 5.14: Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005.....	84
Slika 5.15: Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 20.3.2006.....	85
Slika 5.16: Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh.....	87
Slika 6.1: Bray-Curtisova matrika (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004).....	90

Slika 6.2: Shannon-Wienerjeva diverzitetna vrednost na posameznih vzorčnih mestih (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004) .....	91
Slika 6.3: Vrednost indeksa BMWP na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004).....	92
Slika 6.4: Število taksonov EPT na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004).....	92
Slika 6.5: Delež taksonov EPT na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004).....	93
Slika 6.6: Vrednost saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004) .....	94

**KAZALO PRILOG**

**PRILOGA A:** Koncentracija v vodi raztopljenega kisika pri 100 % nasičenosti v odvisnosti od temperature (vzeto iz Urbanič, Toman, 2003, ki sta priredila po Tuesdal, Downing & Lowden)

**PRILOGA B:** Podatki o temperaturah zraka, padavinah in trajanju sončnega obsevanja (Vir: ARSO, Mesečni bilteni)

**PRILOGA C:** Prečni prerezi posameznih vzorčnih mest v času petih meritev

**PRILOGA D:** Vrstna sestava in relativna abundanca makroinvertebratov na izbranih vzorčnih mestih (Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

**PRILOGA E:** Mejne vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov v Sloveniji (vzeto iz Urbanič, Toman, 2003, ki sta privzela iz UR. L. SFRJ št. 6, 1978)

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

$a_n$	površina n-tega dela prečnega prereza struge ( $m^2$ )
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ASPT	povprečna vrednost vseh taksonov indeksa BMWP
BMWP	Biological monitoring working party
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera in Trichoptera
$G$	indikatorska vrednost taksona
$g_n$	globina vode na vzorčni točki »n« (m)
$h$	indeks relativne abundance
$H'$	diverziteta
$K_p$	koeficient odvisnosti površinske hitrosti in globine vode
P	produkcija
$p_i$	delež taksona »i«
$Q_n$	pretok skozi n-ti del prečnega prereza ( $m^3/s$ )
R	respiracija
$r_n$	oddaljenost vzorčne točke »n« od brega (m)
$s$	saprobna vrednost
S	saprobni indeks
SI	moderni saprobni indeks
TBI	Trent biotski indeks
$V_{por}$	hitrost vodnega toka na površini (m/s)
$V_{pov}$	povprečna hitrost vodnega toka (m/s)
$V_{pov(n)}$	povprečna hitrost vodnega toka na vzorčni točki »n« (m/s)



## 1 UVOD

Na ekološki status vodotoka vplivajo različni fizikalni, kemijski in biotski dejavniki, ki se vzdolž vodnega toka značilno spreminjajo. Na te dejavnike pa močno vpliva tako antropogeno onesnaženje vode kot tudi spreminjanje rečnih koridorjev, na primer izravnavo in kanaliziranje struge, gradnja nasipov in s tem ožjenje rečnega koridorja ter izkoriščanje poplavnih ravnice za potrebe kmetijstva ali celo poselitve, gradnja jezov za pridobivanje električne energije in podobno. Vsi ti posegi v rečni koridor so se skozi zgodovino povečevali. S povečevanjem števila mestnega prebivalstva so rečne koridorje v urbanih središčih zožili na minimum, poplavne ravnice pa so pozidali. Gradili so nasipe, jezove, zapornice in druge objekte za povečanje poplavne varnosti, samo strugo pa so preuredili v obliko hidravlično najugodnejšega korita, da je voda čim hitreje odtekla z urbanega območja. V samih mestnih jedrih so ostenje rečnega korita največkrat celo zabetonirali, s čimer so zagotovili zelo majhno hrapavost in s tem veliko hidravlično prevodnost.

Večina antropogenih posegov v vodni ekosistem zelo zmanjša pestrost življenjskega prostora, ki je tako primeren le za manjše število vrst, kar privede do zmanjšanja vrstne diverzitete, lahko pa celo do odsotnosti katere izmed populacij ekosistema, ki jih delimo na proizvajalce, potrošnike in razgrajevalce. Prisotnost vseh treh populacij je pogoj za popolno biološko samočiščenje, če pa ena izmed teh skupin manjka, je samočiščenje nepopolno. Ponavadi manjkajo proizvajalci, ki so odsotni v globinah površinskih voda in v podzemnih vodah, kjer ni sončnega sevanja, in tudi v vodotokih z betonsko strugo, kjer ni primerne substrata, na katerega bi se pritrdili. Poleg tega je samočistilna sposobnost vodotoka odvisna tudi od temperature, pH vrednosti, količine hranil, vsebnosti kisika, količine blata na dnu, površine odvodnika in naselitvenega prostora na dnu; vsi ti dejavniki pa se z reguliranjem vodotokov spreminjajo. V diplomskem delu poskušam ugotoviti na kakšen način in v kolikšni meri antropogene spremembe na rečnih koridorjih vplivajo na te dejavnike in posledično na samočistilno sposobnost vodotoka, v mojem primeru na potok Glinščico.

Opazovani potok Glinščica se od izvira do izliva spreminja glede na kategorizacijo urejanja vodotokov od naravnega vodotoka na izvornem delu do tehnično urejenega vodotoka v spodnjem toku pred izlivom v Gradaščico. Vzorčne točke smo si izbrali na odsekih Glinščice,

ki so med sabo različni glede fizične spremenjenosti vodotoka. Popolnoma naravna struga je le še čisto na izvornem delu nad vasjo Glinica, kjer nismo imeli nobene vzorčne točke. Prvo vzorčno mesto smo si izbrali tik nad naseljem Podutik, kjer je Glinščica sonaravno urejena. Sledi delno togo urejen odsek, nato spet krajši sonaravno urejen odsek ter tehnično urejen odsek. Dolvodno od Podutika in začetka tlakovanja dolvodno od Brdnikove ceste, je naravno do tehnično urejen vodotok, kar pomeni, da je bil v preteklosti vodotok klasično reguliran, kasneje pa se je zarasel in je nastal sekundarni biotop. Na tem odseku smo imeli dve vzorčni mesti, eno na sredini odseka, drugo pa med sotočjem s Pržancem in začetkom tlakovanega dna struge. Eno vzorčno mesto je bilo tudi na Pržancu, nekoliko gorvodno od izliva v Glinščico. Le nekoliko dolvodno od tretjega vzorčnega mesta na Glinščici, se začne togo urejen odsek vodotoka s tlakovanim dnom struge, ki je tako vse do izliva v Gradaščico. Na tem odseku smo imeli dve vzorčni mesti: eno ob Biotehniški fakulteti, drugo pa tik pred izlivom v Gradaščico na Viču.

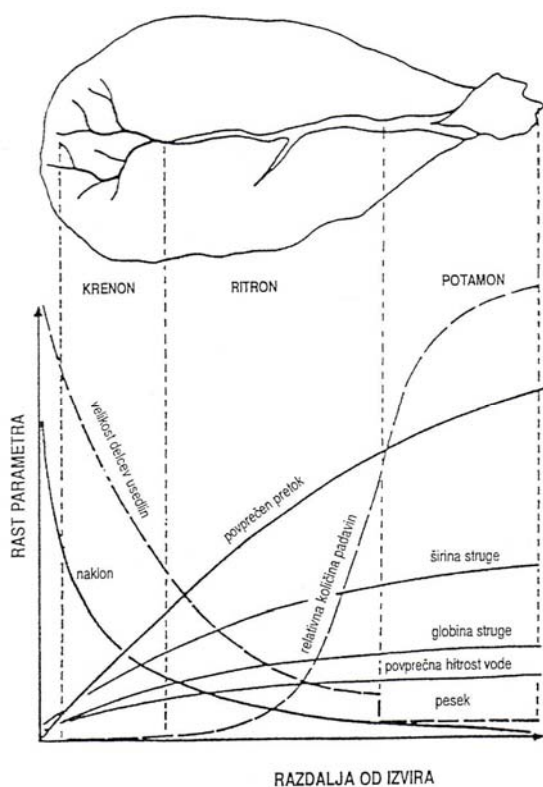
Na teh vzorčnih mestih smo v različnih letnih časih opazovali in merili različne fizikalne, kemijske in biotske dejavnike, in sicer: globino vode, hitrost vodnega toka, pretok vode, sestavo organskega in anorganskega substrata, temperaturo vode, koncentracijo raztopljenega kisika v vodi in nasičenost vode s kisikom, elektroprevodnost vode, pH vrednost, koncentracijo hranil ter zbrali vzorce perifitona in makroinvertebratov. Rezultate smo med seboj primerjali, da bi ugotovili, kako spreminjanje rečnih koridorjev vpliva na kakovost vodotoka.

## 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 2.1 Rečni ekosistem

K lotičnim sistemom spadajo potoki in reke, od lentičnih pa se razlikujejo po usmerjenem turbulentnem toku, močnih erozijskih pojavih in heterogeni strukturi rečnih usedlin (Toman, 1995). Vsi ti parametri se vzdolž rečnega toka značilno spreminjajo (Slika 2.1) in vplivajo na življenjsko združbo, ki se prav tako spreminja vzdolž toka (Slika 2.2). Zato vodni tok ločimo na tri dele:

- krenon (izvirni del),
- ritron (osrednji tok) in
- potamon (nižinski tok).



**Slika 2.1:** Spreminjanje fizikalnih dejavnikov vzdolž vodnega toka (vir: Toman, Osnove ekologije celinskih voda)

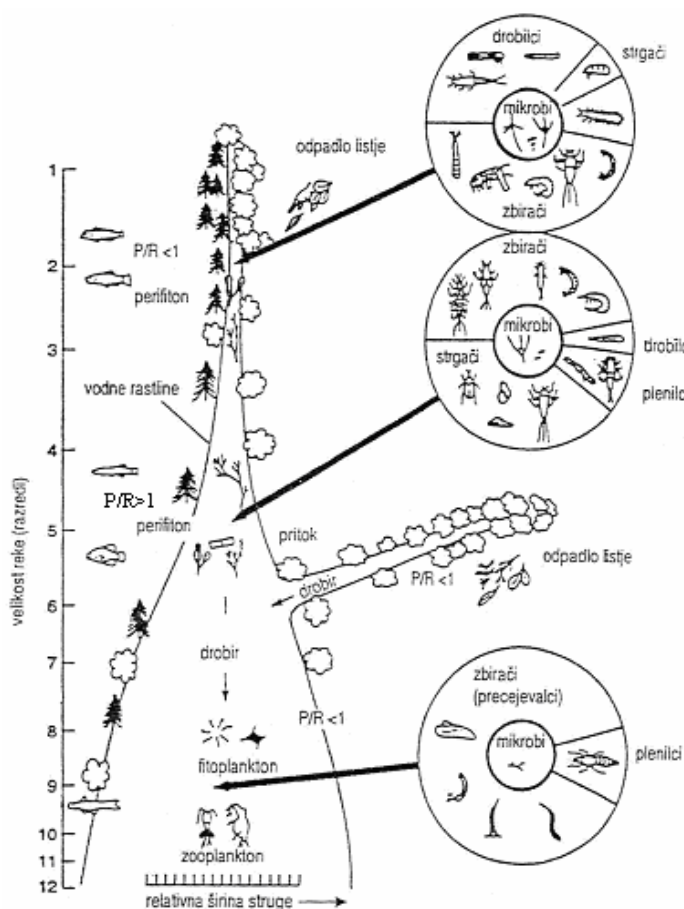
Naklon oziroma padec struge je praviloma največji na izvornem delu nato pa eksponentno upada z oddaljevanjem od izvira. Temu pravimo ravnotežni profil vodotoka. V naravi popolnoma ravnotežnega profila vodotoka seveda ni, pač pa prihaja do odstopanj zaradi različne geološke zgradbe in tektonskega gibanja (dviganje in spuščanje geološke podlage). Vodotoki pa seveda tudi sami preoblikujejo površje z erozijo in si tako utirajo najlažjo pot do izliva v morje. Najpomembnejša je globinska erozija, ki je najizrazitejša v zgornjem toku, in vodi v nastanek slapov ter sotesk, kanjonov, vintgarjev ter ostalih oblik rečnih dolin. V srednjem toku je zelo izrazita tudi bočna erozija, s katero se širi struga vodotoka, z njim pa tudi celotna rečna dolina.

Le nekoliko počasneje kot naklon se z oddaljenostjo od izvira zmanjšuje tudi velikost delcev usedlin, saj je le-ta tudi odvisna tudi od naklona struge. Na izvornem delu substrat predstavlja večji prodniki in skale. Ko se naklon zniža, vodotok nima več dovolj energije za prenos večjih delcev, zato se le-ti odlagajo. Do nižinskega predela tako pripotujejo le še najdrobnejši delci. Poleg tega pa se večji delci med potovanjem po vodotoku drobijo in tako v nižinski tok prispejo v obliki drobnih delcev.

Povprečna hitrost vodnega toka se z oddaljenostjo od izvira le malo povečuje. Najhitreje se povečuje na izvornem delu, nato pa se poveča le še malo, saj je padec dna struge vedno manjši. Tudi globina vode se od srednjega toka dalje le malo spreminja, bolj pa se spreminja širina struge, tako v izvornem kot tudi v srednjem toku. Povprečen pretok vode je neposredno odvisen od povprečne hitrosti vodnega toka ter globine in širine struge. Ker se vsi ti dejavniki vzdolž toka povečujejo, se seveda povečuje tudi pretok. Zadnji trije dejavniki so odvisni predvsem od količine padavin, ki pade na porečje. Ker se le-ta po toku navzdol povečuje, se povečujejo tudi omenjeni dejavniki.

Rastline in živali so na različne načine prilagojeni na hitrost vodnega toka. Alge se prilagajajo na primer z elastičnimi steljki, galertastimi prevlekami ali z rizodialno celico. Živali pa se prilagajajo s sploščenostjo, obtežitvijo, skrivanjem med prodniki, z nitmi, s katerimi se prilepijo na kamenje, ali pa s sploščeno nogo ali priseski.

Najpomembnejši združbi v tekočih vodah sta združba perifitona ali obrasti in združba velikih nevretenčarjev ali makroinvertebratov. Med perifiton uvrščamo bakterije, glive, alge in drobne metazoje, ki se nahajajo na dnu rečne struge. Perifiton ima pomembno vlogo pri samočistilnih procesih, kroženju snovi in pretoku energije. Vrstna sestava perifitona se spreminja vzdolž toka, z letnimi časi in glede na substrat na dnu. Med makroinvertebrate pa uvrščamo različne vrste ličink žuželk, vrtinčarje, polže, nižje rake, pijavke, maloščetince in druge, glede načina prehranjevanja pa jih delimo na: drobilce, strgače alg, zbirачe ali precejevalce, zbirачe drobirja in plenilce. Pri makroinvertebratih je pomembno plavljenje, to je pomikanje živali in alg po toku navzdol kot posledica hitrega toka vode. Plavljenje je lahko katastrofično, vedenjsko ali razporeditveno, organizmi pa ga s prej omenjenimi prilagoditvami zmanjšujejo. Združbi perifitona in makroinvertebratov pa sta pomembni še zaradi številnih vrst, ki jih uvrščamo med indikatorske vrste za ugotavljanje kakovosti vode.



**Slika 2.2:** Spreminjanje življenjskih pogojev in življenjske združbe vzdolž rečnega toka (vir: Toman, Osnove ekologije celinskih voda)

V krenalnem delu vodotoka pride največ organskih snovi v vodne ekosisteme iz kopenskih ekosistemov. Razmerje med produkcijo in respiracijo je na tem delu vodotoka manjša od ena. Biodiverziteta je limitirana z nizko temperaturo, malo svetlobe in nizko količino hranil. Organska snov je reducirana, ker potuje dolvodno. Med favno prevladujejo makroinvertebrati (drobilci in strgači). Perifitonska združba je zelo slabo razvita, kar se odrazi tudi v zastopanosti prehranjevalnih skupin makroinvertebratov. Skoraj polovica se jih namreč prehranjuje z detritom.

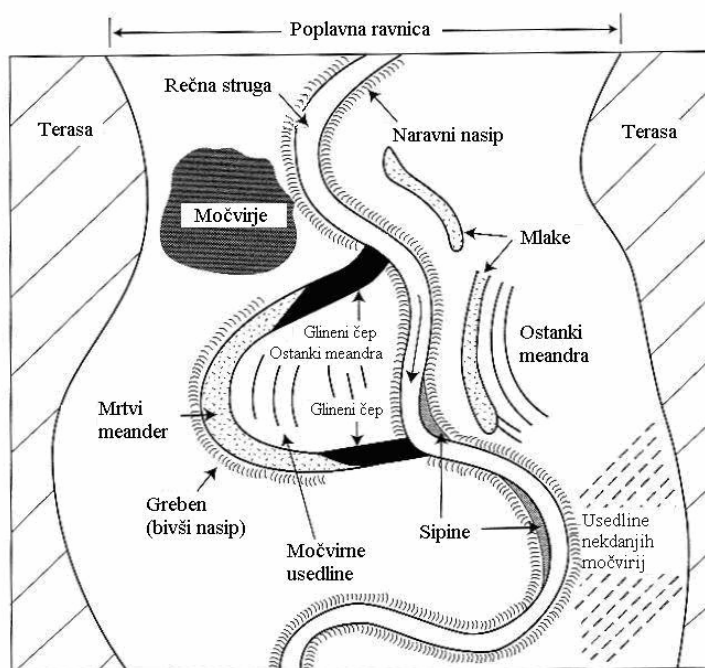
V ritralnem toku je več svetlobe, fitoplankton uspeva in biodiverziteta narašča. Produkcija je tu večja od respiracije ( $P/R > 1$ ). Organska snov, ki priteka v ta del, je fina. Zelo se poveča združba perifitona, zato se med prehranjevalnimi skupinami poveča delež strgačev, ki se hranijo s perifitonom.

V potamonalnem toku je povečan vnos plavja, poveča se raznolikost hrane in razmerje med produkcijo in respiracijo je zopet manjše od ena. Vnosi s kopnega so ponavadi bolj hranljivi kot dobro predelan material z gorvodnega odseka. V velikih vodotokih se hranila hitro porabijo in predelajo, v majhnih pa počasi. Potamonalni del še posebej pri velikih vodotokih postaja podoben jezerskemu ekosistemu, kjer je treba upoštevati tudi vertikalno spreminjanje posameznih dejavnikov.

Rečnega sistema pa ne smemo obravnavati samo vzdolž toka, saj imajo na vodotok zelo velik vpliv tudi zaledje, rečni meandri in poplavne ravnice. Koncept cikličnega poplavljanja (Mitsch, Jørgensen, 2004) upošteva tudi te dejavnike. Poplavne ravnice so zelo pomembne zaradi izmenjave hranil med vodnim in terestričnim ekosistemom.

Ko je vodostaj najnižji, se ribe začnejo drstiti. Vse kopenske rastline (enoletnice, trajnice in gozd poplavnih ravnice) so na kopnem. Ko se vodostaj veča, živali sledijo premikajočemu se litoralu in ker je prostora vedno več, je produkcija rib in makroinvertebratov velika. Prihaja do izmenjave hranil med reko in pravkar poplavljenim bregom. Produkcija vodne vegetacije je največja, kopenska vegetacija pa se razkraja v odmrle organske snovi, ki so hrana nekaterim vodnim organizmom. Ko je vodostaj najvišji, se mlade in odrasle ribe razkropijo in hranijo. Biomasa emergentnih makrofitov je maksimalna. Na dnu upade koncentracija

raztopljenega kisika, lahko pride celo do anoksičnih pogojev in visoke koncentracije vodikovega sulfida. Potopljen je tudi gozd na poplavnih ravninah. Ko se vodostaj niža, se ribe pomikajo v predele z globljo vodo. Pride do mineralizacije hranil iz razgradnje. Vodne rastline se razkrajajo, kalijo pa kopenske rastline, ki rastejo na vlažnih zemljiščih. Ko se vodostaj še zniža, ribe migrirajo v glavni kanal in tolmane. Hranila se koncentrirajo v reki, sedimenti se utrdijo. Ponovno se razrastejo kopenske trave in grmi.



Slika 2.3: Shema poplavne ravnice (Povzeto po: Mitsch, Jørgensen, 2004)

Značilnosti tipične naravne poplavne ravnice (Slika 2.3):

1. Rečna struga meandrira skozi območje in pri tem transportira, erodira in odlaga rečne sedimente.
2. Naravni nasipi blizu rečnega korita so iz grobih materialov, ki se odložijo, ko reka prestopi bregove. Proti reki padajo strmo, proti poplavni ravnici pa položno in so običajno najvišja točka poplavne ravnice.
3. Na notranji strani meandra se nalagajo sedimenti. Ko se odlagajo sedimenti, se ukrivljenost meandra povečuje. Na odloženih sedimentih se razraste vegetacija in jih stabilizira kot del poplavne ravnice.

4. Na konveksni strani zavoja so dolinice in grebeni. Nastali so iz sedimentov zaradi vodnega toka prečno na poplavno ravnico. Ta tip terena imenujemo tudi »topografija grebenov in dolin«.
5. Mrtvi meandri so telesa s stoječo vodo, ki so se odcepila od struge, ko je reka našla krajšo pot. So nekdanji meandri. Ponavadi iz njih nastanejo globoka barja ali močvirja, ki so ob poplavah v stiku z reko, med obdobjem nizkih pretokov pa ne.
6. Mlake (lokve) so območja »mrtve« vode, ki se formirajo v zavojih meandrov in vzdolž sten na robu doline. V njih se lahko formirajo tudi globoka barja.
7. Nekdanja močvirja so mesta odlaganja finih sedimentov med naravnim nasipom in teraso.
8. Teraso so zapuščene poplavne ravnice, ki so lahko zgrajene iz rečnih naplavin, ampak niso hidrološko povezane s sedanjo reko (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Z gradnjo nasipov ter izkoriščanjem poplavnih ravnice za poljedelstvo in poselitev je prekinjeno ciklično poplavljanje reke in s tem tudi izmenjava hranil med rečnim in kopenskim ekosistemom, kar vodi v poslabšanje kvalitete vode. To so ugotovili tudi na reki Olentanghy v ZDA, zato so leta 1996 umetno ustvarili mokrišče kot mrtvi meander, ki periodično dobiva vodo iz reke Olentanghy, ko je gladina vode v reki višja kot v močvirju. Ko gladina vode v reki upade, pa zapornica preprečuje, da bi voda iz mokrišča stekla nazaj v reko. Na koncu mokrišča se voda preko kontrolnega jezua ponovno vrne v reko. Po vzpostavitvi poplavljanja mrtvega meandra oziroma mokrišča so ugotovili, da so mokra obdobja znatno daljša kot je kritično število dni, ko mora biti močvirje pod vodo, splošni trend vodnih gladin pa sledi padavinskim razmeram z viškom pozimi in spomladi ter upadom v poznem poletju. Poplave prinašajo hranila, sedimente in semena ter majhne organizme v močvirski ekosistem, s tem pa se zviša kvaliteta vode v vodotoku. Med poplavami se je količina topnega reaktivnega fosforja znižala na 74 %, nitratov pa na 77 % (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Na isti reki so restavriral tudi gozd na poplavni ravnici, kjer sta bila zgrajena nasipa za preprečevanje poplav. S tem pa so se poplave le preselile dolvodno, kakovost gozda in reke pa se je poslabšala, zato so se odločili nasipa odstraniti. Ker celotnih nasipov niso mogli odstraniti zaradi velikih stroškov in okoljskih zahtev, so naredili vanju 4 zareze, tako da reka lahko ponovno poplavlja. Še nekaj desetletij bo preteklo preden se bo spremenila vegetacija in posledično ekologija gozda. Zaradi izmenjave materiala med kopnim in reko, pa ne bo na



kakovosti pridobil le gozd, temveč tudi reka. Torej se bosta reka in gozd ekološko izboljšala, dolvodno prebivalstvo pa bo čutilo pozitivne posledice ublažitve dolvodnih poplav. Morda se bo povečala tudi kvaliteta vode v reki in prehranjevalna mreža (Mitsch, Jørgensen, 2004).

## **2.2 Fizikalni dejavniki**

### **2.2.1 Globina**

Globina vode je odvisna od količine padavin in deleža neprepustnih površin v zaledju. Vpliva na gladino podtalnice. Če je vodostaj vodotoka nižji od gladine podtalnice, podtalnica teče v vodotok, če je vodostaj višji od gladine podtalnice, pa to povzroči tok vode iz vodotoka v podtalnico. V primeru, da je površinska voda slabše kakovosti kot podtalnica, ta izmenjava zelo poslabša kakovost podtalnice. Če je vodotok zelo dobre kakovosti, v zaledju pa so kmetijske površine, se pa lahko zgodi obratno in podtalnica onesnaži vodotok, kadar je njena gladina višja od vodostaja vodotoka. V jezerih in globokih rekah so od globine močno odvisni naslednji parametri: svetloba, temperatura, elektroprevodnost, kisik, pH in vsebnost hranil. Pri manjših vodotokih se vpliv globine na te parametre ne pozna, pač pa se ti parametri spreminjajo vzdolž toka. Na osnovi izmerjene globine vode lahko določimo vodnatost vodotoka.

### **2.2.2 Hitrost vodnega toka**

Vodni tok je najpomembnejši abiotski dejavnik v tekočih vodah. Hitrost vodnega toka v vodotokih se spreminja dnevno, sezonsko ter od leta do leta in je močno povezana s hidrometeorološkimi dejavniki in naravo prispevnega območja. Odvisna je namreč od širine struge, naklona, globine, oblike rečnega dna in se poveča ob povečanju pretoka. Spreminja pa se tudi vzdolž toka, zato sta čas in mesto opravljanja meritev zelo pomembna. Hitrost tudi na prečnem profilu struge ni enotna, pač pa je največja na gladini, in sicer na mestu, kjer je globina največja, zaradi trenja pa se zmanjšuje proti dnu in stenam struge. Za povprečno hitrost vzamemo hitrost na 6/10 struge, ki je bila empirično določena in velja za večino

vodotokov (Slika 2.4). Če merimo hitrost vodnega toka na površini, lahko povprečno hitrost izračunamo po naslednji enačbi:

$$V_{pov} = V_{por} \cdot K_p, \text{ kjer je:} \quad (2.1)$$

$V_{pov}$ ...povprečna hitrost (m/s),

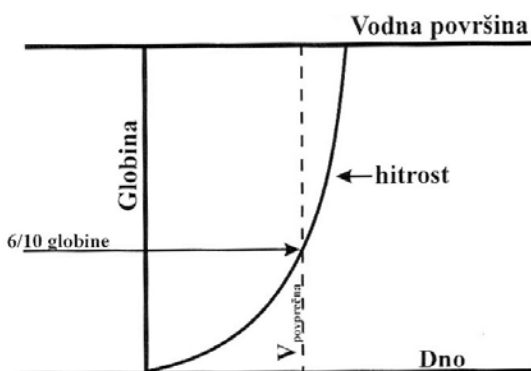
$V_{por}$ ...hitrost na površini (m/s) in

$K_p$ ...koeficient odvisnosti površinske hitrosti in globine vode (Preglednica 2.1).

**Preglednica 2.1:** Vrednosti koeficienta  $K_p$  v odvisnosti od globine vode (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Globina vode (m)	Koeficient $K_p$
0,5	0,67
1,0	0,70
2,0	0,76
3,0	0,77
5,0	0,79
6,0 in več	0,80

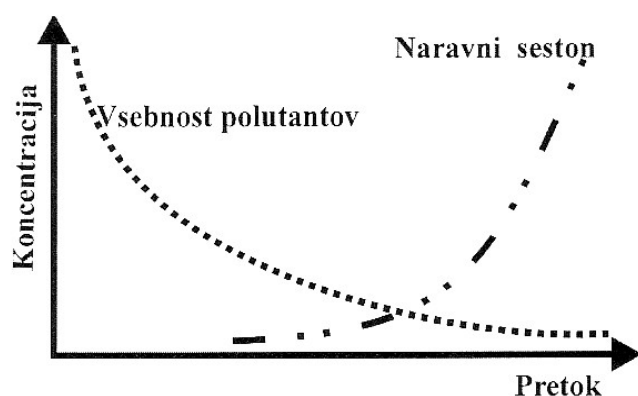
Največje hitrosti v vodotokih so 2 – 3 m/s, v naših gorskih potokih in rekah pa dosegajo hitrosti od 0,5 do 1 m/s. Hitrost vodnega toka je za rečni ekosistem zelo pomembna, saj vpliva na samočistilno sposobnost vodotoka in na čas potovanja polutantov, oblikuje rečno dno in določa strukturo življenjskih združb. Močno vpliva tudi na kemijske dejavnike, posebno raztapljanje plinov iz zraka (Toman, Osnove ekologije celinskih voda).



**Slika 2.4:** Vertikalni gradient hitrosti v vodotoku (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

### 2.2.3 Pretok

Pretok je količina vode, ki v določenem času preteče skozi določen prečni prerez struge vodotoka. Prav tako kot globina vode, je tudi pretok vode odvisen od količine padavin in deleža nepropustnih površin v zaledju. Pretok vpliva na količino suspendiranih in raztopljenih snovi v vodi. Količina naravnega sestona se zaradi večje erozije brežin eksponentno povečuje, količina snovi, ki v vodo prihajajo iz razpršenih ali točkovnih virov (odpadne vode), pa se z večanjem pretoka zmanjšuje zaradi razredčenja (Slika 2.5). Poznavanje pretoka nam omogoča oceno toka in razširjanja polutantov.



Slika 2.5: Spreminjanje vsebnosti naravnega sestona in polutantov v odvisnosti od pretoka (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

### 2.2.4 Substrat

Substrat oz. usedline v tekočih vodah so zaloga hrane, toksičnih snovi in življenjski prostor za organizme. Substrat ima v vodnem okolju pomembno vlogo pri kroženju elementov, saj vpliva na transport hranilnih snovi kot tudi polutantov in sodeluje pri izmenjavi snovi z vodo. Delci substrata so različne velikosti, ki pa imajo tudi različen ekološki vpliv ter različen vpliv na transport. Substrat delimo na organski in anorganski.

Velikost anorganskih delcev substrata lahko klasificiramo na različne načine, pri ekološkem vrednotenju vodotokov v Evropski uniji pa uporabljajo klasifikacijo, ki je prikazana v Preglednici 2.2.

**Preglednica 2.2:** Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Kategorija	Opis	Premer delcev [cm]
Megalital	Skale	>40
Makrolital	Veliki kamni	20 – 40
Mezolital	Majhni kamni	6 – 20
Mikrolital	Veliki prodniki	2 – 6
Akal	Majhni in srednji prodniki	0,2 – 2
Psamal	Pesek in blato	0,006 – 0,2
Agrilal	Mulj, glina	<0,006

Med organski substrat pa spadajo različno veliki organski ostanki, ki prihajajo v vodotok bodisi iz vodnih bodisi iz terestričnih ekosistemov. V širšem pomenu besede substrat predstavljajo tudi živi organizmi v vodnem okolju. V Preglednici 2.3 je predstavljena razdelitev, ki se uporablja pri ekološkem vrednotenju vodotokov v Evropski uniji.

**Preglednica 2.3:** Razvrstitev organskih substratov (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Kategorija	Opis
Alge	Nitaste alge, kosmi alg
Potopljeni makrofiti	Cvetnice, hare, mahovi
Emergentni makrofiti	Šaši, trst, rogoz, ježki itd.
Živi deli kopenskih rastlin	Majhne korenine, plavajoči deli obrežne vegetacije
Ksilal (les)	Debla, veje, odmrle korenine
Večji odmrli organski delci (CPOM)	Delci >1 mm, npr. odpadlo listje, iglice
Manjši odmrli organski delci (FPOM)	Delci v velikosti od 0,45 µm do 1 mm
»Sewage fungus«	Heterotrofne saprofitske bakterije

Na vrsto in velikost anorganskega in organskega substrata vplivajo hidrološke razmere in erozijski procesi. Predvsem živi del organskega dela substrata pa je prisoten zaradi biotske aktivnosti v vodotoku.

## **2.2.5 Temperatura**

Temperatura vodnih teles se spreminja v odvisnosti od sezonskih sprememb temperature zraka, pri nekaterih vodnih telesih pa se pojavlja tudi dnevno – nočno nihanje temperature. Poleg tega na temperaturo v vodotokih vplivajo tudi pritoki, odtoki in podtalnica. Na zvišanje temperature vode najbolj vpliva absorpcija sončnega sevanja v vodi, na raztopljenih organskih snoveh in suspendiranih delcih. Zato je zelo pomembna zasenčenost vodne gladine, ki segrevanje vode zelo omeji. Oddajanje toplote iz zraka in usedlin sta veliko manj pomembna vira toplotne energije.

Temperatura vode ima neposreden vpliv na fizikalne, kemijske in biotske procese ter posledično na vrednosti mnogih parametrov. Višanje temperature povzroči pospešitev kemijskih reakcij in izhlapevanja, zavira pa topnost nekaterih plinov v vodi, kot so na primer kisik, ogljikov dioksid, dušik in metan. Pri metabolizmu organizmov vpliva zvišana temperatura na zvišano stopnjo respiracije, s tem se porabi več kisika, pospeši pa se tudi dekompozicija organskih snovi. Zviša se stopnja rasti, ki je najopaznejša pri fitoplanktonu in bakterijah, zato voda postane motna. Pri višji temperaturi tudi makrofiti hitreje rastejo in če je v vodi tudi dovolj hranil, pride do cvetenja alg.

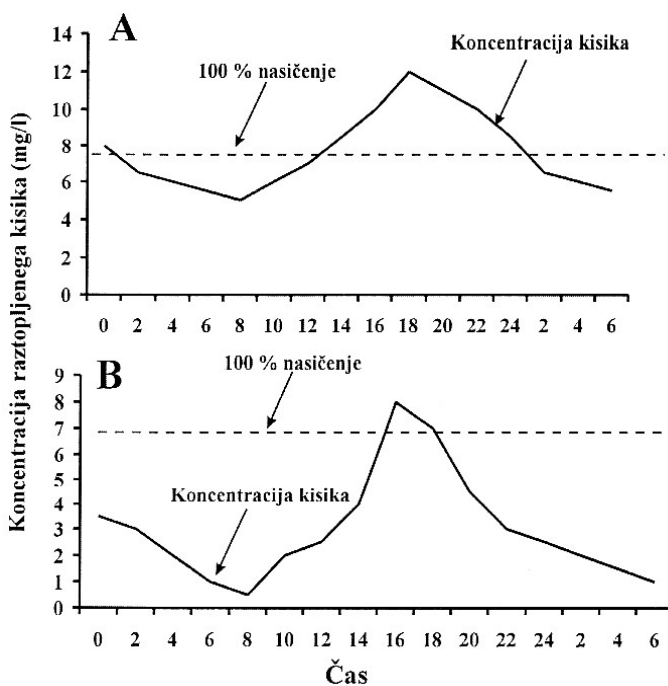
Temperatura vode je na izviru približno enaka povprečni letni temperaturi kraja izvira. Z oddaljevanjem od izvira pa se vedno bolj spreminja, in sicer sezonsko v odvisnosti od temperature zraka z zimskim minimumom in poletnim maksimumom. Do povišanja temperatur pa lahko pride tudi z izpustom hladilnih vod, čemur pravimo toplotno onesnaženje.

## **2.3 Kemijski dejavniki**

### **2.3.1 Koncentracija raztopljenega kisika**

Prosti kisik v vodi je nujno potreben za življenje aerobnih organizmov. Koncentracija kisika pa se spreminja v odvisnosti od fizikalnih, kemijskih in bioloških dejavnikov v vodi, kot so

temperatura, atmosferski tlak, slanost, turbulenca, hitrost vodnega toka, globina vode, sedimenti v vodi, fotosintezna aktivnost primarnih producentov in respiratorna aktivnost življenjske združbe. Topnost kisika se manjša z naraščanjem slanosti in temperature, povečuje pa se z naraščanjem turbulence. Na končno koncentracijo kisika pa bistveno vplivata primarna produkcija zelenih rastlin, ki koncentracijo raztopljenega kisika povečuje, in razgradnji procesi saprofitskih bakterij, ki koncentracijo raztopljenega kisika zmanjšujejo. Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je pokazatelj onesnaženosti vodnega okolja in je ključnega pomena pri samočistilni sposobnosti vodotoka. V neonesnaženih vodotokih koncentracija raztopljenega kisika niha dnevno in sezonsko, v odvisnosti od temperature in aktivnosti organizmov. Na mestih izpustov odpadnih voda, ki so bogate z organskimi snovmi, se koncentracija kisika zniža zaradi povečane aktivnosti mikroorganizmov (Slika 2.6). Če se koncentracija kisika zelo zniža, pride do anoksičnih razmer, ki se najprej pojavijo v coni izmenjave med sedimenti in vodo, kjer prihaja do razgradnje organskih usedlin, ni pa dovolj svetlobe za fotosintezo. Koncentracija raztopljenega kisika v celinskih vodah niha med 15 mg/L pri 0 °C in 8 mg/L pri 25 °C, vendar se v primeru močnega biogenega prezračevanja lahko povzpne tudi preko 20 mg/L.



**Slika 2.6:** Dnevno-nočno spreminjanje koncentracije raztopljenega kisika v organsko neobremenjenem (A) in organsko onesnaženem vodotoku (B) (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Koncentracija kisika vpliva na skoraj vse biotske procese in kemijske reakcije v vodnih telesih in je zato zelo pomembna pri oceni kakovosti vode. Jajčeca salmonidnih vrst rib so občutljiva že na koncentracijo kisika, manjšo od 8 mg/L, koncentracija pod 5 mg/L pa negativno vpliva na delovanje in preživetje številnih vrst odraslih organizmov in povzroča spremembe združb. Koncentracije pod 2 mg/L pa že povzročajo pogin rib in nekaterih drugih organizmov. Površinski vodi, ki ima koncentracijo raztopljenega kisika manjšo od 2 mg/L, pravimo hipoksična voda. Koncentracija raztopljenega kisika v vodi nam pove stopnjo organskega onesnaženja, stopnjo razpada organskih snovi in pomaga pri določanju samočistilne sposobnosti vodotoka. Mnogo držav po svetu je koncentracijo 4 mg/L določilo za mejo med dobrim in slabim stanjem vodnega telesa (Kuzma, 2003).

Do pomanjkanja kisika v vodi prihaja v jutranjih urah, ko živa bitja z dihanjem porabljajo preko dneva fotosintetiziran kisik; kadar je voda obremenjena z organskimi delci; ko se direktno v vodotok steka površinski odtok ter v primeru, da je vnos svetlobe v vodo majhen. Manjša količina se pojavi še, kadar v vodotok vstopa podtalna voda (Kuzma, 2003).

### **2.3.2 Nasičenost vode s kisikom**

Nasičenost vode s kisikom za razliko od koncentracije kisika v vodi ni odvisna od temperature in zračnega tlaka. 100 % nasičenost s kisikom pomeni najvišjo možno nasičenost s kisikom ob določenem zračnem tlaku in temperaturi. Če je primarna produkcija večja od respiracije, pa je lahko nasičenost s kisikom tudi večja od 100 %. To imenujemo hipersaturacija ali endogeno prezračevanje. Če je vrednost nasičenja s kisikom manjša od 100 %, pa to pomeni, da je primarna produkcija manjša od respiracije. Za rast in razvoj vodnih organizmov zadošča 80 – odstotna nasičenost s kisikom.

### **2.3.3 Elektroprevodnost**

Elektroprevodnost je sposobnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od temperature vode, koncentracije in značilnosti ionov v vodni raztopini, prevodnosti padavinske vode in sestave zemljine v prispevnem območju. Prevodnost se poveča s soljenjem cest, z uporabo gnojil, z odtokom s kmetijskih površin, s točkovnimi viri onesnaženja in z evaporacijo

(Kuzma, 2003). Pomembna je stopnja disociiranosti snovi v ione, električni naboj posameznih ionov in mobilnost ionov.

Elektroprevodnost izražamo v  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Specifična prevodnost je preračunana na prevodnost pri temperaturi vode  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Bolj kot je vodotok obremenjen s hranili, večja je elektroprevodnost, saj se z dotokom hranil praviloma poveča količina nabitih delcev. Elektroprevodnost letno niha, vrednosti pa so v neobremenjenem vodotoku najvišje jeseni zaradi intenzivne razgradnje odpadlega listja, izgradnja pa je zaradi nizkih temperatur in manjše intenzivnosti svetlobe relativno majhna. Padavine zmanjšajo elektroprevodnost, saj ima deževnica ponavadi nizko koncentracijo ionov. V celinskih vodah so vrednosti elektroprevodnosti od 10 do  $1000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , v mineralnih ali zelo obremenjenih vodah pa so vrednosti še višje.

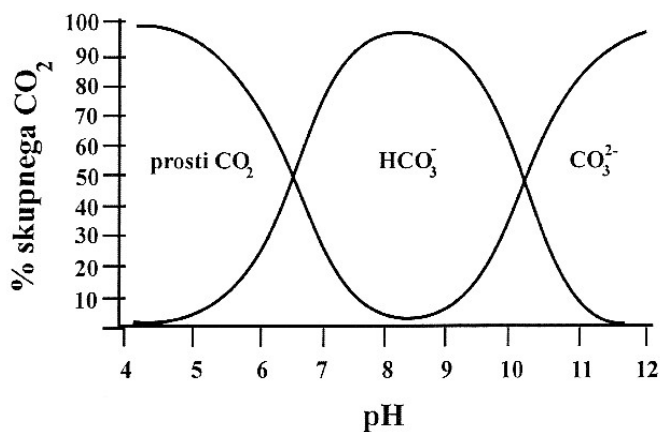
#### 2.3.4 pH vrednost

Vrednost pH je definirana kot naravni desetiški logaritem oksonijevih ionov, zapisano z enačbo:  $\text{pH} = -\log_{10} \text{H}^+$ , in vpliva na mnoge biotske in kemijske procese v vodi. Vrednosti pH se gibljejo med 0 in 14, pri čemer predstavlja  $\text{pH} = 7$  nevtralno območje, vrednosti manjše od sedem predstavljajo kislo območje, vrednosti nad 7 pa bazično območje. Kisle in bazične raztopine se med seboj razlikujejo v koncentraciji hidroksilnih in oksonijevih ionov. V bazičnih raztopinah je koncentracija hidroksilnih ionov večja od koncentracije oksonijevih ionov, v kisljih raztopinah pa je koncentracija oksonijevih ionov večja od koncentracije hidroksilnih ionov. Nevtralne raztopine imajo enako koncentracijo hidroksilnih in oksonijevih ionov.

V neonesnaženih vodah je vrednost pH odvisna od ravnotežja med  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{CO}_3^{2-}$  ter tudi nekaterih drugih naravnih spojin (Slika 2.7). Vrednost pH dnevno niha zaradi fotosintezne in respiratorne aktivnosti primarnih producentov, saj veliko pomanjkanje  $\text{CO}_2$  zaradi fotosinteze poruši karbonatno ravnotežje in vpliva na zvišanje pH vrednosti. Vrednost pH se z večanjem temperature manjša, poleg tega pa pH znižujejo še procesi dekompozicije, kisel dež, avtomobili, industrija ter sulfatna gnojila. Vrednost pH je odraz prisotnosti efluentov, še posebno, če je hkrati izmerjena tudi velika vrednost elektroprevodnosti. V



celinskih vodah znaša pH med 6,0 in 8,5. Nižje vrednosti imajo vode, bogate z raztopljenimi organskimi snovmi, višje vrednosti pa se pojavljajo v eutrofnih vodnih telesih.



Slika 2.7: Ravnovesje med različnimi anorganskimi spojinami ogljika glede na pH vode (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Primeren pH je pomembna življenjska zahteva za vse vodne organizme. Razvijajoča se jajčeca in ličinke imajo zelo ozko pH tolerančno območje, medtem ko odrasla postrv lahko preživi in ostane relativno zdrava tudi v pH med 5.0 in 9.5. Seveda pa vse mejne vrednosti tolerančnega območja predstavljajo stres za ribe. Vodni nevretenčarji z apnenčastim zunanji ogrođjem so še posebno občutljivi na pH pod nevtralnno vrednostjo. Prav ti organizmi so pomemben prehranjevalni člen prehranjevalnega spleta (Kuzma, 2003).

Vrednost pH vpliva tudi na to, ali se bo amoniak v vodi pojavljal v disociirani (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ali nedisociirani obliki (NH<sub>4</sub>OH). Slednja oblika je zelo toksična za vodne organizme, še posebno ribe. Višja kot je vrednost pH, nižje je razmerje med disociirano in nedisociirano obliko amoniaka. Pri pH = 6 je to razmerje 3000 : 1 v korist disociirane oblike, pri pH = 7 razmerje upade na 300 : 1, pri pH = 8 je le še 30 : 1, pri pH vrednosti 9,5 pa je v vodi enak delež amoniaka v disociirani in v nedisociirani obliki (Toman, Vloga dušikovih spojin v vodnih ekosistemih). Z zniževanjem pH se v vodo lažje sproščajo kovine, cianidi, in sulfidi, kar še bolj poslabša razmere v vodi (Kuzma, 2003).

### 2.3.5 Svetloba

Svetloba ima v tekočih vodah manjši pomen v primerjavi s stoječimi vodami. Vodni stolpec rek in potokov je navadno presvetljen, le ob visoki kalnosti je jakost svetlobe ob usedlinah lahko omejujoč dejavnik rasti in fotosinteznih aktivnosti perifitonskih alg.

Globina, do katere prodre svetloba, je odvisna od barve in motnosti vode. Barva vode je rezultat valovnih dolžin svetlobe, ki jih voda ne absorbira, ali pa raztopljenih snovi v vodi. Razlikovati pa moramo med dejansko in navidezno barvo vode. Dejansko barvo vode ugotavljamo po filtriranju in centrifugiranju, navidezna barva pa je posledica prisotnih obarvanih delcev in loma svetlobnih žarkov ter odboja svetlobe od suspendiranih delcev. Naravno barvo dajejo vodi naravni minerali in raztopljene organske snovi. Navidezno barvo dajejo vodi tudi različne vrste fito- in zoo- planktonov, intenzivna navidezna barva pa je lahko tudi posledica močnega onesnaženja vode.

Pri naših meritvah barve vode nismo določali.

### 2.3.6 Hranilne snovi

#### 2.3.6.1 Nitrati

Nitratni ioni so končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin in so zato pogosto prisotni v naravnih vodnih telesih. Nitratni ioni so pomembna hranilna snov za fotoavtotrofne organizme, ki ga asimilirajo in vgrajujejo v proteine. Za razliko od fosforja dušik v vodnem okolju navadno ni omejujoč dejavnik rasti primarnih producentov, saj nastopa v več anorganskih spojinah, ki so različno uporabne za organizme. V vodnih ekosistemih večina primarnih producentov izkorišča dušik v raztopini, predvsem v obliki nitratov, nekatere bakterije in modrozelenke alge pa lahko vežejo dušik iz atmosfere. Mikrobne populacije pa izkoriščajo dušik, inkorporiran v proteinih (Toman, Vloga dušikovih spojin v vodnih ekosistemih).

Naravni viri nitratov so spiranje površin, odmrli deli rastlin in živali ter vulkanske kamnine, dušik pa pride v vodni ekosistem tudi s precipitacijo iz atmosfere in s fiksacijo atmosferskega dušika. Pomemben delež nitratov nastane tudi z nitrifikacijo. Amoniakalni dušik najprej bakterije iz rodu *Nitrosomonas* oksidirajo v nitrit, nato pa bakterije rodu *Nitrobacter* nitrit oksidirajo v nitrat. Za nitrifikacijo so potrebni oksični pogoji. Poraba kisika pri nitrifikaciji je velika in lahko vodi v anoksične pogoje. Bakterije rodov *Achromobacter*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Micrococcus* in *Pseudomonas* pa denitrificirajo nitrate v elementarni dušik. Ta proces poteka predvsem v anoksičnem okolju (Toman, Vloga dušikovih spojin v vodnih ekosistemih).

Količina nitratov v neonesnaženih vodah sezonsko niha v povezavi z aktivnostjo primarnih producentov in odmiranjem organizmov, vendar ponavadi ne presega vrednosti 1 mg/l. Na povišano vrednost nitratov v vodi vpliva spiranje gnojnih kmetijskih površin, koncentracija nitratov, ki je posledica gnojenja, pa navadno ne presega vrednosti 10 mg/l. Višje vrednosti so posledica vtoka komunalnih in industrijskih odpadkov in dosežajo vrednost 25 mg/l, v primeru ekstremnega onesnaženja pa celo do 900 mg/l. Povišana koncentracija nitratov je posebno problematična v stoječih vodnih sistemih, kjer stimulira rast alg, kar privede do znižanja koncentracije kisika in povečanja števila bakterij zaradi odmiranja alg.

#### 2.3.6.2 Fosfati

Fosfor je omejujoč dejavnik za primarne producente, zato je od njega odvisna primarna produkcija v vodnih telesih. Poleg tega pa je tudi esencialen element za vse žive organizme. Fosfor je omejujoč dejavnik rasti primarnih producentov, če je njegova masa manjša od sedmine mase dušika ali enainštiridesetine mase ogljika. Liebigov zakon minimuma pravi: Če je koncentracija nutrienta minimalna, ki jo vrsta potrebuje za rast, se rast povečuje linearno s povečevanjem koncentracije nutrienta. Če nato minimum doseže kak drug dejavnik, naraščanje količine nutrienta ne bo več vplivalo na rast. Razmere postanejo bolj zapletene, kadar je limitirajočih dejavnikov več hkrati. Kljub temu, da so nutrienti nujni za rast, pa lahko poslabšajo življenjske razmere drugim živim bitjem (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Fosfor je v vodi prisoten predvsem vezan v raztopljenem ortofosfatu in polifosfatu ter v trdnih organskih spojinah. Naravni viri fosforja so preperete kamnine, ki vsebujejo fosfor, in razgrajene organske snovi. V neonesnaženih vodah koncentracija fosforja ne presega vrednosti 0,1 mg/l. Kmetijstvo lahko koncentracijo fosforja poveča na 0,25 mg/l, višje koncentracije pa povzročajo izpust komunalnih ali industrijskih odplak. Koncentracije fosforja so največje tik ob usedlinah, saj se v anoksičnih razmerah fosfor sprošča iz usedlin v vodo (Urbanič, Toman, 2003). Kar 90 % fosfatov pride v naravno okolje z industrijskimi in komunalnimi odplakami, medtem ko je dotok nitratov po tej poti relativno majhen (Toman, Vloga dušikovih spojin v vodnih ekosistemih).

### 2.3.6.3 Evtrofikacija

Rahlo povečanje hranil je v oligotrofnih vodah lahko celo ugodno, saj vpliva na povečanje proizvajalcev, le-ti pa na povečanje herbivorov in detritivorov. Celotna produkcija se poveča. Problem nastopi, če se ponoči porabi več kisika kot ga čez dan nastane. V tem primeru se zmanjša število vrst in nazadnje se zelo namnoži ena ali več vrst alg, čemur pravimo tudi cvetenje alg.

Evtrofikacija je proces povečevanja hranilnih snovi, predvsem nitratov in fosfatov, v vodnih ekosistemih, ki pospešuje rast alg in višjih rastlin. Bioprodukcija nekaterih alg se poveča tako zelo, da začne presežek, ki bi ga sicer živali uporabile za hrano, gniti in se nabirati na dnu. Če so razmere ugodne za rast, govorimo o akutni evtrofikaciji, če so neugodne, pa o latentni evtrofikaciji. Osnovni abiotični faktorji, od katerih je odvisna evtrofikacija, so svetloba, temperatura vode, atmosferski plini, hranila in pretočni časi. Evtrofikacija je naraven pojav in jo poznamo pod pojmom staranje ali sukcesija jezer, lahko pa jo antropogeno pospešimo z dovajanjem hranilnih snovi ali s toplotnim onesnaženjem. Evtrofikacija se nanaša predvsem na stoječe vode, zaradi onesnaženja pa prihaja do evtrofikacije tudi v rekah, še posebej v bolj globokih in počasi tekočih. Kadar je obremenitev voda tako velika, da je presežena samočistilna sposobnost, govorimo o zastrupitvi oziroma porušni obremenitvi (Panjan, Osnove zaščite voda).

Zaradi eutrofikacije pride do dveh vrst bioloških sprememb. Prve so neposredna posledica povečanega vnosa hranilnih snovi, kot na primer pospešena rast alg, druge pa so posredne, kot npr. spremembe v združbah zaradi pomanjkanja kisika. Neposreden vpliv hranil se pokaže v povečani rasti proizvajalcev, npr. alg. Sicer potrebuje vsaka vrsta alg določeno minimalno količino hranil, da lahko raste, saj so hranila omejujoč dejavnik za rast. Povečana količina hranil stimulira hitrejšo rast, povečanje populacije ene vrste pa vodi v kompeticijo z ostalimi vrstami, ki za svojo rast uporabljajo isto vrsto hranil. To je primer posrednega vpliva eutrofikacije.

Z vnosom hranil in s tem povečano primarno produkcijo se občutno spremeni kisikov režim. Podnevi pride do hipersaturacije zaradi fotosinteze velike biomase alg. Ponoči pa se ta efekt zelo spremeni, saj dihajo tako alge kot živali, fotosinteza pa ponoči ne poteka, zato pride do jutranjega deficita kisika, kar povzroči pogine rib in bentičnih živali v litoralu in profundalu. Ponavljanje jutranjega deficita vodi do uničenja alg, za njihovo razgradnjo pa se porabi ogromno kisika. Pri plitvejših vodnih telesih se ti procesi odvijajo hitreje kot v globokih. Do anoksije pride najprej v usedlinah in hipolimniju, kasneje pa tudi v višjih plasteh. Evtrofen sistem preraste v hiperevtrofnega, na koncu pa prevladuje anaerobni metabolizem organskih snovi, katerega produkti so toksični, kot npr.  $H_2S$ , amonij in reaktiven metan.

V tekočih vodnih telesih ponavadi ne pride do eutrofikacije, in sicer zato, ker v njih ni planktona. Primarna produkcija je vezana na perifitonske alge, ki sicer lahko povečujejo biomaso, vendar ne tako hitro kot plankton in zato ne pride do drastičnih sprememb. Vzroka za to sta hiter vodni tok ter odnašanje hranil in delov perifitona vzdolž toka. Tudi s povečanim vnosom hranilnih snovi tako ne pride do eutrofikacije, razmere pa se bistveno spremenijo z zaježitvijo. Na tem odseku vodotoka tekoč ekosistem preide v jezerskega in rasti začnejo potamoplanktonske in evplanktonske alge, nadaljnji proces eutrofikacije pa se odvija tako kot v stoječem vodnem telesu.

### **2.3.7 Vonj**

Vonj dajejo vodi nestabilne hlapne organske snovi, ki jih proizvajajo fitoplankton in makrofiti ali pa nastajajo pri razgradnji organskih snovi, zato vonj nakazuje povečano anaerobno

biotsko aktivnost. Vodi dajejo vonj tudi industrijske in komunalne odplake, in sicer neposredno ali pa zaradi pospešene biološke aktivnosti, ki je posledica vtoka odplak.

Tudi vonja pri naših meritvah nismo določali.

## **2.4 Biotski dejavniki**

### **2.4.1 Perifiton (združba obrasti)**

Perifiton predstavlja združbo predvsem mikroskopskih avtotrofnih in heterotrofnih organizmov v vodah, ki so stalno ali občasno pritrjeni na substrat v vodi. Pojavlja se v vodotokih in litoralu stoječih voda, sestavljajo pa ga predvsem primarni producenti, glive, protozoi ter mnogoceličarji. Združba perifitona je zelo dober pokazatelj ekoloških razmer, saj je stalno prisotna v vseh tipih voda, posamezne vrste pa tipično odražajo ekološke razmere. Na prisotnost vrst in sestavo združbe namreč vplivajo različni okoljski dejavniki kot na primer:

- kamninska sestava,
- tip substrata,
- hitrost vodnega toka,
- kemijska sestava vode,
- količina svetlobe,
- temperatura,
- stopnja organske obremenitve in
- toksičnost vodnega okolja.

Za posamezne vrste obremenjenosti, zlasti za organsko, so poznane številne indikatorske vrste, problem pa predstavlja determinacija vrst, ki je zaradi heterogenosti združbe zelo težavna.

Najpomembnejši del perifitonske združbe so alge, ki odražajo kemijske spremembe v okolju, imajo pa tudi pomembno vlogo pri samočistilnih procesih, saj omogočajo biogeni vnos kisika. Praživali in drobni metazoji pa predvsem kontrolirajo populacije bakterij.

V čistih vodah prevladujejo kremenaste alge, v onesnaženih pa nitaste cianobakterije.

#### 2.4.2 Makroinvertebrati

Združbo makroinvertebratov po definiciji predstavljajo vodni nevretenčarji, ki pri vzorčenju z mrežico z okenci 0,5 mm × 0,5 mm ostanejo v njej. Ti organizmi so običajno večji od 1 mm in vidni s prostim očesom. Najznačilnejše skupine so:

- vrtinčarji (Turbellaria),
- polži (Gastropoda),
- školjke (Bivalvia),
- maloščetinci (Oligochaeta),
- pijavke (Hirudinea),
- raki (Crustacea)
  - o postranice (Amphipoda),
  - o oslički (Isopoda),
- žuželke (Insecta)
  - o enodnevnice (Ephemeroptera),
  - o vrbnice (Plecoptera),
  - o kačji pastirji (Odonata),
  - o hrošči (Coleoptera),
  - o mladoletnice (Trichoptera) in
  - o dvokrilci (Diptera).

Makroinvertebrate pogosto uporabljamo pri vrednotenju kakovosti voda zaradi njihove specifične vloge v vodnem ekosistemu. Ne odražajo le organskega obremenjevanja, temveč celotnih ekoloških razmer posameznega vzorčnega mesta, vključno s fizikalnimi lastnostmi, in so tako tudi pokazatelji različnih stresov, kot so:

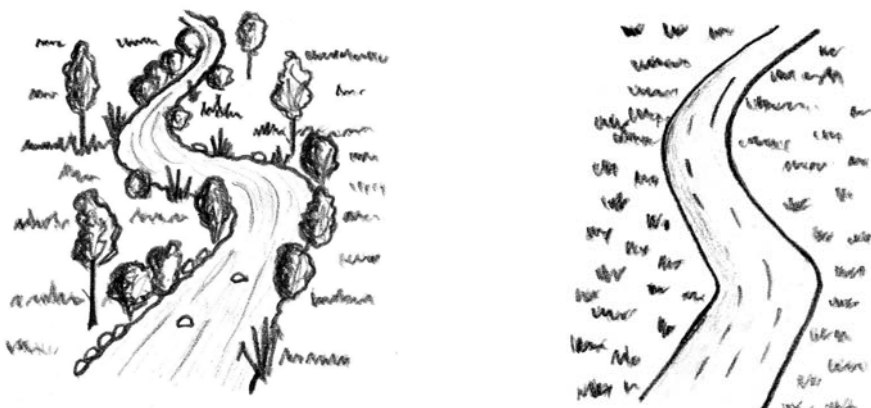
- anorgansko onesnaženje,
- toksičnost,
- kislost,
- morfološke spremembe vodnih habitatov in
- zmanjšanje količine vode.

Prednosti makroinvertebratov pred ostalimi skupinami vodnih organizmov so naslednje:

1. veliko število vrst, ki so različno občutljive na polutante;
2. prisotnost v vseh tipih voda;
3. relativna pogostost in sedentarnost;
4. enostavnost vzorčenja in določevanja višjih taksonov ter
5. relativno dolga življenjska doba.

## 2.5 Primerjava značilnosti naravnih in fizično spremenjenih vodotokov

Morfologija in hidrologija naravnega in fizično spremenjenega vodotoka se zelo razlikujeta med sabo. Največje razlike so v zaraščenosti obrežja, meandriranju in profilu struge, kar pa pogojuje še številne druge razlike.

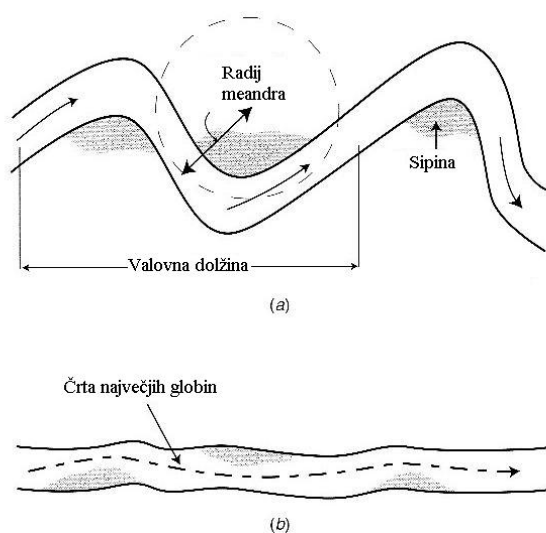


**Slika 2.8:** Primerjava naravnega (levo) in fizično spremenjenega rečnega koridorja (desno)

Bregovi naravnega vodotoka so obrasli s travami, grmičevjem in drevjem. Obraslost brežin je neenakomerna, zato je na nekaterih delih struge zasenčenost večja, na drugih pa manjša, kar ustvarja različne mikrohabitate, primerne za življenje velikega števila rastlinskih in živalskih vrst. Zasenčenost struge ustvarja številna zatočišča za ribe, omejuje dnevno in sezonsko nihanje temperature vode in zagotavlja primerno temperaturo vode tudi v vročih poletnih dneh. Obraslost brežin je tudi pomemben vir organskih snovi (odpadlo listje) za rečni ekosistem. Pri fizično spremenjenih vodotokih pa je naravna vegetacija ponavadi odstranjena



z brežin. Senčenja struge ni, kar vpliva na povišano temperaturo poleti in večja dnevna in sezonska nihanja temperature. Temperaturni pogoji so homogeni, zato ni različnih mikrohabitatom za različne vrste. Zatočišč za ribe ni, vnos organskih snovi s terestričnega okolja pa je zmanjšan (Slika 2.8). Ker ni zasenčenja struge, lahko poleti zaradi velike aktivnosti primarnih producentov pride do dnevne hipersaturacije, ponoči pa do pomanjkanja kisika in posledično pogina rib.

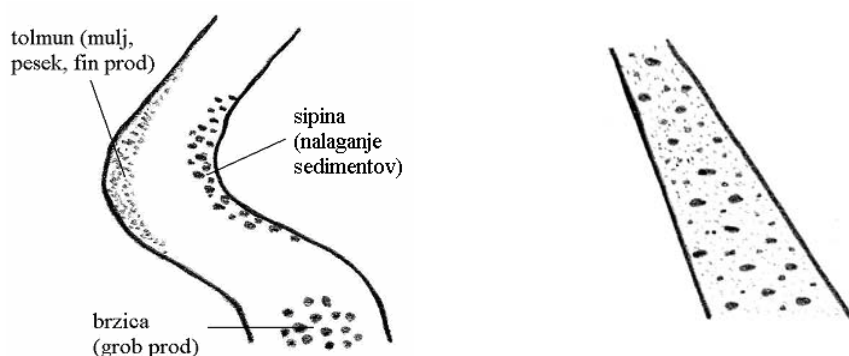


**Slika 2.9:** Naravne rečne struge z različno stopnjo sinusoidnosti: (a) meandrirajoča struga, (b) ravna struga (Vir: Mitsch, Jørgensen, 2004)

Struge naravnih vodotokov so zelo redko ravne. Meandrirajoča struga ima sinusoidni vzorec z določeno valovno dolžino in radijem zavoja. Celo ravni odseki imajo sinusni vzorec črte največje globine. Valovna dolžina meandrov ima določen linearen vzorec, ki velja za vse reke na svetu. Valovna dolžina meandra je enaka enajstim širinam vodotoka in je petkrat večja od radija meandra (Slika 2.9). Naraven vodotok meandrira po dolini in s tem ustvarja tipične tolmune na zunanji strani in sipine na notranji strani meandrov, na ravnih odsekih struge pa so brzice (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Na zunanji strani meandra vodni tok erodira brežino, na notranji strani meandra pa pride do odlaganja sedimentov. Anorganski substrat je sortiran, tako da v tolmunih prevladuje mulj, glina in droben pesek, na notranji strani pa se odlagajo večji prodniki, ki prevladujejo tudi na

območju brzic. Takšen vodotok zagotavlja veliko različnih mikrohabitatskih za najrazličnejše rastlinske in živalske vrste. Pri fizično spremenjenih vodotokih pa ni tipičnega zaporedja brzic in tolmunov, pač pa praktično ves rečni koridor predstavlja brzica, zato prod ni sortiran, pač pa je sestava substrata vzdolž vodnega toka homogena – prodniki različnih velikosti so enakomerno pomešani med sabo. Ker ni različnih mikrohabitatskih, v takšnem vodotoku uspeva le majhno število različnih vrst (Slika 2.10).



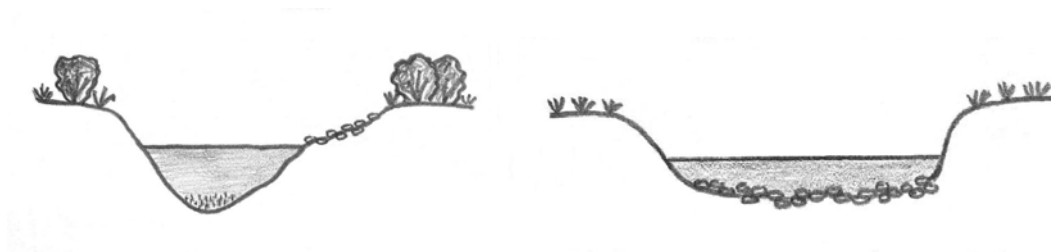
**Slika 2.10:** Primerjava meandriranja naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno)

Naraven in fizično spremenjen vodotok se razlikujeta tudi v hitrosti vodnega toka, ki je v naravnem vodotoku veliko bolj raznolika kot v fizično spremenjenem. V naravnem vodotoku je hitrost vodnega toka večja in tudi bolj enakomerna na brzicah, v tolmunih pa je vodni tok počasnejši in bolj raznolik. V spodkopanih brežinah in za večjimi skalami, kjer je vodni tok zelo upočasnen, so primerna mesta za počitek vodnih organizmov. V fizično spremenjenem vodotoku pa je hitrost vzdolž vodotoka enakomerna in višja kot pri naravnem vodotoku. Pri velikih pretokih so hitrosti mnogokrat prevelike za nekatere vodne organizme, mest za počitek pa je zelo malo ali pa jih sploh ni, zato te organizme vodni tok odnaša dolvodno (Slika 2.11).



**Slika 2.11:** Primerjava prečnega profila naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno) ob visokem vodostaju

Pri nizkem vodostaju je zelo pomembna oblika prečnega prereza struge. Struga naravnega vodotoka je neenakomerno globoka, zato je v sušnem obdobju pod vodo le del struge, ki je globlji (tolmun), ostal del struge pa je suh. To omogoča zadostno globino vode za ribe in ostale vodne organizme. Struga fizično spremenjenega vodotoka pa je ponavadi po celotnem vzdolžnem profilu enako globoka, zato je tudi ob nizkem vodostaju enakomerno potopljena celotna širina struge. Ker je enaka količina vode razporejena po širši strugi, je globina vode precej manjša kot pri naravni strugi in zato ni dovolj globoka za nekatere vrste rib in ostalih vodnih organizmov. Tolmunov je zelo malo ali sploh nič; celoten odsek predstavlja brzica (Slika 2.12).



**Slika 2.12:** Primerjava prečnega profila naravnega (levo) in fizično spremenjenega vodotoka (desno) ob nizkem vodostaju

Naraven vodotok je torej v vseh značilnostih veliko bolj heterogen kot fizično spremenjen vodotok, ki ima vse dejavnike vzdolž vodotoka zelo enakomerne. Raznolikosti v različnih dejavnikih omogočajo življenjske prostore najrazličnejšim vodnim organizmom, zato je vrstna diverziteteta veliko bolj pestra v naravnem vodotoku. Fizično spremenjen vodotok, ki ima vse lastnosti precej homogene, pa omogoča preživetje le vrstam, ki so prilagojene na točno določene pogoje, zato je vrstna diverziteteta v takšnih vodotokih precej manjša.

## 2.6 Spremembe na rečnem koridorju Glinščice

Na Glinščici je bilo izvedenih več regulacijskih del. Prva regulacijska dela so bila izvedena po letu 1928 na odseku od izliva Glinščice v Gradaščico do križanja z južno železnico. Takrat so nekoliko spremenili potek struge, jo poglobili in uredili trapezni prerez struge, ki so ga utrdili z vipami in fašinami. Po drugi svetovni vojni so strugo nenačrtno regulirali. Strugo so ravnali,

zgradili so melioracijske jarke, hišni odtoki pa so bili speljani kar v strugo, ki je bila zato zelo zanemarjena in polna odpadkov. Naslednja regulacijska dela so potekala leta 1974, ko so zgradili betonsko korito od izliva v Gradaščico skoraj do Brdnikove ulice in izravnali strugo ob Biotehniški fakulteti. Namen takšne ureditve je bilo povečati hitrost vodnega toka in s tem preprečiti zastajanje nesnage v strugi. V letih 1979, 1981 in 1983 so izvajali regulacijska dela gorvodno od sotočja s Pržancem. Ta dela so obsegala predvsem korekturo trase struge, poglobitev struge in izgradnjo pragov za zagotovitev enakomernega padca struge. Namen teh del je bil zagotoviti hitrejši odtok vode in s tem izboljšati poplavno varnost. Povsem naravna struga je le še na skrajnem izvornem delu nad vasjo Glinica. Odsek od Glinice do začetka tlakovanja dolvodno od Brdnikove ceste je glede na ekomorfološko kategorizacijo vodotokov uvrščen v 2. – 3. kakovostni razred, kamor spadajo vodotoki, ki so bili v preteklosti klasično regulirani, s časom pa so se ti regulacijski ukrepi zarasli in je nastal sekundarni biotop, ki pa je manj pester od naravnega. Odsek od začetka tlakovanja dolvodno od Brdnikove ceste pa do izliva v Gradaščico pa spada v 4. kakovostni razred, kamor spadajo odseki, kjer so brežine in dno popolnoma utrjene z umetnimi ali polumetnimi materiali (Rusjan, 2003b).

Glavne spremembe na rečnem koridorju Glinščice so torej: izravnava in kanaliziranje struge vodotoka, pragovi ter odstranitev obrežne vegetacije. V nadaljevanju jih bom na kratko opisala.

### **2.6.1 Prečni objekti**

Med prečne objekte na vodotokih spadajo pregradni objekti, stopnje (drče in pragovi) ter nizki pragovi. Najpomembnejši vpliv na funkcijo vodnega ekosistema imajo seveda pregradni objekti, ki so tudi največji. Pregradni objekti:

- spremenijo pretok za in pred objektom,
- ovirajo gibanje v obeh smereh in s tem povzročijo spremembe v prehranjevalni verigi,
- onemogočajo dotok hrane organizmom dolvodno od pregrade,
- povzročijo spremembe v kvaliteti vode,
- povzročijo stres zaradi enakomernih temperatur pri enakomernih pretokih preko pregrade,

- povečajo količino usedlin, v katerih je veliko nerazgrajenih organskih snovi, zato pride do velike porabe raztopljenega kisika, kar vodi v anoksične pogoje in anaerobno razgradnjo.

Nizki pragovi ne povzročajo tako drastičnih sprememb v vodnem ekosistemu kot pregradni objekti, kljub temu pa nekoliko ovirajo gibanje v obeh smereh in s tem povzročijo nekaj sprememb v prehranjevalni verigi ter nekoliko spremenijo pretok za in pred objektom. Na ravnih odsekih rečnega koridorja so celo koristni, ker nadomeščajo naravne brzice in tolmane.

Zaradi ugotovljenih škodljivih vplivov pregrad na ekologijo vodotoka in okolice se je v zadnjem desetletju v razvitem svetu povečalo število podiranja pregrad. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja so podrli 180 jezov, samo v letu 2001 pa kar 30. Vendar pa je bilo pred porušitvijo večine teh jezov narejenih le malo ekoloških študij posledic in še te so bile narejene razkosano po posameznih področjih, ni pa bilo narejene celostne študije. Nanašajo se bolj na kvalitativna opažanja kot pa na kvantitativne meritve. Vzroki in posledice so bili velikokrat napačno predpostavljeni zaradi pomanjkanja študij neživih faktorjev, kot sta na primer transport sedimentov in temperatura vode. Restavriranje rek z odstranjevanjem jezov namreč spremeni hidrološko obliko, ki vpliva na spremembo vegetacije, ribjih populacij in populacij makroinvertebratov. Vse te spremembe pa se zgodijo veliko kasneje kot sama sprememba hidrološke oblike, ki nastopi takoj. Posledice se pojavijo na mestu zadrževalnika ter gorvodno in dolvodno od njega. Zelo malo študij se popolnoma strinja, da je podiranje pregrad vedno koristno. Nekateri ekologi so proti odstranjevanju pregrad. Narejene morajo biti popolne študije vseh zaledij potokov in rek (gorvodno in dolvodno), ki bi lahko čutila posledico odstranitve pregrade. Treba je preučiti koristi, ki jih odstranitev pregrade prinaša celotnemu povodju in ne le odseku rečnega koridorja. Odstranitev pregrade lahko naredi vode v urbanem okolju še bolj vsiljive kot so navadno; dolvodno se namreč poveča poplavljanje (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Leta 2000 so odstranili nizek nasip na potoku Manatawny v Pennsylvaniji, ki so ga leto poprej razglasili za osiromašenega. Povodje potoka Manatawny je veliko 238 km<sup>2</sup> in je pritok reke Schuylkill, ki se nato izliva v reko Delaware. 56% povodja pokrivajo gozdovi in travniki, 41% pokrivajo kmetijske površine, 3% pa je urbanega območja. Nizek nasip je bil konstruiran

okrog leta 1850, in sicer 500 metrov gorvodno od izliva v reko Schuylkill. Jez je bil zgrajen iz kamna in betona, visok 2,5 m in dolg 30 metrov. Voda je bila zajezena približno 800 metrov gorvodno, nikoli pa ni bilo zgrajenih ribjih steza.

Strokovnjaki centra Patrick Center for Environmental Research v sodelovanju z Greater Pottstown Watershed Alliance, Delaware Riverkeeper Network in Berks County Conservancy so že pred poručitvijo pregrade, maja 2000, začeli z obširno študijo ekohidroloških dejavnikov pred in po poručitvi pregrade na več vzorčnih mestih gorvodno in dolvodno od pregrade ter na samem mestu pregrade. Študije so vključevale geomorfologijo, kemizem vode in sedimentov, prehranjevalne mreže, neraztopljene organske snovi, alge, sladkovodne školjke, makroinvertebrate, ribe in obrežno vegetacijo. Projekt je poleg poručitve pregrade zajemal še obnovo novo nastalega obrežnega koridorja znotraj prejšnjega zajezenega območja, vodenje obširne interdisciplinarne študije fizikalnih, kemičnih in bioloških sprememb v zaledju potoka Manatawny za merjenje in izračun uspeha projekta ter izobraževanje ljudi in preskrbo sredstev za odstranitev jezu (<http://www.acnatsci.org/research/pcer/manatawny.html> in Mitsch, Jørgensen, 2004).

Istega leta je bil odstranjen tudi jez Saeltzer na potoku Clear v Kaliforniji, ki je bil pred regulacijami bogat s salmonidnimi vrstami rib. Vodotok s celotno rečno dolino je bil močno spremenjen po letu 1850, ko so med rečnimi naplavinami odkrili zlato. Leta 1903 so zgradili jez Saeltzer, ki je preusmeril tok reke v drenažni kanal 10 km gorvodno od izliva v reko Sacramento, ki je onemogočil prehod ribam. Leta 1963 so zgradili še jez Whiskeytown. V prvotno strugo je prodrla obrežna vegetacija, sedimenti so se zadrževali za pregrado, ob velikih pretokih je reka prelila jez in zapolnila majhne kotanje ter odstranila drstitutena prodišča. Z restavriranjem so nameravali ponovno vzpostaviti dinamični rečni režim in prodonosnost, omogočiti neovirano potovanje rib ter povečati frekventnost velikih pretokov dolvodno, zato so leta 2000 odstranili jez Saeltzer, sedimente, ki so se nabrali za njim, ter odpadke, ki so nastali pri miniranju in kopanju zlata, ustvarili so novo poplavno ravnico, povezano z rečnim kanalom, ter zgradili majhne nasipe. Pred samim posegom so naredili modele, s katerimi so preučili, kako bo nov pretočni režim vplival na temperaturo vode, dolvodno poplavljanje in zapolnjevanje kotanj, ki so nastale z miniranjem ter zvezo med habitatom in življenjsko združbo (Perrow, Davy, 2004). Eno leto po odstranitvi jezu so opazili

naslednje posledice: bočna erozija na bregovih iz nekonsolidiranih sedimentov, poglobitev dna struge, odlaganje prodnikov in peska, sušenje gorvodne vegetacije ter odstranitev mnogih obvodnih habitatov. Vse te posledice se ujemajo s predvidevanji, vendar se vse posledice še niso pokazale zaradi obstoječe vegetacije in pomanjkanja visokih pretokov v prvi pomladi po poružitvi jezusa (Ferry, Miller, 2003).



**Slika 2.13:** Pregrada Saeltzer, pred poružitvijo (levo), po poružitvi (desno), pogled gorvodno (Vir: Ferry, Miller, 2003)

Poglejmo si še primer reke Tafne v semiaridni pokrajini v Alžiriji. V reko priteka z gospodinjstvi in industrijskimi odpadki in mesta Maghnia zelo onesnažen pritok Mouillah. Tik za sotočjem so leta 1998 zgradili jez. Študija je obsegala meritve temperature, vrednosti pH, prevodnosti, kloridov, raztopljenega kisika, biološke potrebe po kisiku in vsebnosti dušikovih spojin v vodi pred in po izgradnji jezusa na osmih različnih vzorčnih mestih na reki Tafni ter na pritoku Mouillah in sekundarnemu pritoku. Že pred izgraditvijo jezusa je bila reka Tafna veliko čistejša od pritoka Mouillah zaradi velike sedimentacije, samočistilne sposobnosti in razredčenja vode med deževnim obdobjem. Dobra stran jezusa je, da zadržuje onesnaženje, ki priteka z onesnaženih pritokov v svojih sedimentih, zato se je po izgradnji jezusa dolvodno zmanjšala biološka potreba po raztopljenem kisiku, vendar pa se je nekoliko povečala količina  $\text{NH}_4$  v vodi. Preučiti bi bilo potrebno še, ali je samočistilna sposobnost reke Tafne dovolj velika, da bo v dolgoročnem obdobju zmanjšala verjetnost za toksično cvetenje alg in vpliv težkih kovin, ki se bodo sprostili iz sedimentov (Taleb, Belaidi, Gagneur, 2004).

## 2.6.2 Izravnava in kanaliziranje struge vodotoka

S kanaliziranjem se zmanjša biodiverziteteta. Poenotijo se hitrosti v prečnem profilu, zaradi zmanjšane hrapavosti pa so odstranjene strukture dna. Naravni substrat na dnu je odstranjen, zato ni pritrjenega rasti. Na površini vodnega rastlinja je naseljena združba bakterij, alg, gliv in protozojev, ki se prehranjujejo z raztopljenimi organskimi snovmi in s tem pripomorejo k boljši samočistilni sposobnosti. Pri betonskem koritu vodnega rastlinja primanjkuje ali pa ga sploh ni, kar bistveno poslabša samočistilno sposobnost. Ocenjeno je, da se v kanaliziranih vodotokih vrednosti za kalnost, specifično prevodnost, KPK, alkalnost, trdoto ter koncentracije amonijevih, fosforjevih, železovih in žveplovih spojin ter svinca in mangana povečajo za 50 – 100% (Wharton, 2000). V nadaljevanju bom opisala dva projekta renaturiranja kanaliziranih vodotokov.

Leta 1976 je vlada Floride sprejela načrt restavriranja reke Kissimmee. Med vzroki za restavriranje je bila izguba nihanja gladine vode v reki in posledično izguba poplavljanja poplavnih ravnin ter poslabšanje kvalitete vode v jezeru Okeechobee. Dolina reke Kissimmee leži na severnem delu ekološkega sistema Kissimmee River – Lake Okeechobee – Everglades (KOE) na Floridi. Reka teče proti jugu iz jezera Kissimmee v jezero Okeechobee in je prvotno meandrirala v dolžini 166 km, 94% njenih poplavnih ravnin pa je bilo več kot 50% časa poplavljenih. Med leti 1962 in 1971 je bila reka kanalizirana za zagotovitev poplavne varnosti osrednje Floride. Kanal je bil globok 9 metrov, širok 100 metrov in dolg 90 kilometrov. Imenoval se je kanal C38 in je imel 6 struktur za uravnavanje pretoka. Z ureditvijo tega kanala so drenirali približno 17000 hektarjev poplavnih ravnin. Ukrepi so tako zelo zmanjšali območje reke in poplavnih ravnin. Spodnji deli tolmunov in poplavnih ravnin ob njih so ostali poplavljeni, vendar se je zelo zmanjšalo nihanje vodne gladine. Nizki pretoki ali celo suhi ostanki nekdanje struge so povzročili razrast vegetacije, še posebno vodne solate (*Pistia stratiotes*) in vodnih hijacint (*Eichhornia crassipes*). Debela plast organskih delov (do 1 meter) je povzročila pomanjkanje kisika v vodnem sistemu. Nizek pretočni režim v kanalu in preostankih nekdanje struge je povzročil kritično nizko koncentracijo raztopljenega kisika, zato so nekatere bolj občutljive vrste rib nadomestile vrste, ki so manj občutljive na pomanjkanje kisika. Makroinvertebrate, značilne za velike rečne sisteme, so zamenjale vrste, tipične za lentične sisteme. Od zgodnjih sedemdesetih let prejšnjega stoletja je uporaba



poplavnih ravnih za prezimovanje vodnih ptic upadla za 90%. Populacija močvirskih ptic je upadla, razširila pa se je kravja čaplja (*Bubulcus ibis*). Stabilizirana gladina vode in zmanjšan pretok sta zmanjšala izmenjavo energije in snovi med reko in poplavno ravnico, stabilizirana gladina pa je tudi zreducirala drstenje in zatočišča za ličinke in mlade ribe.

Skoraj neposredno po končanem projektu kanaliziranja struge so bila narejena priporočila za vrnitev struge v stanje pred kanaliziranjem. Začeten demonstrativni načrt restavriranja iz osemdesetih let je vseboval naslednja dele:

- 1 – izdelava načrta valovanja za ponovno vzpostavitev sezonskega nihanja gladine,
- 2 – izgradnja treh nazobčanih jezov prek kanala C38 za simulacijo ponovnega polnjenja struge in poplavnih ravnih z meandrirajočim tokom,
- 3 – ustvarjanje pretoka skozi močvirje ter
- 4 – hidrološko in hidravlično modeliranje za izračun inženirske zmožnosti vzpostavitve naravnega toka, možnosti kontrole poplav in študije premikov sedimentov.

Model je pokazal, da se pod primernimi hidrološkimi pogoji zopet lahko razrastejo rastline na poplavnih ravnih. Prav tako so dober odziv na demonstrativni projekt pokazali makroinvertebrati, ribe in vodne ptice. V vseh primerih število vrst in številčnost vsake vrste naraščata. Vendar pa je model po pričakovanjih pokazal prevelik delež poplavljenosti po vzpostavitvi naravnega stanja. Pokazal je namreč, da bi se po restavriranju povrnilo 25% frekvence poplav, ki so bile v naravnem stanju. Odmrle organske snovi bi bile sprane kanal C38, sedimenti pa bi se odložili v osiromašenih kanalih. Rezultati so pokazali, da je reko mogoče restavrirati, vendar je restavracija celotne reke v pogoje pred kanaliziranjem skoraj nemogoča zaradi razvoja območja in s tem povezanih velikih stroškov pri odkupu zemljišč (Mitsch, Jørgensen, 2004).

Glede na rezultate te preiskave so naredili nov načrt restavriranja reke, po katerih naj bi projekt zgornjega dela doline vseboval strukturo za kontrolo pretoka (zvišanje gladin), projekt spodnjega dela doline pa polnjenje kanalov med jezeroma Kissimmee in Okeechobee, tako da bi voda tekla po prvotni poti na dolžini 90 km, vzpostavljena pa bi bila interakcija med reko in poplavno ravnico na območju najmanj 11000 ha. Ti dve študiji sta pomembno prispevali k razumevanju rečnega ekosistema in omogočili nadaljnje študije restavriranja (Perrow, Davy, 2004).

Podoben primer kanaliziranja in kasnejšega restavriranja vodotoka poznamo tudi z Danske. Reka Skjern je pred ureditvijo v kanaliziran vodotok poplavljala več kot 11% Jutlandije, po kateri teče, zato so v največjem danskem drenažnem projektu izsušili 4000 ha mokrih travnikov in jih preuredili v obdelovalne površine, tako da so reko Skjern, ki je prvotno meandrirala, izravnali. Do poznih osemdesetih let je bil tako tok reke raven, izginilo je na tisoče hektarov močvirij, travnikov in rečnih površin. Kanalizirana reka je bila zajezena, zgrajeni pa so bili tudi kanali in črpalke za pospeševanje odtoka vode z območja. Po tem ukrepu se je samočistilna sposobnost reke zelo zmanjšala, dolvodni fjord je postal onesnažen z nutrienti in sedimenti, drenirano območje pa se je začelo posedati zaradi oksidacije šote in izgube vode na nekaterih mestih tudi za več kot en meter. S projektom rehabilitacije naj bi vrnili v prejšnje stanje polovico izsušenega območja, cilji restavriranja pa so naslednji:

1 – Povrniti meandre povsod, kjer je možno.

2 – Odstraniti nasipe, da se nekdanja mokrišča spet obnovijo.

3 – Zgraditi nasipe daleč stran od reke za zaščito pred poplavami kmetijskih površin izven restavracijskega projekta (Mitsch, Jørgensen, 2004).

### **2.6.3 Odstranitev obrežne vegetacije**

Obrežna vegetacija je zelo pomembna, saj zagotavlja zasenčenost in s tem nižje temperature vode, zmanjšanje vnosa hranilnih snovi v vodotok, življenjski prostor za mnoge vodne in obvodne živali, vzdrževanje vodnih prehranjevalnih verig ter tudi zadrževanje plavin, stabilizacijo brežin vodotoka in zmanjšanje erozije (Rusjan, 2003a). Če odstranimo vegetacijo, se torej razmere v vodotoku občutno poslabšajo. Voda je toplejša, zato je v njej manj raztopljenega kisika, poleg tega pa prihaja v vodo več hranilnih snovi s kopnega, kar še poveča porabo kisika, zato lahko pride tudi do anoksije. Zmanjša se tudi biotska raznovrstnost, saj so temperaturne razmere poenotene, poleg tega pa ni primernega življenjskega prostora za obvodne organizme. Kljub temu pa je potrebno obrežno vegetacijo vzdrževati, da se ne razrase preveč, saj v tem primeru poslabšanje razmer povzroči veliko odpadlega listja, poslabšajo pa se tudi pretočne razmere. Razraščanje lahko z zasenčevanjem zmanjšuje odrasla obrežna vegetacija (vrbe, jelše). Pri zasajanju nove vegetacije je potrebno paziti tudi na to, da je le-ta prilagojena na občasne preplavitve, da ne prihaja do razgradnje posameznih delov rastlin, kar lahko zopet vodi v anoksije.

Tudi Milner in Gloyne-Phillips (2005) sta preučevala vlogo obrežne vegetacije in lesenega plavja na rast združbe makroinvertebratov v rekah. Raziskava je zajemala 16 rek, starih od 35 do 230 let, ki so nastale ob umikanju ledenika v narodnem parku Glacier Bay na Aljaski. Ugotovila sta, da se je vegetacija najhitreje razrasla tam, kjer je bilo variiranje vodnega toka ublaženo z ledeniškim jezerom. Razrast je bila večja pri manjši stabilnosti brežin, ni pa bila odvisna od starosti vodotoka. Korenine in veje obrežne vegetacije, ki molijo v reko, so pomemben habitat za makroinvertebrate. Pri mladih, nestabilnih vodotokih prevladujejo vrbnice (Plecoptera), pri stabilnih vodotokih, na katere vpliva gorvodno jezero, pa družina Simuliidae. Na pojavnost makroinvertebratov na obrežni vegetaciji, ki sega v vodotok, najbolj vplivata stabilnost posteljice dna in starost vodotoka. Obrežna vegetacija, ki sega v vodotok, je najbogatejša v primerno nestabilnih vodotokih in pospešuje kolonizacijo makroinvertebratov. Leseno plavje občutno prispeva k stabilizaciji struge, daje pestrost vodotoku in je primeren habitat za makroinvertebrate, ki se hranijo z lesom, čeprav se le-ti pojavljajo šele pri najmanj 100 let starih rekah. Že prej pa se na območjih z mrtvim lesom pojavljajo lesne vrste makroinvertebratov, ki pa se z lesom ne hranijo. Pomembno grobo lesno plavje je bilo opaženo šele po 130 letih razvoja reke, ko so bila prodišča stabilizirana z mrtvim lesom.

### 3 METODE DELA IN ANALITSKE METODE

#### 3.1 Globina vode

Globino vode sem merila z lesenim metrom na različnih oddaljenostih od brega in sicer na vsakih 20 centimetrov, na mestih z ožjo strugo pa na 10 centimetrov. Na vsakem odseku sem si profil izbrala na meji med brzico in tolmunom. Profile sem tudi izrisala. Kot največjo globino vode na posameznem profilu sem vzela največjo globino od vseh, ki sem jih na enem profilu izmerila. Na profilih z zelo neenakomerno globino vode zato največja izmerjena globina vode ni nujno enaka dejanski največji globini vode na tem profilu.

#### 3.2 Hitrost vodnega toka

Hitrost vodnega toka sem merila s hidrometričnim krilom na istih profilih in enakih oddaljenostih od brega kot globino vode, in sicer na 6/10 globine vode, saj je tam empirično določena povprečna hitrost, ki velja za večino vodotokov. Za največjo hitrost na nekem profilu velja prav tako kot za največjo globino, da je to največja hitrost med izmerjenimi, zaradi nezveznosti meritev pa je možno, da je dejanska največja hitrost še nekoliko višja.

Na vzorčnih mestih GLIN 1 in GLIN 2 pa smo pri zadnjih meritvah, dne 20. 3. 2006, hitrost vodnega toka merili s plovci, ker hidrometričnega krila ni bilo na voljo. Plovce se uporablja tudi v primeru, da so hitrosti prenizke, da bi jih merili s hidrometričnim



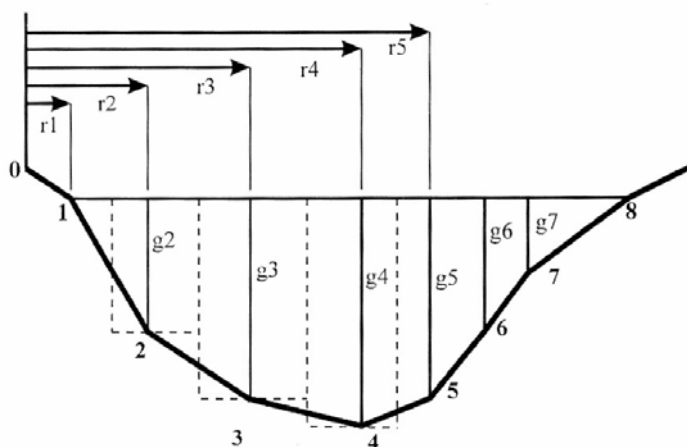
**Slika 3.1:** Merjenje hitrosti vodnega toka (foto: Peter Simončič)

krilom. Na odseku vodotoka smo izmerili razdaljo 4 metre in po njej večkrat spustili košček stiropora ter merili čas potovanja. Iz povprečnega časa potovanja plovca smo izračunali

hitrost vodnega toka na površini. S tako metodo smo seveda dobili vrednosti na površini vodnega toka, ki smo jih nato po enačbi (2.1) preračunali na vrednost na 6/10 globine, kar je povprečna hitrost vodnega toka. Za preračun smo vzeli koeficient  $K_p = 0,67$  (Preglednica 2.1), saj je globina vode na teh dveh odsekih manjša kot 0,5 metra.

### 3.3 Pretok

Pretok sem izračunala na osnovi produkta med izmerjenimi hitrostmi vode in delnimi površinami prečnega prereza struge.



Slika 3.2: Prečni prerez struge in parametri za izračun pretoka (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Delne površine prečnega prereza sem izračunala po naslednji enačbi:

$$a_n = \frac{g_n \times (r_{n+1} - r_{n-1})}{2}, \text{ kjer je:} \quad (3.1)$$

$a_n$ ...površina n-tega dela prečnega prereza struge ( $m^2$ ),

$g_n$ ...globina vode na vzorčni točki »n« (m) in

$r_n$ ...oddaljenost vzorčne točke »n« od brega (m).

Nato sem izračunala delne pretoke po enačbi:

$$Q_n = a_n \times V_{pov(n)}, \text{ kjer je:} \quad (3.2)$$

$Q_n$ ...pretok skozi n-ti del prečnega prereza ( $m^3/s$ ) in

$V_{pov(n)}$ ...povprečna hitrost vodnega toka na vzorčni točki »n« ( $m/s$ ).

Na koncu sem delne pretoke seštela in tako dobila skupni pretok na posameznem prečnem profilu.

### 3.4 Substrat

Tako organski kakor tudi anorganski substrat smo določili z metodo subjektivnega vrednotenja deležev na osnovi opazovanja. Metoda je bila v našem primeru uporabna, saj je vodotok plitev, dno pa je bilo na večini odsekov dobro vidno. Če bi hoteli bolj natančno določiti deleže velikostnih razredov anorganskega substrata, bi morali anorganski substrat vzorčiti in sejati skozi sita in filtre z okenci različnih velikosti ter s tem določiti deleže substrata.

### 3.5 Temperatura

Temperaturo vode sem na vsakem odseku izmerila s termistorjem, ki je del oksimetra. Vrednost temperature sem odčitala na 0,1 °C natančno.

### 3.6 Koncentracija raztopljenega kisika v vodi

Koncentracijo kisika v vodi smo določili z oksimetrom. Oksimeter dejansko meri parcialni tlak kisika v vodi, vgrajeni termistor pa omogoča upoštevanje temperature vode v času meritve.

Pri potopu kisikove elektrode v vodo raztopljeni kisik v vodi potuje skozi polprepustno hidrofobno membrano v kamrico z zlato katodo in srebrno anodo. Kamrica je zapolnjena z elektrolitom KCl, med elektrodama pa je konstantna napetostna razlika 800 mV. Na zlati katodi se kisikovi atomi reducirajo v hidroksilne ione, ki se s kalijem iz elektrolita vežejo v KOH. Zaradi izrabe elektrolita je nujna njegova občasna zamenjava. Na srebrni anodi poteče oksidacija:  $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+$ , pri čemer se  $\text{Ag}^+$  veže s  $\text{Cl}^-$  in nastane  $\text{AgCl}_2$ , ki se obarja na anodi. Debelina oborine se počasi veča in s tem moti meritve, zato je potrebno anodo občasno mehansko očistiti. Podobno kot kisik reagirajo tudi nekateri drugi plini, vendar je selektivnost meritve delno regulirana z napetostno razliko med elektrodama (drugi plini se reducirajo pri večji napetostni razliki). Večje napake povzročata le prosti plinasti klor ( $\text{Cl}_2$ ) v vodi, ker se reducira tudi pri nižjem potencialu, zato so pri merjenju vsebnosti kisika z elektrodo v vodi s prisotnim klorom rezultati napačni (Urbanič, Toman, 2003).



Uporaba oksimetra:

Oksimeter prižgemo in umerimo. Ko oznaka »AR« na ekranu neha utripati, preklopimo na funkcijo »koncentracija kisika«. Nato snamemo kalibrirno komoro in elektrodo potopimo v vodo. Ko se število na ekranu umiri, odčitamo koncentracijo raztopljenega kisika na eno decimalko natančno. Hkrati odčitamo tudi temperaturo vode.

**Slika 3.3:** Merjenje koncentracije raztopljenega kisika in nasičenosti vode s kisikom (foto: Peter Simončič)

### 3.7 Nasičenost vode s kisikom

Nasičenost vode s kisikom smo prav tako izmerili z oksimetrom. Potek meritve je enak kot pri merjenju koncentracije kisika v vodi, le da namesto funkcije »koncentracija kisika« na oksimetru nastavimo funkcijo »nasičenost s kisikom«. Odčitani odstotek nasičenosti s kisikom zaokrožimo na celo število.

Nasičenost vode s kisikom pa lahko določimo tudi na podlagi koncentracije kisika v vodi in temperature vode s pomočjo tabele, ki prikazuje koncentracijo v vodi raztopljenega kisika pri 100% nasičenosti v odvisnosti od temperature (PRILOGA A). Nasičenost vode s kisikom dobimo tako, da izmerjeno koncentracijo kisika v vodi delimo s koncentracijo kisika, ki ustreza 100% nasičenosti vode s kisikom pri izmerjeni temperaturi.

### 3.8 Elektroprevodnost

Elektroprevodnost vode smo merili s konduktometrom. Najprej smo ga vklopili, nato pa s tipko »χ« nastavili funkcijo »prevodnost«. Elektrodo konduktometra smo potopili v vodo, ki smo jo prej zajeli v posodo, in počakali, da se je število na ekranu ustalilo ter odčitati prevodnost na celo število natančno.

### 3.9 pH

Vrednost pH smo izmerili s pH-metrom, ki smo ga prižgali, potopili v vodo in odčitali rezultat na eno decimalko natančno.

### 3.10 Nitrati

Dne 17.5. in dne 21.11. smo nitratne ione določili takoj po odvzemu vzorcev, dne 15.7., 11.8. in 20.3. pa smo vzorce zamrznili in nitratne ione določevali kasneje.



Uporabili smo metodo z natrijevim salicilatом, pri kateri tvorijo nitratni ioni v mediju brezvodne žveplene kisline z natrijevim salicilatом rumeno obarvano nitrosalicilno kislino, ki jo določimo fotometrično. Določanje motijo koloidne obarvane snovi in težke kovine, ki jih lahko odstranimo z dodatkom 5 ml raztopine aluminijevega sulfata na vsakih 100 ml vzorca ter raztopine natrijevega karbonata in natrijevega hidroksida do nevtralne reakcije in nastanka oborine, ki jo odfiltriramo. Vzorec moramo filtrirati skozi stekleni filter, tudi če obarvane snovi niso prisotne, saj meritve v vzorcu motijo vsi prisotni delci. Metoda je uporabna pri koncentracijah nitratnih ionov med 0,1 in 20,0 mg/l, pri višjih koncentracijah pa moramo vzorce razredčiti. Rezultate analize podajamo v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l na 0,1 mg/l natančno za vrednosti pod 10 mg/l in na 1 mg/l natančno za višje vrednosti. Če rezultat koncentracije nitratnih ionov pomnožimo z 0,226, dobimo koncentracijo nitratnega dušika v mg/l (Urbanič, Toman, 2003).

Potek določanja koncentracije nitratnih ionov:

Najprej pripravimo raztopino Na-salicilata, tako da 0,5 g Na-salicilata v merilni bučki dolijemo 100 ml destilirane vode. Pripravimo tudi raztopino natrijevega hidroksida – kalijnatrijevega tartrata, tako da 400 g NaOH in 60 g kalij-natrijevega tartrata raztopimo v destilirani vodi in dopolnimo z destilirano vodo v merilni buči do 1000 ml. Nato vzorec vode prefiltriramo skozi stekleni filter in nalijemo v dve čaši v vsako 20 ml tega vzorca, v tretjo čašo pa nalijemo 20 ml destilirane vode za umerjanje spektrofotometra. V vsako čašo dodamo 1 ml Na-salicilata in sušimo 24 ur pri temperaturi 105 °C. Ohlajeni sušini dodamo 2 ml koncentrirane H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, po desetih minutah pa še 15 ml destilirane vode in 15 ml raztopine NaOH-KNa tartrata. Nato termostatiramo 10 minut pri temperaturi 25 °C, da se raztopina obarva rumeno. Na spektrofotometru nastavimo valovno dolžino 430 nm, ga umerimo na 100 % prepustnost z vzorcem za umerjanje ter preklopimo na ekstinkcijo. Določimo ekstinkcijo pri valovni dolžini 430 nm, izmerimo še vrednost ekstinkcij za ostale vzorce in izračunamo povprečno vrednost ekstinkcije, iz katere nato izračunamo koncentracije nitratov v vzorcu.

### 3.11 Fosfati

Dne 17.5. in dne 21.11. smo fosfatne ione določili takoj po odvzemu vzorcev, dne 15.7., 11.8. in 20.3. pa smo vzorce zamrznili in nitratne ione določevali kasneje.

Uporabili smo metodo določanja ortofosfatnih ionov s kositrovim (II) kloridom, s katerim reduciramo fosformolibdat, ki ga v kislem mediju tvori amonmolibdat, v intenzivno modro obarvan kompleks. Določevanje motijo koloidne in obarvane snovi ter težke kovine, ki pa jih lahko odstranimo z dodatkom različnih spojin. Vzorec moramo filtrirati skozi stekleni filter, tudi če obarvanih snovi ni prisotnih, saj meritve motijo vsi delci, prisotni v vzorcu. Metoda je uporabna za določanje ortofosfatnih ionov v koncentracijah od 0,01 do 6,0 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$  v območju pH vrednosti med 4 in 10 (Urbanič, Toman, 2003).

Potek določanja koncentracije ortofosfatnih ionov:

Najprej pripravimo raztopino amonmolibdata. To naredimo tako, da pripravimo najprej raztopino A, tako da 25 g  $(\text{NH}_4)_6\text{MoO}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  raztopimo v 175 ml destilirane vode, in raztopino B, ki jo pripravimo tako, da 280 ml koncentrirane  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dodamo v 400 ml destilirane vode in počakamo, da se ohladi. Nato raztopino B previdno dodamo k raztopini A ter dopolnimo z destilirano vodo do 1000 ml. Nato pripravimo še raztopino kositrovega (II) klorida v glicerolu, in sicer tako, da 2,5 g  $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  raztopimo v 100 ml glicerola. V dve stekleni čaši nalijemo v vsako po 100 ml vzorca vode in vzorce prefiltriramo skozi stekleni filter. V tretjo čašo nalijemo 100 ml destilirane vode za umerjanje spektrofotometra. V vsako čašo dodamo 4 ml amonmolibdata in 5 kapljic kositrovega (II) klorida v glicerolu in premešamo, nato pa termostatiramo 10 minut pri temperaturi 25 °C, da se razvije modra barva. Na spektrofotometru nastavimo valovno dolžino 625 nm, ga umerimo na 100 % prepustnost z vzorcem za umerjanje ter preklopimo na ekstinkcijo. Določimo ekstinkcijo pri valovni dolžini 625 nm, izmerimo še vrednost ekstinkcij za ostale vzorce in izračunamo povprečno vrednost ekstinkcije, iz katere nato izračunamo koncentracije ortofosfatov v vzorcu.

### 3.12 Vzorčenje perifitona

Uporabili smo kvalitativno vzorčenje, pri katerem vzorec pripravimo iz več podvorcev (v našem primeru petih), ki jih pobereмо z različnih živih ali neživih delov substrata, ki predstavljajo različne makrohabitate. Nato s ščetko postrgamo perifiton z različnih površin in speremo makrofite in mahove v majhni količini vode. Vzorce perifitona shranimo v posodo,

počakamo, da se perifiton usede ter odlijemo vrhno tekočino. Usedli vzorec homogeniziramo z mešanjem. S kapalko zajamemo del vzorca, ga damo na objektno steklo in pokrijemo s krovnim steklom ter mikroskopiramo. Pri 100-kratni povečavi pregledamo 10 kapljic vzorca in določimo taksonomsko sestavo in relativno pogostost posameznih taksonov. Na osnovi prepoznanih taksonov združbe perifitona nato izračunamo saprobni indeks za posamezna vzorčna mesta.

### 3.12.1 Izračun saprobnega indeksa

Saprobni indeks je nastal, ko so ugotovili povezavo med prisotnostjo določene vrste organizmov in onesnaženostjo vode. »Saprobia« pomeni odvisnost organizmov od razkrajajoče se organske snovi kot edinega vira hrane. Prvi saprobni indeks sta razvila Kolkwitz in Marson. Kasneje so iz tega indeksa različni avtorji izpeljevali nove saprobne indekse, definirali pa so tudi pojem saprobnost, ki predstavlja vse metabolične procese, ki so antiteza primarni produkciji in v kombinaciji z biogenim in fizikalnim vnosom kisika določajo saprobno stopnjo vodnega telesa.

Saprobni indeks temelji na spremembah v pojavnosti in abundanci indikatorskih vrst dolvodno od vtoka onesnaženja. Tipični saprobni indeks, ki sta ga razvila Pantle & Buck (1955), temelji na vrednostih:

*h*...indeks relativne abundance in

*s*...saprobna vrednost.

Saprobna vrednost je določena za vsako vrsto in ima vrednosti od 1 do 4, pri čemer 1 pomeni, da jih ponavadi najdemo v oligosaprobnih coni, 2 v  $\alpha$ -mezosaprobnih coni, 3 v  $\beta$ -mezosaprobnih coni in 4 v polisaprobnih coni (Preglednica 3.1).

Indeks relativne abundance ima lahko vrednosti 1, 3 in 5, pri čemer 1 pomeni, da se vrsta redko pojavlja, 5 pa, da se vrsta pojavlja pogosto. Saprobni indeks, ki ga je podal Wegl (1983):

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h} \quad (3.3)$$

Celoten indeks ima vrednosti od manj kot 1 do 4, pri čemer je voda bolj čista, čim nižja je vrednost indeksa. V splošnem saprobne indekse dobimo s štetjem in določanjem organizmov.

Moderni saprobni indeks (SI) prav tako obsega 4 stopnje, vendar ima dodane še tri vmesne stopnje (Preglednica 3.1). Izračunamo ga po enačbi:

$$S = \frac{\Sigma(h \cdot G \cdot s)}{\Sigma(h \cdot G)}, \quad (3.4)$$

kjer poleg parametrov  $s$  in  $h$  nastopa še parameter  $G$ , ki pomeni indikatorsko vrednost taksona. Pri tem indeksu ima saprobna cona 10 točk, ki so porazdeljene med 4 osnovne saprobne stopnje. Vrste s širokim ekološkim pojavljanjem imajo teh 10 točk porazdeljenih med vse 4 osnovne saprobne stopnje, vrste z zelo ozkim ekološkim pojavljanjem pa imajo vseh 10 točk v eni saprobni stopnji.

Indikatorsko vrednost  $G$  so uveljavili, da bi dali večjo vrednost vrstam z ožjim ekološkim pojavljanjem. Ožje kot je ekološko pojavljanje vrste, večja je vrednost  $G$ , ki pa se giblje v območju od 1 do 5.

**Preglednica 3.1:** Vrednosti saprobnih indeksov in pripadajoči kakovostni razredi (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Saprobna stopnja	Vrednost SI	Kakovostni razred	Opis kakovosti vodotoka
oligosaprobna	1,0 – 1,5	1	neobremenjen do zelo malo
oligo do beta	< 1,5 – 1,8	1-2	malo obremenjen
$\beta$ -mezosaprobna	< 1,8 – 2,3	2	zmerno obremenjen
beta do alfa	< 2,3 – 2,7	2-3	kritično obremenjen
$\alpha$ -mezosaprobna	< 2,7 – 3,2	3	močno obremenjen
alfa do poli	< 3,2 – 3,5	3-4	zelo močno obremenjen
polisaprobna	3,5 – 4,0	4	prekomerno obremenjen

Prednost saprobnih indeksov pred ostalimi indeksi je v tem, da upoštevajo večje število taksonov in so primerni za vse tipe tekočih voda, razen majhnih turbulentnih vodotokov, kjer ponavadi zabeležimo previsoke vrednosti. Slaba stran pa je v tem, da je treba natančno določati organizme (v večini primerov do vrste). Najpogosteje se uporabljajo na združbah perifitona in makroinvertebratov.

### 3.13 Vzorčenje makroinvertebratov

Makroinvertebrate smo vzorčili presečno semikvantitativno. Pri tem vzorčenju je potrebno zajeti čim večje število makroinvertebratov, vendar je število podvorcev omejeno. Pri takem vzorčenju ne moremo določiti števila osebkov na površinsko enoto, lahko pa določimo razmerja med vrstami. Poleg tega je pri tem načinu večja verjetnost, da bo zajet cel spekter vrst, kakor pri kvalitativnem vzorčenju. Za vzorčenje uporabimo standardno ročno mrežo, z okvirjem dimenzij  $25 \times 25$  cm, ter z odprtinami v mreži 0,5 mm. Mrežo postavimo pravokotno na substrat in jo močno pritismo ob dno. Eno nogo postavimo tik pred vhodno odprtino in nato z nogo močno premaknemo substrat približno 0,5 m po toku navzgor, ter počakamo, da nam vodni tok prinese v mrežo dvignjene usedline in živali. Ko se voda zbistri, postopek ponovimo. Če je tok vode prepočasen, sami premaknemo mrežo po toku navzgor. Ta metoda se imenuje metoda z brcanjem in se jo uporablja v plitvi vodi.

Zajete vzorce smo shranili v posode v 4% formalin. V laboratoriju je nato potrebno pod lupo odbrati iz vzorcev vse makroinvertebrate ter določiti taksonomsko sestavo in število osebkov posameznih taksonov. Organizme shranimo v fiole v 70% etanolu. Rezultate vpišemo v tabelo in izračunamo saprobni indeks za posamezna vzorčna mesta. Izračun saprobnega indeksa je opisan že pri vzorčenju perifitona.



Slika 3.4: Vzorčenje makroinvertebratov

#### 3.13.1 Diverzitetni indeksi

Pri diverzitetnih indeksih je treba prešteti število vrst, prisotnih v združbi, in izračunati deleže teh vrst. Ti indeksi podajajo razmerje med stabilnostjo in pestrostjo ekosistema, ker pa je pestrost ekosistema zelo težko definirati, obstaja zelo veliko različnih diverzitetnih indeksov.

Najosnovnejša mera diverzitete je število vrst, ki so prisotne v združbi, vendar le-ta običajno ne zadostuje, zato je potrebno določiti tudi deleže posamezne vrste, saj se lahko dve združbi s po štirimi enakimi vrstami zelo razlikujeta. Ena združba ima npr. enake deleže vseh štirih vrst, pri drugi pa lahko močno prevladuje ena vrsta, ostale tri pa so v manjšini. Pri tem je seveda treba upoštevati tudi napako pri vzorčenju, nikoli namreč ne zajamemo prav vseh vrst, ki so prisotne.

Osnovno načelo diverzitetnih indeksov je, da vrstna diverziteteta v ekosistemu pod stresom oz. z naraščanjem onesnaženja pada. Vendar pa to ne drži vedno, še posebno ne v neonesnaženih izvirnih predelih. Tam so vzroki za nižjo diverziteteto v drugih ekoloških dejavnikih, kot je npr. konstantna temperatura in malo hranilnih snovi. Na diverziteteto organizmov razen bremena vpliva tudi diverziteteta mikrohabitata, saj večja pestrost življenjskega prostora zagotavlja ugodne pogoje večjemu številu vrst. Zaradi tega se diverzitetni indeksi uporabljajo le kot dodaten opis združbe.

Različni diverzitetni indeksi se med seboj razlikujejo glede vrednotenja števila vrst in distribucije. Poznamo 8 skupin diverzitetnih indeksov.

Prednost teh indeksov je, da vrst ni nujno potrebno identificirati in so zato primerni za uporabo, kjer:

- ni strokovnjakov taksonomije,
- imamo opravka z neznanimi vrstami organizmov in
- še ne obstajajo taksonomski ključi.

Seveda pa je potrebno ločiti vrste med sabo. Vedeti je treba, ali dva osebka pripadata isti vrsti ali ne.

Danes je najbolj razširjen Shannon-Weaver-jev diverzitetni indeks:

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i, \text{ kjer je:} \quad (3.5)$$

$H'$  ...diverziteteta in

$p_i$  ...delež taksona »i«.

Višja kot je vrednost  $H'$ , večja je diverziteteta. Maksimalna vrednost indeksa je med 4 in 5. Dobra stran tega indeksa je, da ni odvisen od površine, s katere so bili zajeti vzorci, je brezdimenzijski in upošteva relativno abundanco vsakega taksona. Odvisen pa je od sezone in od taksonomskega nivoja določevanja organizmov.

Wilhm in Dorris sta na osnovi tega indeksa podala interpretacijo vrednosti  $H'$  v smislu kvalitete vode (Preglednica 3.2).

**Preglednica 3.2:** Kvaliteta vode v odvisnosti od vrednosti diverzitetnega indeksa (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Vrednost diverzitetnega indeksa	Kvaliteta vode
$H' > 3$	čista voda
$H' = 2-3$	rahlo obremenjena voda
$H' = 1-2$	srednje obremenjena voda
$H' < 1$	močno obremenjena voda

Ta vrsta indeksov temelji na določanju družin in rodov brez štetja. Ideja za te indekse je spoznanje, da s povečanjem onesnaženja selektivno izginjajo vrste od najbolj do najmanj občutljive na določeno vrsto onesnaženja. Z naraščanjem organske obremenjenosti izginjajo taksoni v tem vrstnem redu: vrbnice, enodnevnice, mladoletnice, *Gammarus*, *Asellus*, *Chironomus*, Tubificidae. Prvi tak indeks je bil Trent Biotski indeks, razvit za reko Trent v Angliji.

Prednost tega indeksa je, da je potrebno le minimalno poznavanje taksonomije, vendar ne deluje dobro v vseh onesnaženih vodah. Pri nekaterih vrstah toksičnega onesnaženja daje napačne rezultate. Do napak lahko pride, ker:

- ni štetja osebkov,
- so prirejeni za organska onesnaženja in
- ker imajo le 11 kategorij, medtem ko je možnih ogromno variant bioloških združb.

Kasneje je bil narejen razširjen Trent Biotski indeks s šestnajstimi kategorijami (Preglednica 3.3 in Preglednica 3.4).

**Preglednica 3.3:** Trent biotski indeks (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

		Celotno število skupin prisotnih v vzorcu				
		0 - 1	2 - 5	6 - 10	11 - 15	> 15
Takson (prisotnost)		Vrednost indeksa				
Vrbnice – ličinke	≥ 2 skupini	-	7	8	9	10
	1 skupina	-	6	7	8	9
Enodnevnice – ličinke	≥ 2 skupini	-	6	7	8	9
	1 skupina	-	5	6	7	8
Mladoletnice – ličinke	≥ 2 skupini	-	5	6	7	8
	1 skupina	4	4	5	6	7
<i>Gammarus</i>		3	4	4	6	7
<i>Asellus</i>		2	3	4	5	6
<i>Tubificidae</i> in/ali rdeči <i>Chironomidae</i>		1	2	3	4	-
Nobeden od zgornjih		0	1	2	-	-

**Preglednica 3.4:** Vrednosti Trent biotskega indeksa, izražene v smislu kakovostnih razredov (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

Kakovostni razred	Opis stanja	TBI vrednost
I.	neobremenjeno	9 – 10
II.	rahlo obremenjeno	7 – 8
III.	obremenjeno	5 – 6
IV.	močno obremenjeno	< 4

Slabost teh indeksov je tudi, da niso uporabni na širšem geografskem območju, kot je na primer saprobni indeks. Zato so bile razvite različice za posamezna geografska območja. Države, ki imajo geografsko zelo razgibano površino, teh indeksov ne uporabljajo.



Chandlerjev biotski seštevek pa za razliko od TBI nima zgornje meje, v praksi pa se vrednosti gibljejo od 0 do 2000. Upošteva tudi abundanco in je bolj občutljiv na manjše spremembe.

Pri indeksu BMWP (Biological monitoring working party) so osebki identificirani le do družine in ne vrste. Vsaka družina ima določeno število točk med 1 in 10 (razen 9) glede na toleranco, tako da ima najobčutljivejša družina najvišjo vrednost točk. Najprej so indeks računali kot vsoto vrednosti vseh taksonov, kasneje pa so zaradi vpliva velikosti vzorca vpeljali povprečno vrednost ASPT, ki jo dobimo tako, da vsoto vrednosti vseh taksonov delimo s številom taksonov, prisotnih v vzorcu. Vrednosti BMWP, višje od 100, in vrednosti ASPT, višje od 4.5, določajo dobro kakovost vode (Preglednica 3.5). Ta indeks ne upošteva abundance, niti tega, da lahko eno družino predstavlja več različnih vrst. Uporaben je na širokem območju in je podoben Chandlerjevemu indeksu, le da je bolj enostaven. Za vrednotenje po tej metodi potrebujemo kvalitativen vzorec, sestavljen iz podvzorcev iz različnih mikrohabitativ na izbranem vzorčnem mestu.

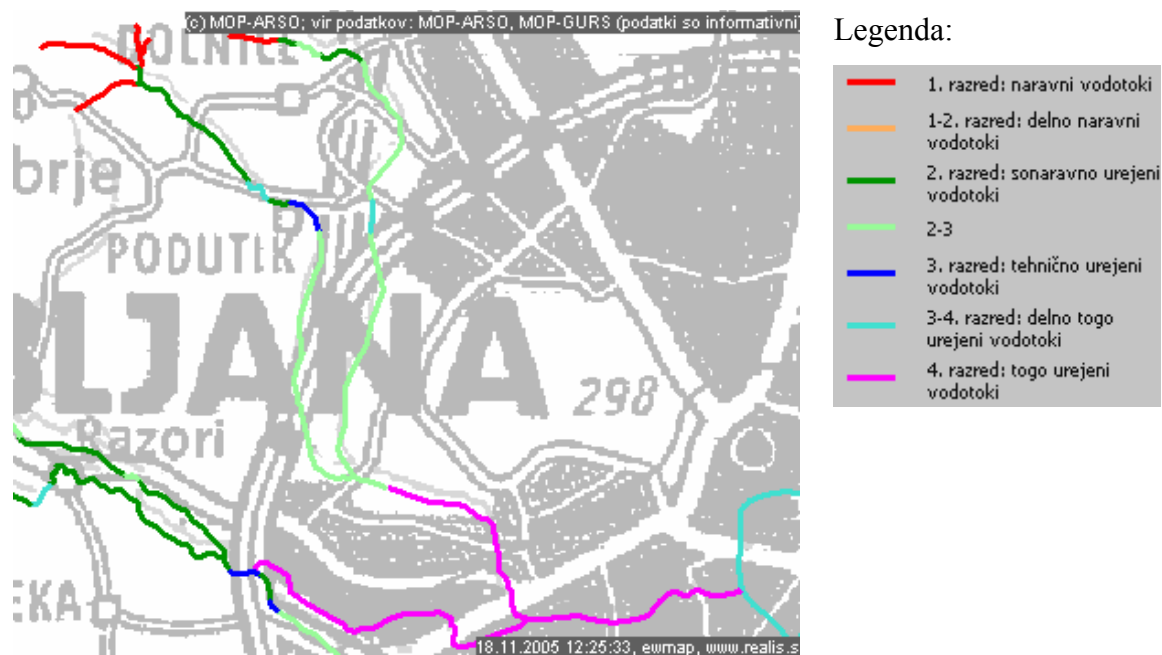
**Preglednica 3.5:** Vrednosti indeksov BMWP in ASPT s pripadajočimi kakovostnimi razredi (Vir: Urbanič, Toman, 2003)

<b>Kakovostni razred</b>	<b>Vrednost BMWP</b>	<b>Vrednost ASPT</b>	<b>Stopnja obremenjenosti vodotoka</b>
I	> 150	> 6,0	neobremenjena do rahlo obremenjena
II	101 - 150	4,5 – 6,0	majhna
III	51 – 100	3,6 – 4,4	srednja
IV	26 – 50	3,1 – 3,4	močna
V	< 25	< 3,1	zelo močna

## 4 OPIS VZORČNIH MEST

### 4.1 Splošno o Glinščici

Glinščica izvira pod severovzhodnimi obronki Toškega čela (590 m n. v.) in pri Podutiku preide v ravninski del Ljubljanske kotline. Odseki na srednjem delu Glinščice mejijo na krajinski park. Topografska slika porečja je sestavljena iz gričevnatega dela na vzhodu in zahodu ter ravninskega dela, ki se razširi v južnem delu. Relief porečja Glinščice je precej raznolik od strmih povirnih območij do ravnice. V povezavi z značilnostmi reliefa, pokrovnostjo površja z vegetacijo, karakteristično sestavo tal ter deležem prepustnih in neprepustnih površin, variirajo tudi karakteristike površinskega odtoka. Obsežne urbane površine se raztezajo predvsem na vzhodnem in južnem delu porečja ter območju Podutika in Kamne Gorice. Ravninski del porečja je slabo prepusten. Povirje Glinščice sega na severni strani v pobočje Toškega čela in Črnega vrha (482 m n. v.), razvodnica na vzhodu sega v urbano območje mesta Ljubljana (Dravlje, Šiška), preko Šišenskega hriba in Rožnika (393 m. n.v.) do izliva v Gradaščico (293 m n.v.), ki predstavlja najjužnejšo točko porečja. V smeri



Slika 4.1: Kategorizacija urejenosti vodotoka Glinščice (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

proti zahodu poteka razvodnica skozi urbano območje preko Brda vse do Tičnice (352 m. n. v.), kjer se usmeri proti severu preko Stražnega vrha (439 m n.v.) in Prevala do Toškega čela. Večji pritok Glinščice je Pržanec, čigar povirje sega v pobočje Velike trate (518 m n.v.) in Male trate (436 m n.v.) in odvaja vodo s pretežno ravninskega dela vzhodno od Glinščice. Ocenjeno je bilo, da je na celotnem porečju Glinščice delež urbanih površin 38 % oziroma 6.6 km<sup>2</sup>. Ob tem se na porečje Glinščice steka tudi pretežen del meteornih vod z 1.9 km<sup>2</sup> površin z območja Šentvida (Rusjan, 2003b).

## 4.2 Vzorčna mesta

### 4.2.1 Vzorčno mesto GLIN 1

Oddaljenost od izvira: 2,3 km

Geografske koordinate:

y = 457545

x = 103918

Nadmorska višina: 315 m

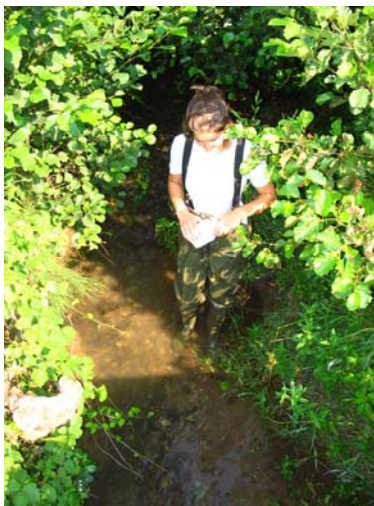


**Slika 4.2:** Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 1 (Vir:

<http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Vzorčno mesto GLIN 1 se nahaja na izvornem delu Glinščice v Podutiku. Na tem delu je struga vodotoka sonaravno urejena, kjer se tipično izmenjujejo brzice in tolmini. Dno je prodnato, tolmini pa so zamuljeni. Brežina je zarasla, dominantno rastje pa je jelša, ki zavzema 90 %, sledijo pa dren, jesen, leska in vrba. Zaledje predstavljajo urejeni travniki, gozd in nekaj njiv, urbanega zaledja pa skorajda ni (Slika 4.2). Na travniku je opaziti precej

kislic in zlatih, kar je posledica gnojenja z gnojevko. Tipične rastline v povirnem delu Glinščice so krvomočnice.



**Slika 4.3:** Vzorčno mesto GLIN 1 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.5:** Vzorčno mesto GLIN 1 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno



**Slika 4.7:** Vzorčno mesto GLIN 1 dne 20. 3. 2005, pogled dolvodno



**Slika 4.4:** Vzorčno mesto GLIN 1 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.6:** Vzorčno mesto GLIN 1 dne 20. 3. 2005, pogled gorvodno



#### 4.2.2 Vzorčno mesto GLIN 2

Oddaljenost od izvira: 4,6 km

Geografske koordinate:

y = 458093

x = 102243

Nadmorska višina: 301 m



**Slika 4.8:** Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 2 (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Vzorčno mesto GLIN 2 se nahaja ob Avtocestni bazi tik ob avtocesti med naseljema Podutik in Brdo. Na tem delu je vodotok sonaravno do tehnično urejen. Še vedno lahko ločimo brzice od tolmunov, čeprav je struga že precej izravnana. Brežine so bistveno manj obrasle, zato je osenčenost vodne gladine manjša. Dominantno rastje je na tem mestu dren, sledita pa mu vrba in jelša. Zaledje predstavljajo travniki in njive, v neposredni bližini je avtocesta, nekaj pa je tudi urbanega zaledja (Slika 4.8). Približno 30 m gorvodno od vzorčnega mesta priteka po 1 m širokem kanalu voda iz smeri avtoceste.



**Slika 4.9:** Vzorčno mesto GLIN 2 dne 15. 7. 2005



**Slika 4.10:** Vzorčno mesto GLIN 2 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno



**Slika 4.11:** Vzorčno mesto GLIN 2 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.12:** Vzorčno mesto GLIN 2 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno



**Slika 4.13:** Vzorčno mesto GLIN 2 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno

### 4.2.3 Vzorčno mesto GLIN 3

Oddaljenost od izvira: 6,2 km

Geografske koordinate:

y = 458622

x = 101107

Nadmorska višina: 299 m



**Slika 4.14:** Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 3 (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Vzorčno mesto GLIN 3 se nahaja ob Brdnikovi cesti. Tudi na tem mestu je vodotok sonaravno do tehnično urejen. Struga je izravnana in poglabljena, brežine so utrjene s kamni. Tipičnih brzic in tolmunov ni več, vendar brzice nadomeščajo nizki pragovi, preko katerih je



tok najhitrejši, nato pa se do naslednjega pragu zmanjšuje. Namen teh pragov je bil sicer zagotovitev enakomernega padca struge. Brežine so obrasle s travami, grmovja ni, posledično tudi zasenčenosti struge ni. V zaledju so gojeni travniki in ceste, urbanih površin je še vedno malo (Slika 4.14).



**Slika 4.15:** Vzorčno mesto GLIN 3 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.17:** Vzorčno mesto GLIN 3 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno



**Slika 4.16:** Vzorčno mesto GLIN 3 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno



**Slika 4.18:** Vzorčno mesto GLIN 3 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno

#### 4.2.4 Vzorčno mesto GLIN 4

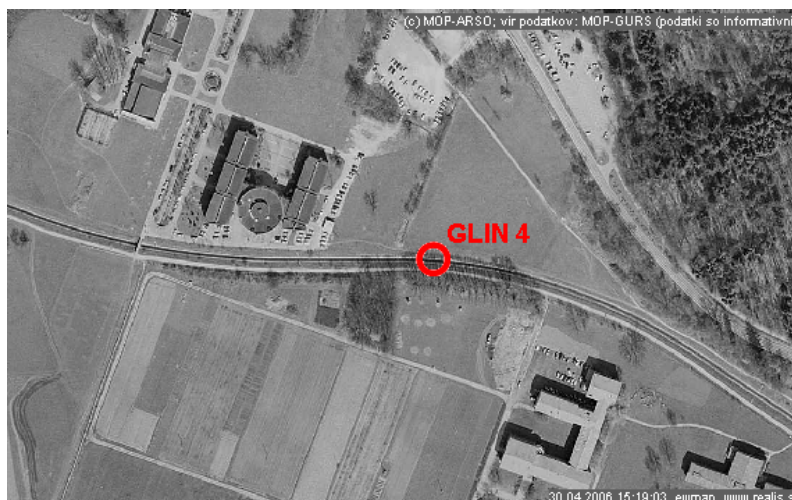
Oddaljenost od izvira: 7,0 km

Geografske koordinate:

y = 459450

x = 100876

Nadmorska višina: 297 m



**Slika 4.19:** Aerosposnetek vzorčnega mesta GLIN 4 (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Vzorčno mesto GLIN 4 se nahaja ob Biološkem središču. Na tem mestu je vodotok popolnoma togo urejen. Dno in brežine struge so tlakovane z betonskimi ploščami in predstavljajo kanal trapezne oblike. Na brežinah, kjer se konča betonski kanal, raste trava. Grmovja ni, zato je struga osenčena le na krajšem odseku, kjer blizu struge rastejo drevesa. V zaledju so travniki, gozd, kmetijske površine, nekaj urbanih površin in živalski vrt (Slika 4.19).



**Slika 4.20:** Vzorčno mesto GLIN 4 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.21:** Vzorčno mesto GLIN 4 dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno





**Slika 4.22:** Vzorčno mesto GLIN 4 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.23:** Vzorčno mesto GLIN 4 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno

#### 4.2.5 Vzorčno mesto GLIN 5

Oddaljenost od izvira: 8,3 km

Geografske koordinate:

y = 460060

x = 99894

Nadmorska višina: 293 m



**Slika 4.24:** Aeroposnetek vzorčnega mesta GLIN 5 (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Vzorčno mesto GLIN 5 se nahaja ob Tržaški cesti, tik pred izlivom v Gradaščico. Tudi na tem mestu je korito betonsko trapezne oblike, senco pa na nekaterih mestih delajo drevesa. Zaledje je povsem urbano (Slika 4.24).



**Slika 4.25:** Vzorčno mesto GLIN 5 dne 15. 7. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.26:** Vzorčno mesto GLIN 5 dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.27:** Vzorčno mesto GLIN 5 dne 20. 3. 2006, pogled dolvodno



**Slika 4.28:** Vzorčno mesto GLIN 5 dne 20. 3. 2006, pogled gorvodno



#### 4.2.6 Vzorčno mesto na pritoku Pržanec

Oddaljenost od izvira: 5,1 km

Geografske koordinate:

y = 458477

x = 101525

Nadmorska višina: 299 m



**Slika 4.29:** Aeroposnetek vzorčnega mesta na pritoku Pržanec (Vir: <http://kremen.arso.gov.si/nvatlas>)

Za primerjavo smo si izbrali eno vzorčno mesto tudi na potoku Pržanec, ki je eden glavnih pritokov Glinščice iz območja med Rožnikom, Dravljami in podutiško razvodnico. Izvira globoko v predgorju Polhograjskih dolomitov in je dolg 5.8 km. Pržanec ima deloma hudourniški režim. Na območju Pržanca se je v preteklem stoletju izvedlo kar nekaj hidromelioracij z namenom osušitve zamočvirjenega ozemlja, po katerem je tekel plitek in vijugast Pržanec. Odseki na spodnjem delu Pržanca mejijo na krajinski park. Potok Pržanec poteka v zgornjem delu skozi urbanizirano območje, spodnji del v dolžini 1,5 km od Kosez do izliva v Glinščico pa je speljan po kmetijskih in travniških površinah. Območje Glinščice od ceste za opekarno do zahodne obvoznice in večji del Pržanca je močno prizadeto s načrtovanimi koridorji novih železniških povezav, ki v veliki meri potekajo preko poplavnih površin obravnavanih vodotokov (Kuzma, 2003).

Vzorčno mesto na pritoku Pržanec smo si izbrali malo pred izlivom v Glinščico ob Brdnikovi cesti. Bregovi so močno obrasli, dno struge je zamuljeno, zaledje pa predstavljajo travniki, gozd in njive (Slika 4.29).



**Slika 4.30:** Vzorčno mesto na Pržancu dne 21. 11. 2005, pogled gorvodno



**Slika 4.31:** Vzorčno mesto na Pržancu dne 21. 11. 2005, pogled dolvodno

## 5 REZULTATI IN KOMENTAR

Meritve smo opravljali na petih različnih odsekih Glinščice in odseku pritoka Pržanec v petih različnih dneh, in sicer 17. 5. 2005 (Preglednica 5.1), 15. 7. 2005 (Preglednica 5.2), 11. 8. 2005 (Preglednica 5.3), 21. 11. 2005 (Preglednica 5.4) in 20. 3. 2006 (Preglednica 5.5). Vse dni, razen dne 15. 7., so bili zajeti tudi vzorci perifitona in makroinvertebratov, ki pa do oddaje mojega diplomskega dela še niso bili analizirani.

**Preglednica 5.1:** Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 17.5.2005

DATUM	17.5.2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
ura	8:30	10:00	10:55	13:15	14:10	11:50
vreme	jasno	jasno	jasno	del. obl.	ploha	del. obl.
koncentracija kisika [mg/L]	11,0	9,8	11,3	12,6	13,5	7,3
nasičenost s kisikom [%]	99	96	113	133	140	78
temperatura [°C]	10,1	12,4	14,0	16,2	16,2	16,4
prevodnost [ $\mu$ S/cm]	242	252	355	366	384	276
pH	7,7	7,8	7,9	7,7	7,8	8,0
največja globina [cm]	21	14	29	17	16	18
največja hitrost [m/s]	0,4	0,5	0,9	0,6	0,4	0,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	0,26	0,93	1,32	0,70	0,72	0,89
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/L]	0,03	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06

**Preglednica 5.2:** Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 15.7.2005

DATUM	15. 7. 2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
ura	9:21	10:55	11:38	14:24	13:45	12:40
vreme	jasno	jasno	jasno	pret. jas.	jasno	jasno

se nadaljuje...

...nadaljevanje

DATUM	15. 7. 2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
nasičenost s kisikom [%]	93	128	107	148	160	90
temperatura [°C]	11,3	14,8	17,2	20,4	20,3	19,6
prevodnost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	429	432	409	430	435	380
pH	8,2	8,4	8,6	8,6	8,9	8,4
največja globina [cm]	21	17	34	23	22	23
največja hitrost [m/s]	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2
pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0,01	0,04	0,07	0,06	0,07	0,02
$\text{NO}_3^-$ [mg/L]	5,64	6,23	5,84	5,19	4,89	4,81
$\text{PO}_4^{3-}$ [mg/L]	0,05	0,06	0,01	0,12	0,10	0,12

Preglednica 5.3: Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 11.8.2005

DATUM	11. 8. 2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
ura	9:16	10:04	10:52	13:00	12:20	11:30
vreme	dež	dež	dež	del. obl.	oblačno	pret. obl.
koncentracija kisika [mg/L]	9,7	7,6	7,9	10,7	10,9	7,9
nasičenost s kisikom [%]	92	81	81	115	115	85
temperatura [°C]	11,5	14,6	15,8	17,0	16,8	17,2
prevodnost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	444	459	479	490	510	440
pH	8,2	8,4	8,4	8,5	8,5	8,4
največja globina [cm]	23	15	30	17	18	19
največja hitrost [m/s]	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,0
pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05	0,00
$\text{NO}_3^-$ [mg/L]	6,86	5,73	5,52	5,16	5,43	6,62
$\text{PO}_4^{3-}$ [mg/L]	0,01	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04

**Preglednica 5.4:** Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 21.11.2005

DATUM	21.11.2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
ura	9:55	10:45	12:30	13:45	13:10	11:35
vreme	zmer. obl.	zmer. obl.	oblačno	oblačno	oblačno	oblačno
koncentracija kisika [mg/L]	10,1	11,2	11,8	12,5	12,7	11,5
nasičenost s kisikom [%]	88	88	91	98	101	87
temperatura [°C]	8,1	3,9	3,1	4,1	4,5	2,4
prevodnost [ $\mu$ S/cm]	457	455	430	445	460	365
pH	7,6	7,9	8,0	8,1	8,1	8,4
največja globina [cm]	21	13	28	13	12	21
največja hitrost [m/s]	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4	0,0
pretok [ $m^3/s$ ]	0,00	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	4,74	3,90	8,75	11,97	18,86	9,29
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/L]	0,02	0,03	0,09	0,04	0,08	0,08

**Preglednica 5.5:** Rezultati meritev na različnih odsekih Glinščice in pritoku Pržanec, dne 20. 3. 2006

DATUM	20.3.2006					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
ura	9:10	10:00	11:00	13:20	12:30	11:40
vreme	jasno	jasno	jasno	jasno	jasno	jasno
koncentracija kisika [mg/L]	11,7	11,8	12,3	13,1	14,7	11,4
nasičenost s kisikom [%]	101	97	101	115	127	95
temperatura [°C]	7,3	5,8	5,7	8,1	7,7	6
prevodnost [ $\mu$ S/cm]	345	359	389	383	392	356
pH	7,9	8,0	8,2	8,2	8,3	8,4
največja globina [cm]	34	27	58	43	45	42
največja hitrost [m/s]	0,32	0,35	0,34	0,90	0,92	0,25
pretok [ $m^3/s$ ]	0,03	0,11	0,32	0,37	0,37	0,10

se nadaljuje...

...nadaljevanje

<b>DATUM</b>	<b>20.3.2006</b>					
<b>ODSEK</b>	<b>GLIN1</b>	<b>GLIN2</b>	<b>GLIN3</b>	<b>GLIN4</b>	<b>GLIN5</b>	<b>PRITOK</b>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [mg/L]</b>	4,46	6,52	6,71	6,00	5,97	6,89
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> [mg/L]</b>	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02

Vrednosti pretoka dne 20. 3. 2006, ki so napisane v poševnem tisku, so samo predpostavljene. Izmerjene so bile namreč le največje hitrosti na posameznem odseku, ostale hitrosti v prečnem profilu pa sem predpostavila glede na vrednosti prejšnjih meritev in tako izračunala orientacijsko vrednost pretoka.

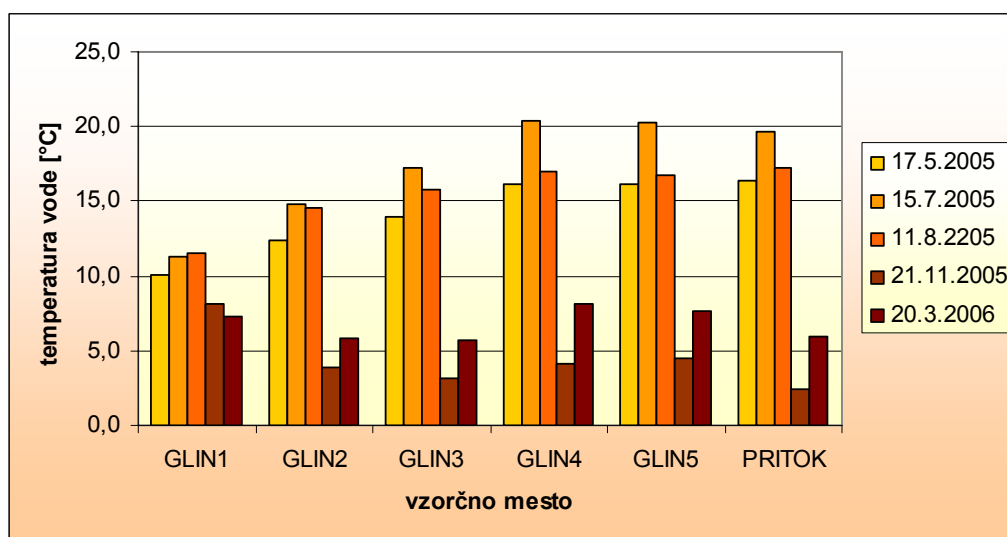
## 5.1 Temperatura

Na temperaturo vode močno vpliva temperatura zraka. Ta vpliv je še posebno velik na nezasenčenih predelih vodotoka, saj se voda najbolj segreva zaradi absorpcije sončnega sevanja v vodi ter v vodi raztopljenih delcih in suspendiranih delcih. Ker se temperatura zraka spreminja sezonsko in dnevno, sta zelo pomembna podatka datum in ura meritve.

Povprečna dnevna temperatura zraka je bila v času drugih meritev, dne 15.7., kar za 6 °C višja od povprečne dnevne temperature zraka v času prvega izvajanja meritev, dne 17.5., kar izrazito vpliva na temperaturo vode, saj je bila le-ta na vseh odsekih Glinščice, kakor tudi na pritoku Pržanec, ob drugih meritvah višja kakor ob prvih (Slika 5.1). Razlike so najbolj opazne na odsekih GLIN 4 in GLIN 5, kjer ni osenčenosti struge. V nasprotju s tema dvema odsekoma pa ima odsek GLIN 1 precej veliko osenčenost, zato sončno vreme ne vpliva toliko na ogrevanje vode. Bistvenega pomena pa je tudi to, da smo z meritvami vedno začeli v zgornjem toku (GLIN 1), in se pomikali dolvodno, končali pa okrog poldneva na odsekih GLIN 4 in GLIN 5. Vendar smo meritve vedno izvajali v istem vrstnem redu, zato so vrednosti na istem odseku med sabo primerljive. Razlog za manjši vpliv temperature zraka na temperaturo vode v izvornem delu je tudi v tem, da je voda izvira približno enaka povprečni letni temperaturi kraja, voda pa se do prvega vzorčnega mesta, ki je relativno blizu izvira, še



ne segreje bistveno. Tudi vreme je bilo v času prvih meritev, dne 17.5., in drugih meritev, dne 15.7., zelo podobno. Večinoma je bilo jasno, le da je bila 17.5. na odseku GLIN 5 manjša ploha, ki pa na izmerjeno temperaturo vode ni vplivala, saj smo jo izmerili še pred začetkom plohe.



Slika 5.1: Temperatura vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

V času tretjih meritev, dne 11.8., je bilo vreme drugačno, saj je dopoldne rahlo deževalo in tudi kasneje je bilo večinoma oblačno, zato se voda ni segrela zaradi sončnega obsevanja kot pri prvih dveh meritvah, posledično pa so bile temperature nižje od julijskih in le malo višje od majskih. Padeč temperatur glede na julijske je bistveno izrazitejši na mestih brez osenčenosti, na odseku GLIN 1, kjer je osenčenost največja, pa se temperatura glede na julij celo nekoliko povzpne.

Bistveno drugačne pa so temperature, ki smo jih izmerili pri četrth meritvah, dne 21.11., saj so bile temperature zraka ta dan le malo nad lediščem, najvišja dnevna temperatura v Ljubljani je bila 4 °C, vreme pa je bilo oblačno (Mesečni bilten ARSO, 11/XII). Na vseh vzorčnih mestih, razen na prvem, je bila to najnižja izmerjena temperatura od vseh meritev, ki smo jih opravili. Najvišjo temperaturo smo tokrat izmerili na prvem vzorčnem mestu, ki je najbližje izvira, zato temperatura tudi na tem mestu še ni bila veliko nižja kot je povprečna temperatura kraja izvira. Že na naslednjem vzorčnem mestu se je temperatura občutno

znižala, česar vzrok je lahko tudi to, da od prvega vzorčnega mesta naprej ni več gozda, ki bi s svojo mikroklimo ohranjal nekoliko višjo temperaturo. Temperatura upade kar za 4 °C. Na naslednjem odseku se temperatura vode še malenkost zniža, na zadnjih dveh odsekih pred izlivom Glinščice v Gradaščico pa zopet minimalno naraste. Vzrok so lahko pritoki z urbanih površin. Najnižja temperatura pa je bila izmerjena na pritoku Pržanec, in sicer le 2,4 °C.

V času petih meritev, dne 20. 3. 2006, so se temperature zraka in z njimi tudi temperature vode glede na prejšnje meritve nekoliko povzpele. Najnižja jutranja temperatura je bila -1,5 °C, najvišja dnevna pa že 13 °C (Mesečni bilten ARSO, 3/XIII). Razen na prvem vzorčnem mestu so bile temperature na vseh vzorčnih mestih višje kot pri novembrskih meritvah. Od drugega vzorčnega mesta dalje vzorec nihanja temperatur glede na vzorčna mesta sledi vzorcu novembrskih meritev, le da so temperature nekoliko višje. Temperature vode je nižal taleči se sneg, vzrok povišanja temperature vode na zadnjih dveh vzorčnih mestih pa je lahko prtok z urbanih površin in sončno obsevanje, saj je bilo ves dan sončno vreme.

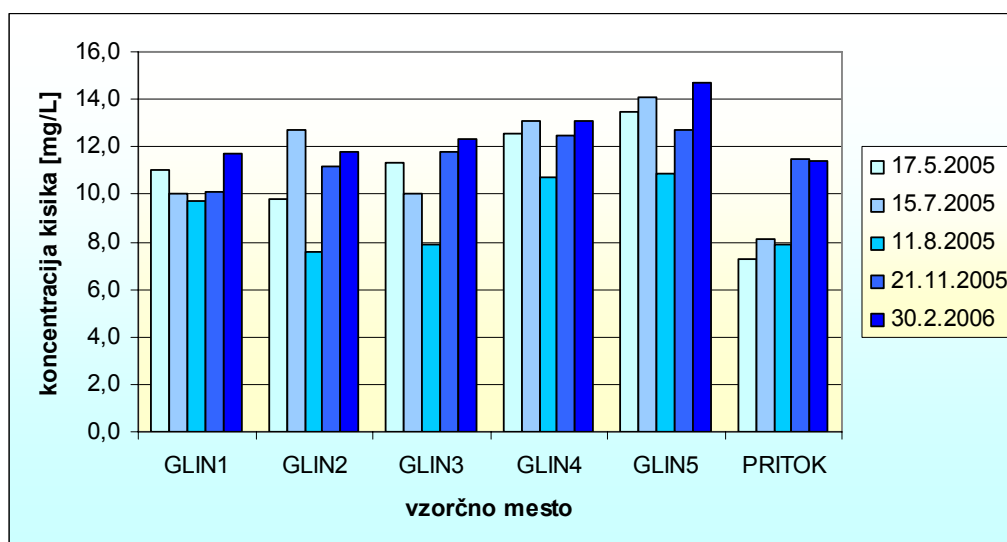
## 5.2 Koncentracija kisika

Koncentracija kisika je odvisna od temperature, zračnega tlaka in koncentracije ionov, bistven vpliv nanjo pa imata fotosinteza in respiracija.

Če primerjamo vrednosti koncentracije kisika vzdolž toka za vsak dan meritev posebej, opazimo, da se koncentracija kisika po toku navzdol povečuje. Nekoliko upade le na drugem vzorčnem mestu v času majskih in avgustovskih meritev, to pa verjetno zato, ker je na tem mestu več porabnikov kot na prvem mestu. Kasneje se koncentracija kisika povečuje zaradi vedno večje osončenosti struge in vedno večjega deleža alg (Slika 5.2).

Koncentracija kisika je odvisna tudi od ure merjenja, saj fotosinteza poteka le podnevi, zato so dnevne koncentracije kisika večje od nočnih in zgodnjih jutranjih. Meritve smo najprej opravljali na izvirnem delu in se pomikali dolvodno. Tudi to je lahko vzrok, da so vrednosti na gorvodnih odsekih nižje od vrednosti na dolvodnih odsekih.

Nekoliko izstopa julijska vrednost na odseku GLIN 2. Vzrok je najbrž to, da so bile ob prvih meritvah neposredno ob strugi zelo visoke trave, ki so vodotoku dajale senco, ob drugih meritvah pa je bila ta trava popolnoma poležana, zato je bila osončenost bistveno večja. V avgustovski meritvi pa vrednost seveda upade zaradi oblačnosti in padavin.



Slika 5.2: Koncentracija kisika na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Na prvem odseku (GLIN 1) alg skorajda ni in tudi zasenčenost je velika, zato je koncentracija kisika odvisna predvsem od temperature vode. Če primerjamo graf koncentracije kisika v vodi z grafom temperature, je zelo lepo viden upad koncentracije kisika z naraščanjem temperature. Dolvodno imajo velik vpliv alge, zato odvisnost koncentracije kisika od temperature ni tako očitna.

Če pa primerjamo vrednosti na posameznih odsekih v različnih dneh, pa ugotovimo, da so se julija vrednosti večinoma nekoliko povečale glede na maj. Čeprav so bile temperature vode v juliju večje kot v maju, se je koncentracija kisika malo povečala, in sicer zaradi večje osončenosti. To je še posebej vidno na že omenjenem vzorčnem mestu GLIN 2. Na dan drugih meritev je bilo namreč ves dan sončno vreme. V avgustu pa kljub nižjim temperaturam zraka koncentracija kisika upade zaradi oblačnega vremena in s tem zelo zmanjšane osončenosti, ki ima za posledico zmanjšano aktivnost primarnih producentov. Vrednosti so nižje tudi od majskih meritev, saj je bilo v času avgustovskih meritev manj sonca (samo 1,5

ure) kot v času majskih, poleg tega pa so bile tudi temperature vode avgusta nekoliko višje kot maja.

Novembra je temperatura vode zelo upadla, zato se je koncentracija kisika v vodi zopet povečala in na nekaterih mestih celo preseгла majske in julijske vrednosti. Še višje vrednosti je preprečilo oblačno vreme in kratek dan ter tudi nizke temperature, ki zavirajo delovanje primarnih producentov. Na pritoku Pržanec je novembrska vrednost koncentracije kisika v vodi izrazito preseгла vrednosti vseh dotedanjih meritev in tudi voda je bila bistveno manj kalna kot pri prejšnjih meritvah.

Kljub temu, da se je marca temperatura vode na skoraj vseh vzorčnih mestih nekoliko povečala v primerjavi z novembrskimi, je bila koncentracija raztopljenega kisika na vseh vzorčnih mestih višja kot novembra. Razlog je majhno število porabnikov zaradi nizkih temperatur in hitrega toka vode ter sončno vreme, ki je pospešilo delovanje proizvajalcev, ki jih je bilo sicer tudi precej manj kot novembra.

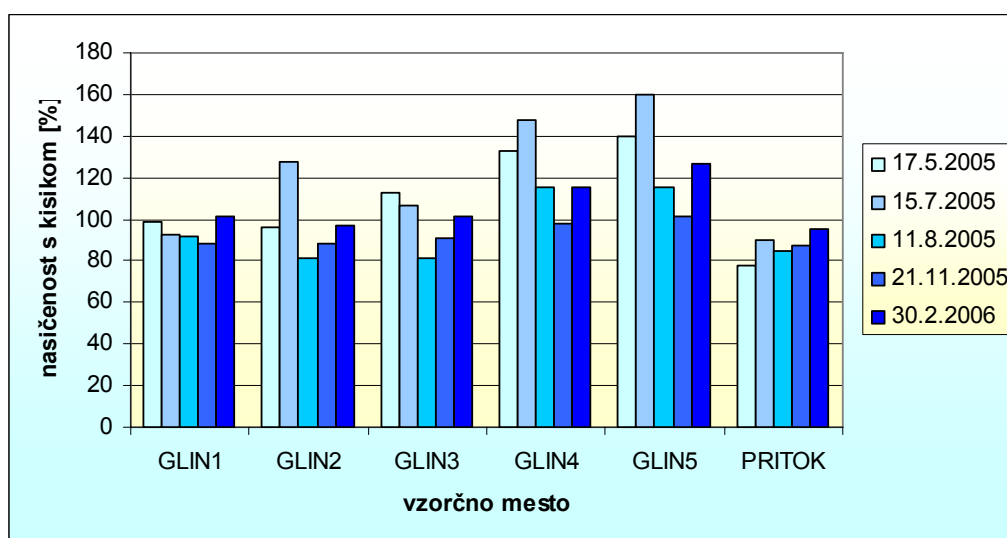
### **5.3 Nasičenost s kisikom**

Nasičenost s kisikom ni odvisna od temperature, saj izraža odstotek največje možne nasičenosti pri dani temperaturi, in je tako odvisna le od fotosinteze in respiracije.

Nasičenost s kisikom se vzdolž toka povečuje kot lahko vidimo na Slika 5.3, saj se povečuje tudi delež alg. Poleg tega je zaradi manjše osenčenosti na mestih GLIN 4 in GLIN 5 več svetlobe, zato je primarna produkcija bistveno večja kot na gorvodnih odsekih. Opazimo lahko tudi to, da na odseku GLIN 1, kjer ni alg in je malo svetlobe, nasičenost s kisikom ne presega vrednosti 100%, razen za malenkost pri marčevskih meritvah, dolvodno pa zaradi velike obraslosti z algami prihaja do hipersaturacije.

Na nasičenost s kisikom bistveno vpliva tudi vreme. Ob prvih meritvah, dne 17.5., je bilo na prvih treh odsekih jasno, na Pržancu in zadnjih dveh odsekih Glinščice pa delno do pretežno oblačno. Na ta dan je sončno obsevanje v Ljubljani trajalo 4 ure (Mesečni bilten ARSO, 5/XII). Ob drugih meritvah, dne 15.7., pa je bilo ves dan sončno. Sončno obsevanje v

Ljubljani je na ta dan trajalo kar 13 ur (Mesečni bilten ARSO, 7/XII). Pri nasičenosti s kisikom se to pozna tako, da na odsekih, ki niso osenčeni, vrednosti narastejo zaradi večjega sončnega obsevanja kot pri prvih meritvah. Večje sončno obsevanje povzroči večjo produktivnost primarnih producentov, zato se nasičenost s kisikom poveča. V času tretjih meritev, dne 11.8., pa je bilo na vseh odsekih oblačno vreme, na prvih treh je celo deževalo. V Ljubljani je sončno obsevanje trajalo le 1,5 ure (Mesečni bilten ARSO, 8/XII). Zaradi pomanjkanja sončnega obsevanja so se vrednosti nasičenosti s kisikom na vseh odsekih zmanjšale glede na prvo in drugo meritev.



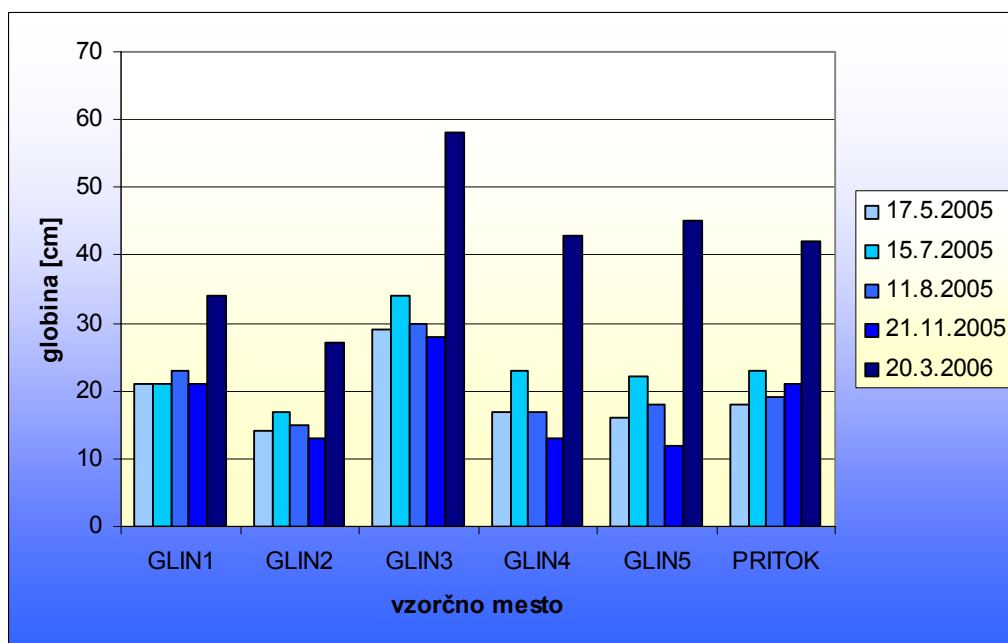
**Slika 5.3:** Nasičenost s kisikom na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Pri četrth meritvah, dne 21.11., na nobenem odseku, razen na odseku GLIN 5, in še to minimalno, ni bila presežena vrednost 100%. To le potrjuje predpostavko, ki sem jo postavila že pri koncentraciji kisika, da je zaradi oblačnosti, kratkega dneva in nizkih temperatur zelo zmanjšana produktivnost primarnih producentov in zato ne pride do hipersaturacije. Pri pritoku Pržanec je jasno vidno, da je višja koncentracija kisika pri novembrskih meritvah samo posledica nizke temperature vode, saj je nasičenost s kisikom ostala enaka kot pri prejšnjih meritvah. Zanimivo je tudi to, da so si novembrske meritve na različnih odsekih med sabo veliko bolj podobne kot meritve pri prejšnjih dneh. Pogoji so bili namreč na vseh odsekih zelo podobni: nizka temperatura vode, oblačno vreme, osenčenosti pa praktično nikjer ni bilo, saj je odpadlo listje z dreves.

Tudi pri marčevskih meritvah so si vrednosti na različnih odsekih med sabo podobne, le da so nekoliko višje od novembrskih. Vrednosti so višje, ker je dan že precej daljši, sončno obsevanje pa je trajalo kar 10 ur in pol. Heterotrofne organizme so veliki pretoki odnesli dolvodno, zato ni bilo velike porabe. Tudi alg je bilo precej manj kot pri prejšnjih meritvah, vendar vseeno dovolj, da je na mestih z betonskim koritom prišlo do opazne hipersaturacije.

#### 5.4 Največja globina vode

Globina vode je seveda odvisna od količine padavin. Vendar je zaradi bioloških analiz (makroinvertebrati, perifiton) pomembno, da pretoki niso preveliki, pač pa odražajo povprečno stanje hidroloških razmer v določenem časovnem obdobju. Preveliki pretoki bi namreč odnesli predvsem makroinvertebrate po toku navzdol in zato podatki ne bi bili relevantni. Zato smo po večjih padavinah vedno čakali, da se je vodostaj znižal, zaradi česar so si globine na istem odseku v različnih dneh precej podobne.



**Slika 5.4:** Največja globina vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Kljub temu sem največje globine primerjala s podatki o padavinah s padavinske postaje Ljubljana - Bežigrad, ki je od porečja Glinščice oddaljena le 2 kilometra v smeri proti vzhodu. Niti na dan prvih niti na dan drugih meritev ni bilo omembe vrednih padavin. Skupne padavine v zadnjih petih dneh po drugih meritvah, dne 15.7., pa so bile nekoliko večje kot skupne padavine v zadnjih petih dneh pred prvimi meritvami, dne 17.5. Pred tem petdnevnim obdobjem pred meritvami so bile v maju le ene nekoliko večje padavine (20 mm 5. maja), v juliju pa skoraj ni bilo dneva brez dežja, največ padavin pa je padlo 6. julija, in sicer kar 40 mm (podatki so za Ljubljano, Mesečni bilten ARSO, 7/XII). Zato je tudi največja globina v času drugih meritev na vseh vzorčnih mestih večja kot v času prvih meritev (Slika 5.4). V avgustu zadnje tri dni pred meritvami ni bilo nobenih padavin, zato so se globine spet nekoliko znižale. So bile pa precej velike padavine (55 mm) pet dni pred meritvami, vendar se je njihov vpliv na pretoke v času meritev že zelo zmanjšal. Globina vode se je v času četrth meritev še zmanjšala, saj cel november ni bilo omembe vrednih padavin, vodostaji pa so bili temu primerno nizki. Bistveno višji pa so bili vodostaji marca. Zadnje večje padavine so bile približno 10 dni pred meritvami, vendar je na visok vodostaj vplival tudi taleči se sneg v zaledju. Najbolj se je to poznalo na tretjem vzorčnem mestu, medtem ko je na mestih z betonskim koritom vodostaj zopet nekoliko upadel zaradi hitrejšega toka vode.

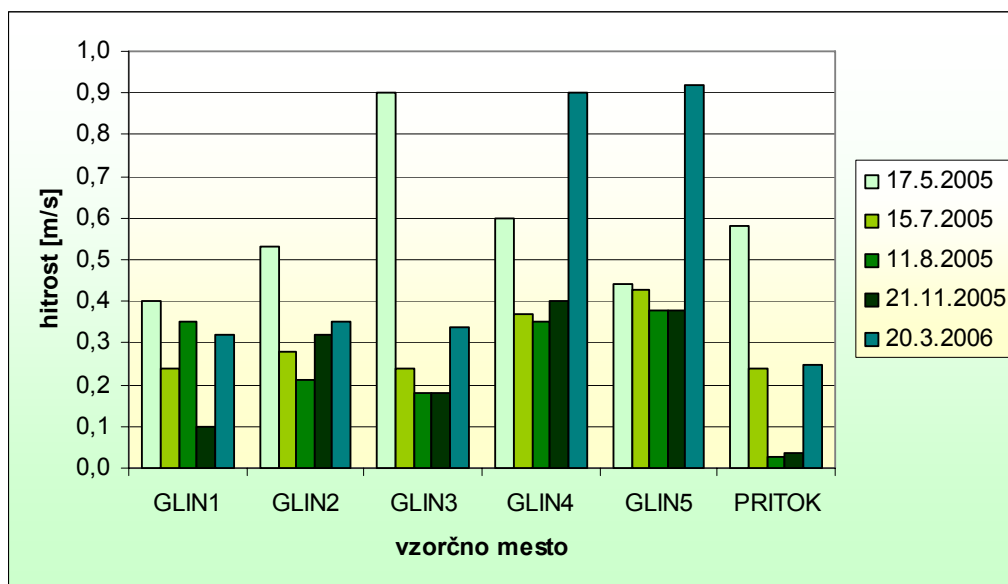
Globina vode je zelo odvisna tudi od prečnega prereza struge. Na prvih dveh odsekih, kjer je struga sonaravno urejena, so značilne brzice in tolmoni. Prečni prerez struge in s tem tudi največjo globino sem merila na meji med brzico in tolmunom. Na naravnem delu struge je pri merjenju globine zelo pomembna mikrolokacija, ki pa se s časom seveda tudi spreminja zaradi prodonosnosti. Oblika struge se spreminja, zato največja globina na tem delu ni nujno odvisna samo od padavin in tudi ne pomeni nujno večjega pretoka.

Na drugem vzorčnem mestu globina struge nekoliko upade zaradi razširitve struge. Na tretjem odseku je struga že veliko bolj vodnata, temu je primerna tudi večja globina. Struga je tu že sonaravno do tehnično urejena in ni več značilnih brzic in tolmunov. Na zadnjih dveh odsekih pa je struga betonska. Dno struge se torej ne spreminja, globina pa je nižja, ker voda hitreje odteka.

## 5.5 Hitrost vodnega toka

Merila sem največjo hitrost vodnega toka na izbranem prečnem profilu. Mišljena je hitrost na 6/10 globine, ki predstavlja povprečno hitrost na posamezni vertikali. Vrednosti z dne 17.5. zelo izstopajo, saj takrat nisem delala prečnega prereza struge in sem izmerila največjo hitrost vode na 6/10 globine na celotnem odseku, zato te vrednosti niso primerljive s kasnejšimi (Slika 5.5). Glede na vodostaj in količino padavin pa bi morale biti nižje od kasnejših.

Še posebej izstopa vrednost na odseku GLIN 3 z dne 17.5. Na tem odseku so namreč umetno ustvarjeni pragovi iz večjih kamnov. Tik za pragom je hitrost največja, nato pa se zmanjšuje proti dolvodnemu pragu. Prvič sem hitrost merila tik ob pragu, kasneje pa na sredini med dvema pragoma, kjer sem si izbrala profil za merjenje globin in hitrosti.



**Slika 5.5:** Največja hitrost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

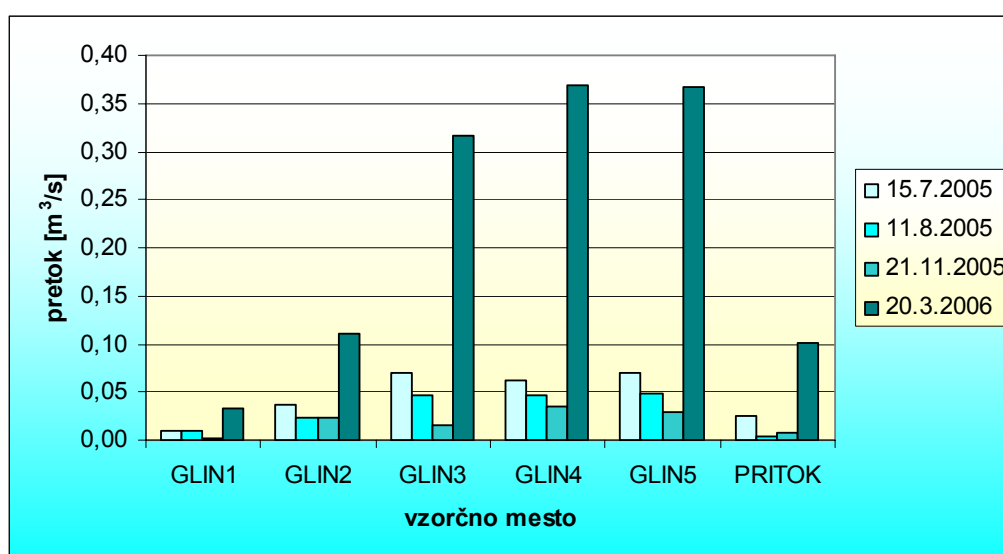
Tako kot globina je tudi hitrost vode odvisna od padavin in ker smo čakali na znižanje vodostajev, so si tudi hitrosti na posameznih odsekih v različnih časih med seboj podobne. Vrednosti z dne 11.8. so nekoliko nižje od vrednosti 15.7., saj je bila količina padavin v času pred tretjimi meritvami manjša kakor v času pred drugimi meritvami. Novembrske vrednosti



pa so proti pričakovanjem na mestih GLIN 2 in GLIN 4 celo višje od julijskih in avgustovskih vrednosti. Vzrok tega je nihanje hitrosti vode med merjenjem. Na mestu GLIN 2 pa je vzrok za večjo hitrost tudi to, da je bil na pretežnem delu prečnega prereza struge zelo nizek vodostaj in je skoraj vsa voda tekla po globlji polovici struge, kjer je bila temu primerno višja hitrost vodnega toka. Najvišje hitrosti, če ne upoštevamo majske vrednosti, ki niso primerljive z ostalimi, so bile izmerjene v marcu 2006, ko so bili tudi vodostaji najvišji, kot že rečeno, zaradi padavin in predvsem taljenja snega. Daleč najvišje hitrosti so bile na območju betonskega korita, medtem ko se je na primer na vzorčnem mestu GLIN 3 bistveno bolj povečala globina kakor pa hitrost vodnega toka. Ravno na tem mestu je namreč zelo veliko potopljenih makrofitov, ki zelo povečajo hrapavost ostenja struge, kar vpliva na manjšo hitrost vodnega toka in s tem povečanje globine vode. Na vzorčnih mestih GLIN 1 in GLIN 2 smo marca merili hitrost s plovcem in štoparico. Tako smo dobili le največjo hitrost na obravnavanem odseku na površini, ki smo jo nato preračunali na vrednost na 6/10 globine.

## 5.6 Pretok

Podatke za pretok imam samo za štiri različne dni, ker pri prvih meritvah, maja 2005, nisem izrisala prečnega prereza struge.



Slika 5.6: Pretok vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v štirih različnih dneh

Pretok vode je odvisen od vodostaja in hitrosti vode. Ker sta bila dne 11.8. oba nižja kakor dne 15.7., se je zmanjšal tudi pretok vode (Slika 5.6). Najbolj očitno se je pretok zmanjšal na pritoku Pržanec, kjer je bilo v času tretjih meritev ogromno plavja, voda pa je bila skoraj stoječa. Hitrost vode (Slika 5.5) se je zmanjšala še bolj očitno kakor pretok, gladina vode (Slika 5.4) pa se je le nekoliko znižala.

Dne 21.11. je bil vodostaj še nekoliko nižji in tudi hitrost je bila na večini odsekov nižja kot ob prejšnjih meritvah, zato so bili tokratni pretoki še manjši. Pretok se je za malenkost povečal le na pritoku Pržanec, kjer se je struga nekoliko razširila, očitno zaradi erozije. Tudi globina je bila malenkost večja kot avgusta, hitrost pa je bila še vedno zelo majhna, tako kot pri avgustovskih meritvah.

Pri marčevskih meritvah so se pretoki zelo povečali, saj sta se povečali tako globina vode kot tudi hitrost vodnega toka. Vrednosti za vzorčni mesti GLIN 1 in GLIN 2 sta pri meritvah dne 20. 3. 2006 samo ocenjeni, ker smo hitrost na teh dveh mestih takrat merili s pomočjo plovca in štoparice. Tako smo dobili le največjo hitrost na vsakem odseku, ne pa tudi hitrosti na različnih oddaljenostih od brega. Ostale vrednosti sem ocenila glede na globino vode in vrednosti s prejšnjih meritev ter iz njih izračunala ocenjeno vrednost pretoka.

## 5.7 Prevodnost

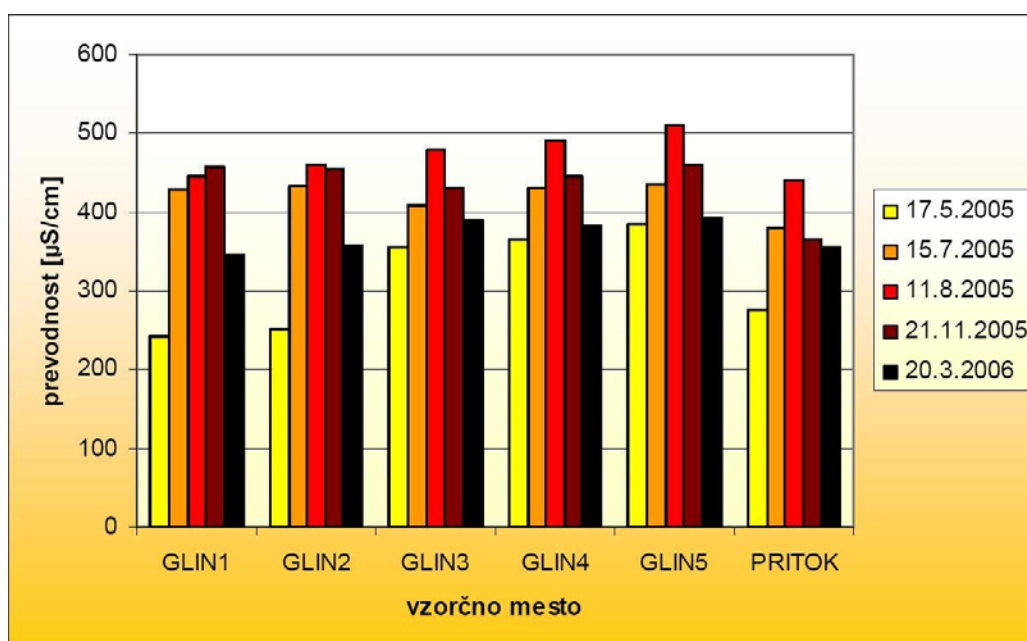
Elektroprevodnost vode je pokazatelj vsebnosti ionov v vodi med hranilnimi snovmi. Večja kot je vsebnost hranil v vodi, večja je tudi elektroprevodnost, saj se z dotokom hranil praviloma poveča količina nabitih delcev. Vendar pa imajo veliko prevodnost tudi mineralne vode, zato velika elektroprevodnost ne pomeni nujno onesnaženja.

Predvsem v času prvih (17.5.), tretjih (11.8.) in nekoliko manj tudi petih meritev (20.3.) elektroprevodnost vode vzdolž toka Glinščice narašča zaradi onesnaženja vode s kmetijstvom in presežki odpadne vode pri nalivih (Slika 5.7). Pri drugih (15.7.) in četrth meritvah (21.11.) pa vrednosti dolvodno ne naraščajo, pač pa so dokaj konstantne, le na mestu GLIN 3 malenkostno upadejo, iz česar sklepam, da te vrednosti niso posledica onesnaženja zaradi

kmetijstva in odpadne vode, pač pa bolj posledica razgradnje organskih snovi, ki pridejo v vodo zaradi odpadanja listja z dreves.

V poletnih mesecih se prevodnost opazno poveča na vseh odsekih, saj se z višanjem temperature poveča elektroprevodnost vode. Razlog je lahko tudi intenzivnejše kmetijstvo v poletnih mesecih, s čimer pride v vodo več gnojil. V avgustu so se vrednosti še nekoliko povečale. Posebej na pritoku Pržanec, kjer je bilo v tem času zelo veliko plavja, je vzrok temu lahko povečana razgradnja organskih snovi, izgradnja pa zaradi slabega vremena, še posebej pa zaradi velike motnosti vode, ni bila največja.

Razlog za nizko vrednost dne 17.5. je lahko tudi v tem, da so bile dva dni pred temi meritvami padavine, ki praviloma znižajo elektroprevodnost vode. Dva dni pred 15.7. pa ni bilo pomembnih padavin.



**Slika 5.7:** Elektroprevodnost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

V času novembrskih meritev so se vrednosti nekoliko znižale glede na avgustovske meritve. Razlog je v tem, da se prevodnost z nižanjem temperature zmanjšuje. Še vedno pa so bile te vrednosti večinoma višje od julijskih vrednosti, in sicer zaradi razgradnje organskih snovi

zaradi jesenskega odpadanja listja z dreves. To se najbolj pozna na odseku GLIN 1, kjer je bilo tudi največ listja v vodi (Slika 5.14). Razlog za dokaj visoko vrednost elektroprevodnosti je tudi to, da zelo dolgo ni bilo padavin, ki bi teoretično zmanjšale elektroprevodnost vode. Pri omenjenih meritvah je bila vrednost na pritoku Pržanec nižja kakor vrednost na drugem vzorčnem mestu na Glinščici, zato se je nekoliko znižala vrednost na tretjem vzorčnem mestu glede na drugega.

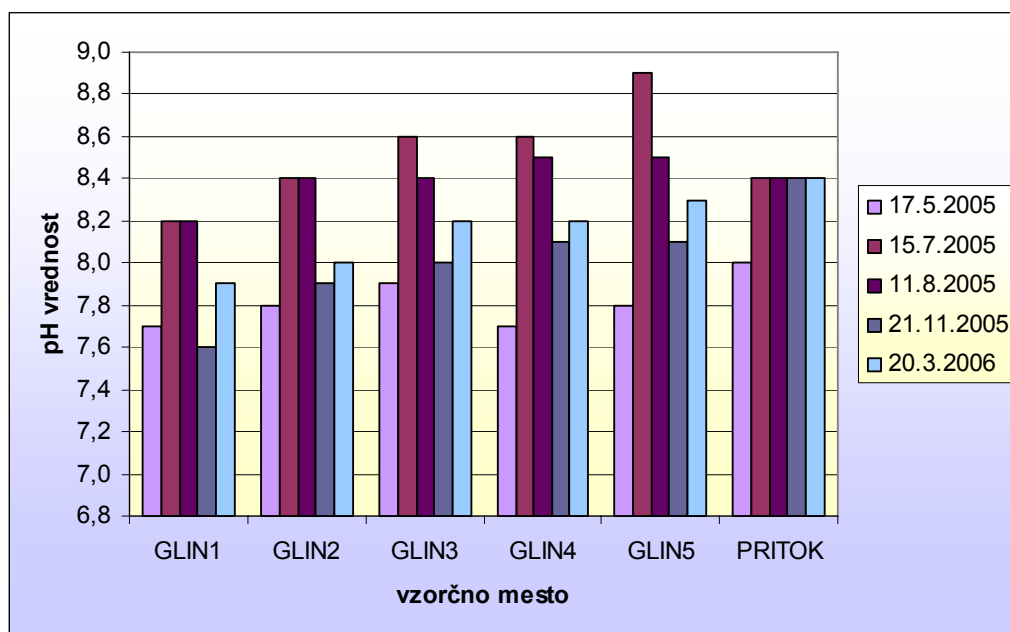
Marca so se vrednosti glede na november še nekoliko znižale, kljub temu, da so bile temperature vode že nekoliko višje. Pretok vode je bil namreč precej velik glede na vse predhodne meritve, to pa je lahko vzrok za znižanje elektroprevodnosti vode. Še vedno pa so bile vrednosti višje od majskih, saj je bila primarna produkcija v primerjavi z majem bistveno nižja in je bila s tem tudi manjša poraba hranil, med katerimi so nabiti delci, ki povečujejo elektroprevodnost.

## 5.8 pH vrednost

Vrednost pH na različnih odsekih Glinščice se je v času vseh štirih meritev gibala med 7,6 in 8,9 (Slika 5.8). Spomladanske vrednosti z dne 17.5. in jesenske z dne 21.11. precej odstopajo od poletnih meritev, in sicer znašajo od 7,7 do 8,4, medtem ko se poletne vrednosti gibljejo med 8,2 in 8,9, kar kaže na slabo pufersko stabilnost sistema. Marčevske vrednosti so nekje vmes, bližje pa so majskim in novembrskim kakor poletnim. Za razliko od Glinščice pa ima pritok Pržanec precej konstantne vrednosti pH, torej ima večjo pufersko stabilnost kot Glinščica.

Vrednost pH narašča s povečano aktivnostjo primarnih producentov, zato so bile največje vrednosti izmerjene dne 15.7., ko je sončno obsevanje v Ljubljani trajalo kar 14 ur. Tudi če primerjamo posamezne odseke za vsak dan posebej, ugotovimo, da so večje vrednosti pH na odsekih z večjim deležem alg in manjšim deležem zasenčenosti struge, kar pomeni, da je tam fotosintezna aktivnost večja. Takšna sta odseka GLIN 4 in GLIN 5.

Vrednosti pH večje od 8,5 lahko pomenijo evtrofnost. Takšne vrednosti so se pojavile le dne 15.7., ki je bil najtoplejši in najbolj sončen dan od vseh petih dni, in sicer na odsekih GLIN 3, GLIN 4 in GLIN 5.



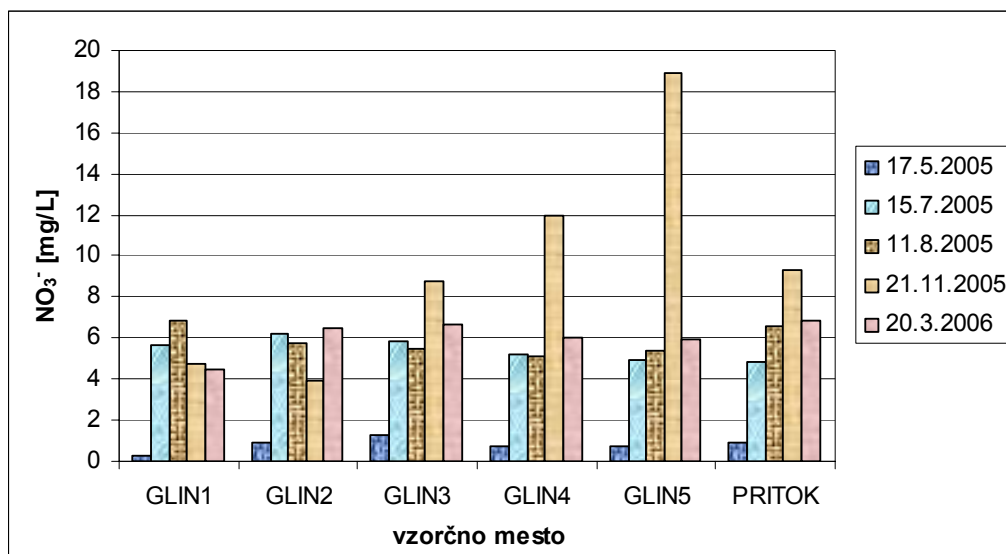
Slika 5.8: pH vrednost vode na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Dne 21.11. se je vrednost pH na vseh odsekih znižala in se približala majskim vrednostim pH. Zaradi nizkih temperatur in oblačnega vremena je bila namreč aktivnost primarnih producentov zelo nizka, kar vpliva na nizek pH. Dne 20.3.2006 pa se je vrednost pH spet nekoliko povečala. Dan je bil že precej daljši glede na novembrske meritve, ves dan je bilo sončno in tudi voda je bila že nekoliko toplejša, zato je bila produktivnost primarnih producentov večja.

## 5.9 Nitrati

Koncentracija nitratnih ionov se je od pomladi do jeseni povečevala. Pri meritvah dne 17.5. je le na vzorčnem mestu GLIN 3 dosegla vrednost 1 mg/L, ki predstavlja mejno vrednost za

neonesnažene vode (Slika 5.9). Julijske vrednosti so višje, vendar še vedno pod mejo 10 mg/L, ki je značilna za onesnaževanje s spiranjem gnojil s kmetijskih površin. Avgustovske vrednosti so bile zelo podobne julijskim. Dne 21.11. pa je na vzorčnih mestih GLIN 4 in GLIN 5 koncentracija nitratnih ionov že preseгла vrednost 10 mg/L, kar kaže na organsko onesnaženje zaradi vtoka komunalnih ali industrijskih odpadkov.

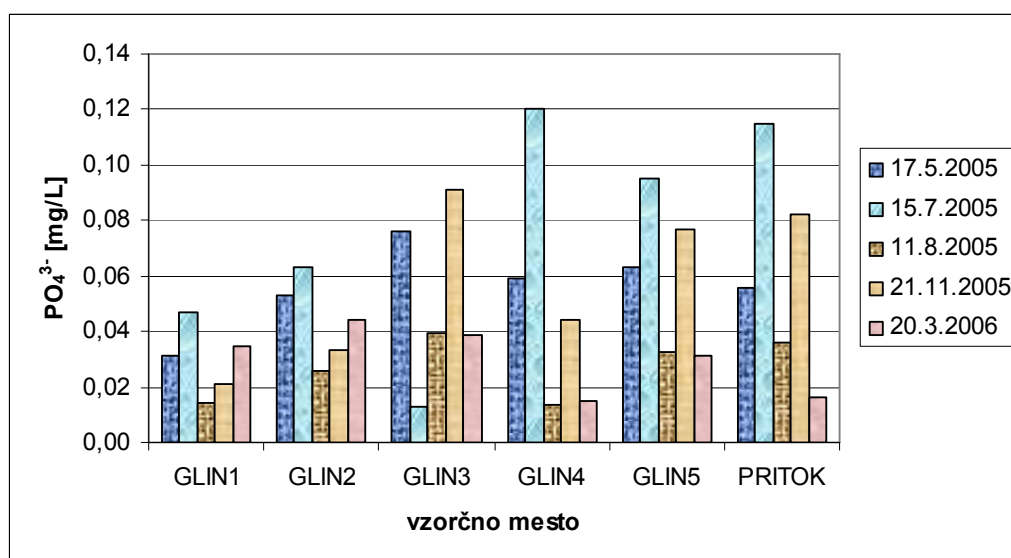


**Slika 5.9:** Koncentracija nitratnih ionov na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Visoke vrednosti nitratnih ionov so vpliv zunanjšega vnosa nitratov. Zelo izstopajo nizke vrednosti v maju, saj je bila takrat produktivnost perifitona in s tem poraba nitratnih ionov zelo velika. Do druge skrajnosti je prišlo novembra, ko je bila zaradi nizkih temperatur vode in malo svetlobe zmanjšana produktivnost perifitona, poraba nitratnih ionov pa temu primerno manjša. Izstopajo predvsem vrednosti od tretjega vzorčnega mesta dalje, kar pomeni, da je na tem delu vodotoka največji vnos nitratnih ionov z odpadki. Na tem delu vodotoka je bilo poleti namreč zelo veliko primarnih producentov, ki so nitrate porabili, novembra pa je bilo le-teh manj, oziroma so bili manj produktivni, zato je v vodi ostalo več nitratov. Marca, ko so postali primarni producenti zopet bolj aktivni, so vrednosti upadle in se približale poletnim vrednostim.

## 5.10 Fosfati

Koncentracije fosfatov presegajo vrednost 0,1 mg/l, ki je mejna vrednost za neonesnaženo vodo, le pri meritvah dne 15.7. na vzorčnem mestu GLIN 4 in na pritoku Pržanec (Slika 5.10). Vrednosti le malo presežejo mejo 0,1 mg/l, kar je značilno za onesnaženje s spiranjem gnojil s kmetijskih površin.



**Slika 5.10:** Koncentracija fosfatnih ionov na izbranih profilih različnih odsekov Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

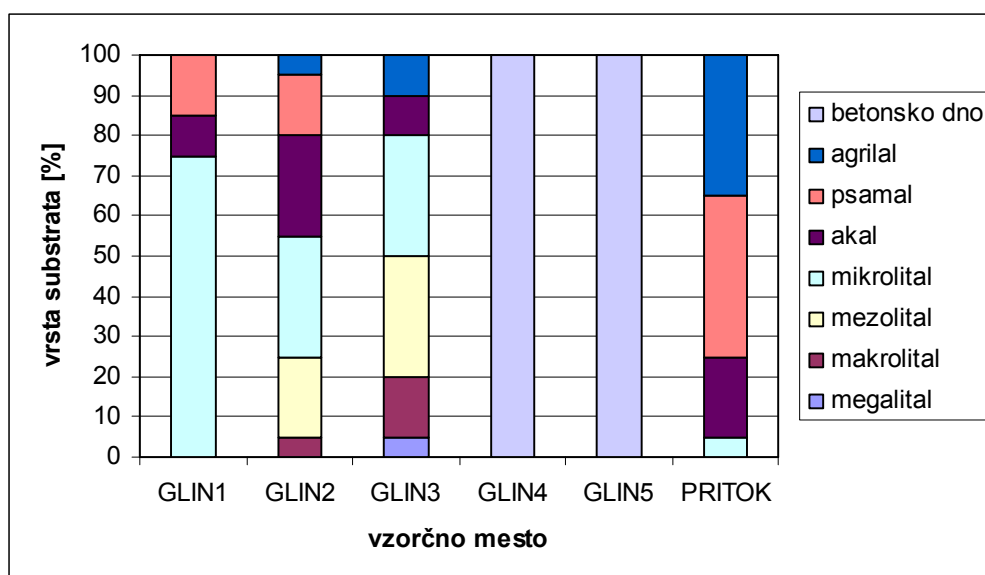
Visoka koncentracija fosfatnih ionov v vodi je lahko posledica zunanjega vnosa fosfatov in tudi razgradnje kamnin ter organskih snovi, zato se pojavijo večja nihanja kot pri nitratnih ionih. Predvsem novembrske povečane vrednosti so posledica razgradnje organskih snovi. Avgustovsko povišanje pa je posledica nizkih vodostajev. Pri visokem vodostaju po večjih padavinah so vrednosti namreč manjše zaradi odplakovanja. To je najbolj očitno pri marčevskih vrednostih na vzorčnih mestih GLIN 4, GLIN 5 ter na pritoku Pržanec, kjer so se pretoki glede na prejšnje meritve najobčutneje povečali.

### 5.11 Anorganski substrat

Anorganskega substrata nismo vzorčili in presejali, ampak le ocenili na podlagi opazovanj. Rezultati so prikazani v Preglednici 5.6 in na Sliki 5.11.

**Preglednica 5.6:** Sestava anorganskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec

DATUM	17.5.2005	VZORČNO MESTO					
substrat:	premer delcev [cm]	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
megalital [%]	> 40	0	+	5	0	0	0
makrolital [%]	20 - 40	0	5	15	0	0	0
mezolital [%]	6 - 20	+	20	30	0	0	+
mikrolital [%]	2 - 6	75	30	30	0	0	5
akal [%]	0,2 - 2	10	25	10	0	0	20
psamal [%]	0,006 - 0,2	15	15	0	0	0	40
agrilal [%]	< 0,006	0	5	10	0	0	35
betonsko dno [%]		0	0	0	100	100	0



**Slika 5.11:** Primerjava anorganskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec



Na vzorčnem mestu GLIN 1 izrazito prevladuje mikrolital; to so veliki prodniki s premerom od 2 do 6 cm. Sledita mu akal (majhni in srednji prodniki premera 0,2 do 2 cm) in psamal (pesek in blato). Večjih delcev (mezolital, 6 – 20 cm) je le za vzorec.

Na odseku GLIN 2 se poveča delež večjih delcev. Mezolitala je tukaj približno 20%, pojavi pa se makrolital, ki ga predstavljajo veliki kamni s premerom od 20 do 40 cm. Poveča se delež delcev, ki so manjši od mikrolitala, pojavijo pa se tudi najmanjši delci (mulj, glina), ki se imenujejo agrilal.

Na odseku GLIN 3 se delež delcev, večjih od mikrolitala še poveča in znaša kar 50%, delež delcev, ki so manjši od mikrolitala, pa se zopet zmanjša.

Drugačno strukturo substrata ima odsek pritoka Pržanec. Prevladujeta agrilal in psamal; to so mulj, glina, pesek in blato. 25% je akala in mikrolitala, večjih delcev pa ni.

Odseka GLIN 4 in GLIN 5 imata betonsko strugo.

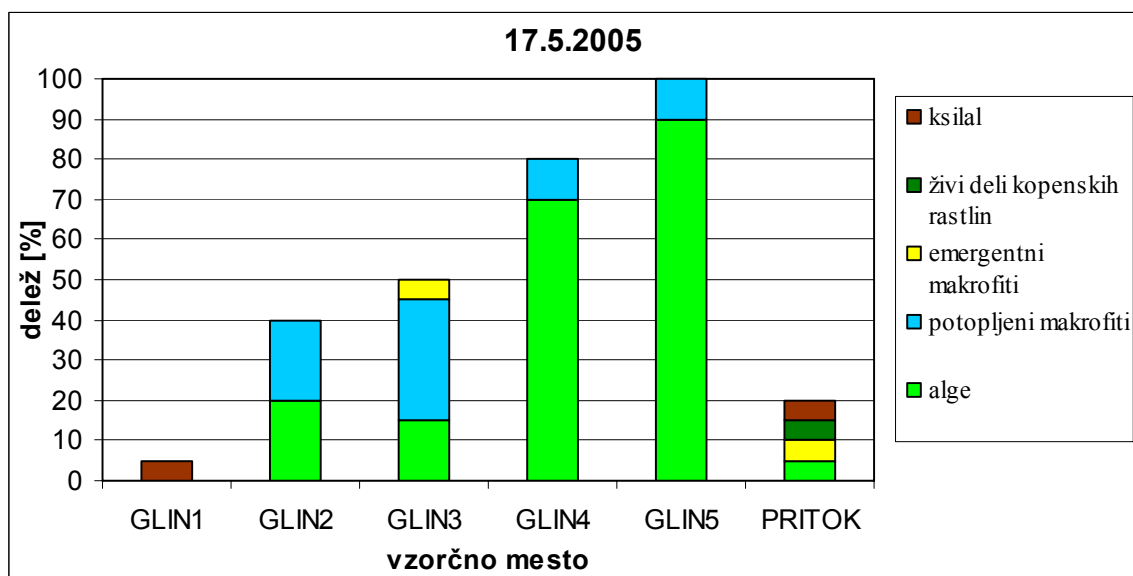
## **5.12 Organski substrat**

Tudi deleže organskega substrata smo le ocenili. Organski substrat smo ocenjevali pri meritvah dne 17. 5. 2005, 21. 11. 2005 in 20. 3. 2006.

Pri organskem substratu je pomemben predvsem delež alg. Na vzorčnih mestih GLIN 1, GLIN 2 in GLIN 3 jih je bilo ob prvih meritvah, dne 17. 5. 2005, zelo malo, največ 20%. Njihov delež pa se zelo poveča na vzorčnih mestih GLIN 4 in GLIN 5, kjer je betonska struga. Na vzorčnem mestu GLIN 5 je njihov delež ocenjen kar na 90%. Na vzorčnih mestih GLIN 2 in GLIN 3 pa je večji delež potopljenih makrofitov, ki pa se na betonskem delu struge (vzorčni mesti GLIN 4 in GLIN 5) precej zmanjša. Na pritoku Pržanec so enaki deleži alg, emergentnih makrofitov, živih delov kopenskih rastlin in ksilala, ki skupaj pokrivajo 20% dna struge. Če graf organskega substrata primerjamo z grafom nasičenosti s kisikom (Slika 5.3), ugotovimo, da nasičenost s kisikom naraste na mestih, kjer je delež alg večji.

**Preglednica 5.7:** Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 17. 5. 2005

DATUM	17.5.2005	VZORČNO MESTO					
		GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
alge		+	20	15	70	90	5
potopljeni makrofiti		+	20	30	10	10	0
emergentni makrofiti		+	+	5	0	0	5
živi deli kopenskih rastlin		+	+	+	0	0	5
ksilal (les)		5	+	+	0	0	5
večji odmrli organski delci (CPOM)		+	+	0	0	0	+
manjši odmrli organski delci (FPOM)		0	0	0	0	0	+
"sewage fungus"		0	0	0	0	0	0

**Slika 5.12:** Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 17.5.2005

Dne 21.11. je bil delež alg precej manjši kakor dne 17.5. Tudi tokrat jih je bilo največ na vzorčnem mestu GLIN 5, vendar tokrat le 35 %. Povečal pa se je delež potopljenih makrofitov – na vzorčnem mestu GLIN 3 je znašal kar 50 %. Več je bilo tudi lesa (ksilal) in večjih odmrlih organskih delcev (CPOM), ki jih spomladi sploh ni bilo. To je predvsem listje, ki odpada z dreves in ga je več na vzorčnih mestih z obraslim obrežjem. Ker je bilo v

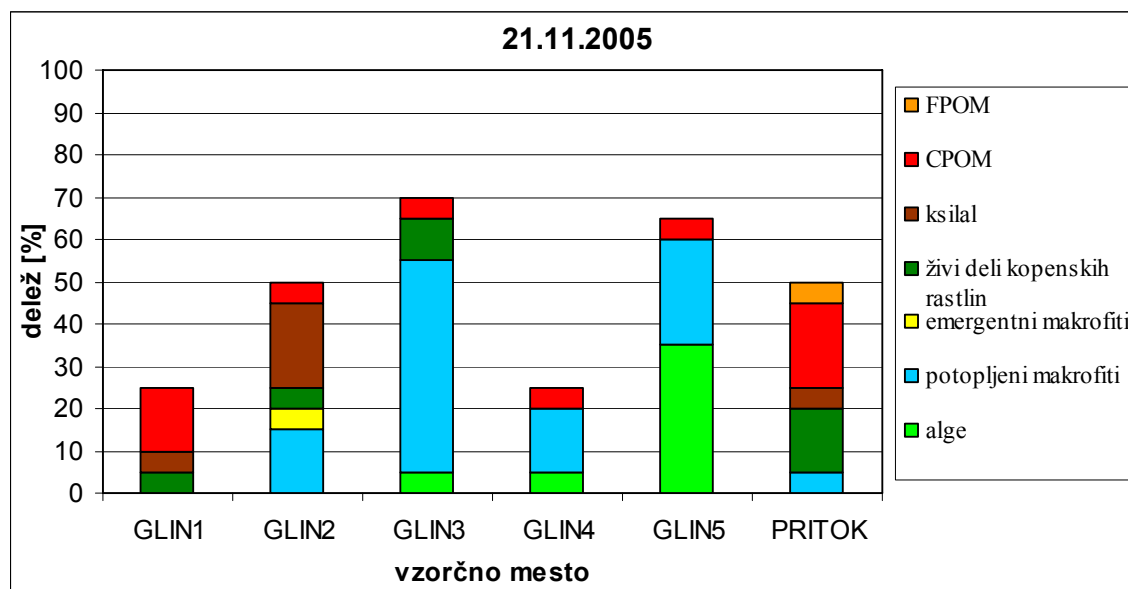
jesenskem obdobju manj alg, je bila tudi nasičenost s kisikom manjša, še vedno pa je bila največja na vzorčnem mestu GLIN 5, kjer je tudi delež alg največji.



Slika 5.13: Potopljeni makrofiti na vzorčnem mestu GLIN 2 dne 21.11.2005

Preglednica 5.8: Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005

DATUM	21.11.2005	VZORČNO MESTO					
		GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
alge		+	+	5	5	35	0
potopljeni makrofiti		+	15	50	15	25	5
emergentni makrofiti		+	5	0	0	0	0
živi deli kopenskih rastlin		5	5	10	0	0	15
ksilal (les)		5	20	+	0	0	5
večji odmrli organski delci (CPOM)		15	5	5	5	5	20
manjši odmrli organski delci (FPOM)		+	+	+	+	+	5
"sewage fungus"		0	0	0	0	0	0

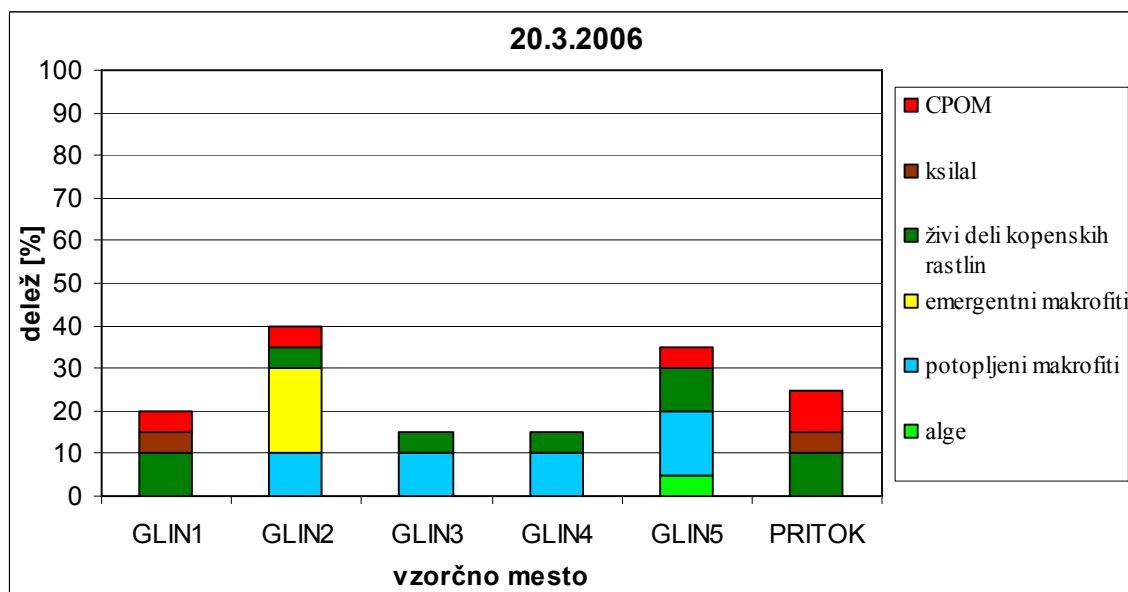


**Slika 5.14:** Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005

Dne 20. 3. 2006 je bilo alg zelo malo, še največ na vzorčnem mestu GLIN 4. Tudi potopljenih makrofitov je bilo manj glede na prejšnje meritve, vendar jih je bilo več kakor alg. Nekoliko se je povečal delež živih delov kopenskih rastlin, predvsem na račun višjega vodostaja. Še posebno na vzorčnem mestu GLIN 2 je bilo več emergentnih makrofitov.

**Preglednica 5.9:** Sestava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 20.13.2006

DATUM	20.3.2006	VZORČNO MESTO					
		GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
alge		0	+	0	0	5	0
potopljeni makrofiti		0	10	10	10	15	0
emergentni makrofiti		+	20	0	0	0	0
živi deli kopenskih rastlin		10	5	5	5	10	10
ksilal (les)		5	+	+	0	0	5
večji odmrli organski delci (CPOM)		5	5	0	+	5	10
manjši odmrli organski delci (FPOM)		+	+	0	+	+	+
"sewage fungus"		0	0	0	0	0	0



Slika 5.15: Primerjava organskega substrata na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 20.3.2006

Poudariti je potrebno še, da so deleži organskega substrata določeni subjektivno in so lahko velike razlike med posameznimi meritvami pogojene tudi s tem, odstotek večjih odmrlih organskih delcev pa je ostal približno enak.

### 5.13 Kakovost vode glede na fizikalne in kemijske parametre

Kakovost vode sem ocenjevala po Mejnih vrednostih fizikalnih in kemijskih parametrov za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov v Sloveniji (PRILOGA E).

Slaba kakovost vode je predvsem posledica prevelike nasičenosti vode s kisikom (hipersaturacije) na odsekih brez osenčenja v sončnih dneh, zaradi česar so nekateri odseki dne 17. 5. 2005, 15. 7. 2005 in 20. 3. 2006 uvrščeni v 4. kakovostni razred. Dne 15.7. kakovost vode poslabšajo tudi prevelike pH vrednosti, dne 21.11. pa predvsem prevelike vrednosti nitratnih ionov.

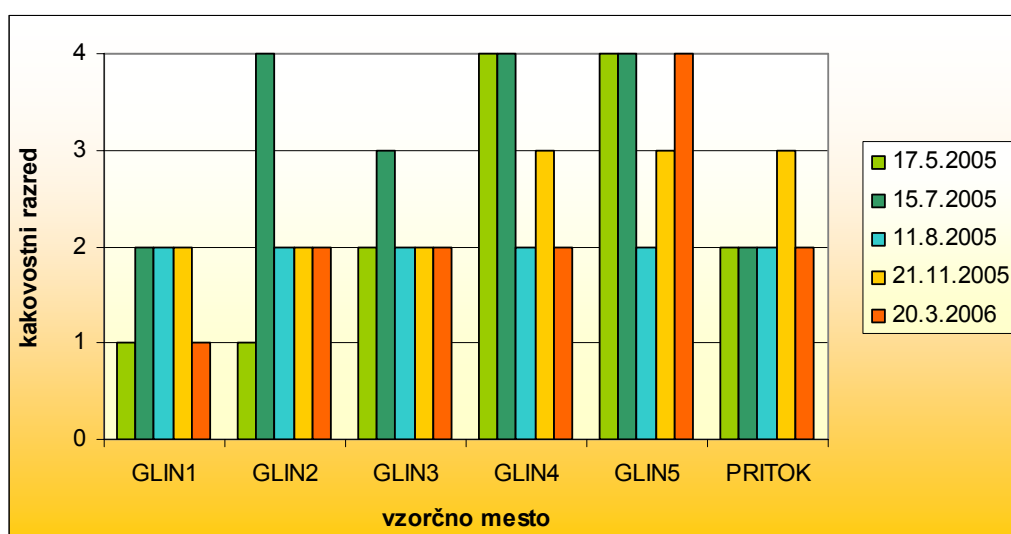


**Preglednica 5.13:** Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005

DATUM	21.11.2005					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
koncentracija kisika [mg/L]	1	1	1	1	1	1
nasičenost s kisikom [%]	2	2	1	1	1	2
pH	1	1	1	1	1	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	1	1	2	3	3	3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/L]	1	1	2	1	1	1
SKUPAJ	2	2	2	3	3	3

**Preglednica 5.14:** Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec dne 21.11.2005

DATUM	20.3.2006					
ODSEK	GLIN1	GLIN2	GLIN3	GLIN4	GLIN5	PRITOK
koncentracija kisika [mg/L]	1	1	1	1	1	1
nasičenost s kisikom [%]	1	1	1	2	4	1
pH	1	1	1	1	1	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	1	2	2	2	2	2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/L]	1	1	1	1	1	1
SKUPAJ	1	2	2	2	4	2



**Slika 5.16:** Kakovost vode na različnih odsekih Glinščice in pritoka Pržanec v petih različnih dneh

Kakovost vode se vzdolž vodnega toka zmanjšuje. Vzroka za to sta lahko dva: povečanje antropogenega onesnaževanja vodotoka v dolvodnem urbanem okolju in antropogene spremembe na samem rečnem koridorju, ki se dolvodno povečujejo. Vzrok za povečanje nitratov v vodi je gotovo onesnaževanje vode. Poleti vpliv onesnaževanja z nitrati ni bil viden, saj je bila aktivnost primarnih producentov na dolvodnih vzorčnih mestih zaradi velikega osončenja zelo velika, s tem pa je bila tudi poraba nitratov velika.

Bolj problematična je bila hipersaturacija, zaradi katere so bila v sončnih in razmeroma toplih dneh kar tri vzorčna mesta uvrščena v 4. kakovostni razred. Najslabše se je odrezalo najbolj dolvodno mesto GLIN 5, ki je bilo kar v treh dneh od petih uvrščeno v 4. kakovostni razred. Razlog za to so prav gotovo fizične spremembe rečnega koridorja. Zaradi odstranitve naravne obrežne vegetacije se je namreč povečalo osončenje struge, kar vpliva na večjo fotosintezno aktivnost primarnih producentov, ki so se v betonskem koritu zelo razrasli tudi zato, ker zaradi hitrega toka primanjkuje organizmov, ki bi se z njimi hranili.

V juliju spadajo vzorčna mesta od GLIN 3 dalje v 3. kakovostni razred tudi glede pH vrednosti. Tudi temu je vzrok spreminjanje rečnih koridorjev, saj je povišana vrednost pH posledica povišane aktivnosti primarnih producentov, do katere pride zaradi večjega osončenja struge pri odstranitvi obrežne vegetacije.



## 6 ANALIZA MAKROINVERTEBRATOV

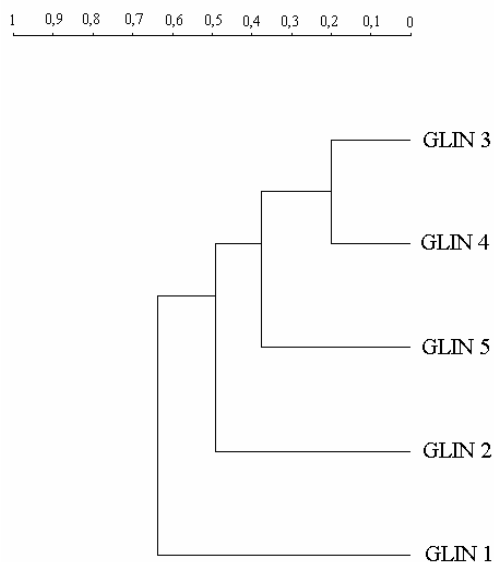
Pri meritvah sta sodelovali tudi dve študentki biologije, ki sta vzorčili združbi perifitona in makroinvertebratov. Vzorcev do oddaje diplomskega dela žal še nista analizirali, zato sem uporabila študijo pojavnosti makroinvertebratov v Glinščici kot urbanem vodotoku, ki je bila izvedena na Biotehniški fakulteti leta 2004 (Tavzes, Urbanič, Toman, 2004). Kot vemo, hidromorfološke in fizične spremembe vodotoka vplivajo na habitate, s tem pa tudi na biocenozo. Študija je želela prikazati vpliv urbanizacije, kamor spada tudi kanaliziranje vodotoka, na združbo makroinvertebratov, saj se prav makroinvertebrate pogosto uporablja za oceno kakovosti tekočih voda. Makroinvertebrati se namreč hitro odzivajo na onesnaženje v okolju in na spremembo habitata. Število vrst je večje v bolj heterogenem okolju.

Glinščica ima visok delež kanaliziranosti struge, za kanalizirano strugo pa velja, da se vrstna pestrost zmanjša, kvaliteta in funkcija vrst pa se spremenita. Za homogene habitate je značilno, da se število vrst zmanjša, število osebkov, ki pripadajo preostalim bolj odpornim vrstam, pa se zelo poveča. Ugotovljeno je, da zaradi urbanizacije spremenjen rečni režim (raven kanal, betonsko dno) bolj vpliva na delovanje ekosistema kot toksičnost in organska preobremenjenost vodotoka.

Projekt je obsegal 5 vzorčnih mest. Prva tri vzorčna mesta se ujemajo z vzorčnimi mesti pri analizi fizikalnih in kemijskih parametrov. Med Brdnikovo (GLIN 3) in Biotehniško fakulteto (GLIN 4) pa je dodano še eno vzorčno mesto, in sicer pri mostu na Poti spominov in tovarištva, na mestu, kjer se začneja betonsko trapezno korito. Obrežno vegetacijo predstavlja trava, zasenčenja struge ni, v zaledju so travniki in njive. Za ostala vzorčna mesta veljajo opisi iz četrtega poglavja. Vzorčno mesto na Viču pred izlivom v Gradaščico je izpuščeno.

Vzorčenje je potekalo z metodo brcanja, ki je na vsakem vzorčnem mestu trajalo 3 minute, pri tem pa so bili upoštevani vsi mikrohabitati na posameznem vzorčnem mestu. Vzorčenje je potekalo septembra 2004. Zbrani makroinvertebrati so bili identificirani do vrste natančno, kjer pa to ni bilo možno, pa do najvišjega možnega taksona. Iz teh podatkov so bili izračunani različni parametri; od števila vrst in vrstne sestave do funkcionalnih prehranjevalnih skupin. Izračunana sta bila tudi saprobni in diverzitetni indeks.

Število osebkov na posameznih vzorčnih mestih narašča po toku navzdol. Na mestu 1 je bilo zajetih 59 vrst, med katerimi je bila najštevilčnejša vrsta *Gammarus fossarum*, saj je njej pripadalo več kot polovica vseh zajetih osebkov. Na vzorčnem mestu 2 je bilo zajetih najmanj vrst, in sicer 52. Najbolj številčna pa je bila zopet vrsta *Gammarus fossarum*, ki je predstavljala kar 72,5 % vseh osebkov, zajetih na tem mestu. Na vzorčnem mestu 3 je bilo zajetih največ vrst, in sicer 64, nobena vrsta pa ni tako izrazito prevladovala kot na prvih dveh vzorčnih mestih. Podobno je bilo tudi na vzorčnem mestu 4, kjer so našli 63 vrst, kazala pa se je že nekoliko izrazitejša prevlada vrste *Caenis luctuosa*. Na petem vzorčnem mestu so našli 53 vrst, med katerimi sta prevladovali *Caenis luctuosa* s 46,9 % in *Gammarus fossarum* z 41,1 %. Podobnosti med vzorčnimi mesti so bile določene z Bray-Curtisovo matriko (Slika 6.1).



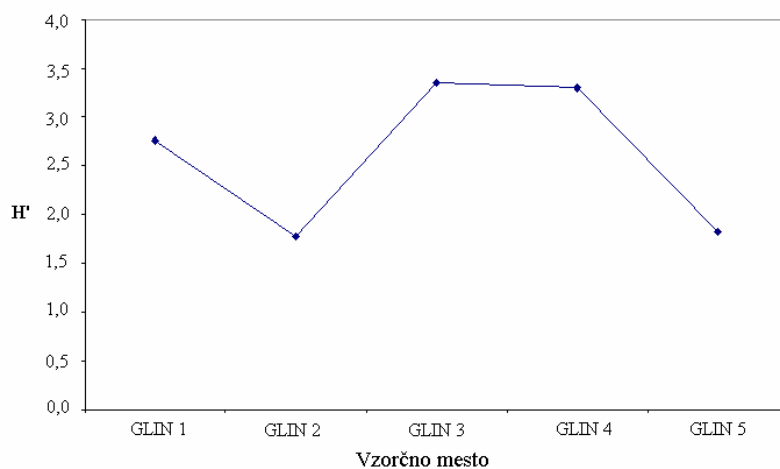
**Slika 6.1:** Bray-Curtisova matrika (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

Najbolj podobni sta si mesti 3 in 4, njima je najbolj podobno mesto 5, sledi mesto 2, od vseh pa se najbolj razlikuje mesto 1. Sestava združbe makroinvertebratov se vzdolž vodotoka spreminja. Na vzorčnem mestu 2 se poveča število postranic in maloščetincev glede na vzorčno mesto 1. Še veliko večja sprememba pa se zgodi na tretjem vzorčnem mestu, kjer dominirajo ličinke tržač (*Chironomidae*) iz reda dvokrilcev, postranic pa je zelo malo.

Opaženo je tudi povečanje števila enodnevnih, ki se povečuje tudi proti četrtemu in petemu vzorčnemu mestu. Povečuje se tudi delež postranic, upada pa delež ličink trzač.

Poleg razlik v vrstni sestavi se vzorčna mesta razlikujejo tudi po različnih skupinah prehranjevalcev. Na vzorčnem mestu 1 prevladujejo strgači, sledijo pa jim detritivori organizmi in predatorji. Na vzorčnem mestu 2 je vidno rahlo povečanje deleža detritivorov, ostale skupine prehranjevalcev pa nekoliko upadejo. Na tretjem vzorčnem mestu strgačev skorajda ni več, največ pa je detritivorov in filtratorjev. Na vzorčnih mestih 4 in 5 pa se število strgačev in detritivorov povečuje, vse ostale prehranjevalne skupine pa upadajo.

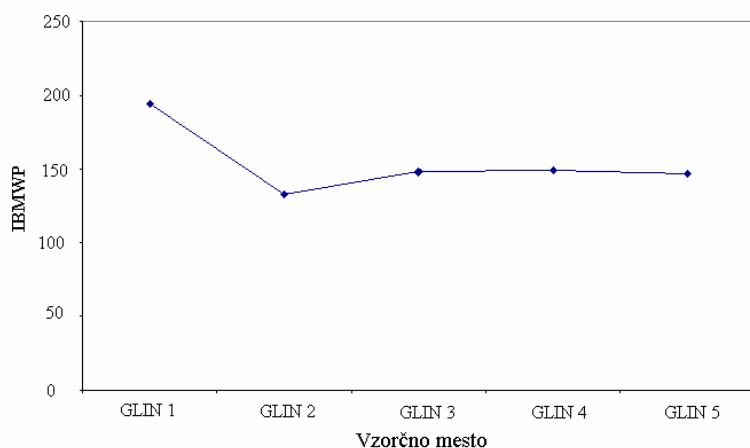
Vrstna diverzitetna vrednost, izračunana po Shannon-Wienerjevi formuli na drugem vzorčnem mestu precej upade v primerjavi s prvim vzorčnim mestom, na tretjem pa zelo naraste in skoraj enaka ostane tudi na četrtem vzorčnem mestu, nato pa na petem ponovno upade (Slika 6.2).



**Slika 6.2:** Shannon-Wienerjeva diverzitetna vrednost na posameznih vzorčnih mestih (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

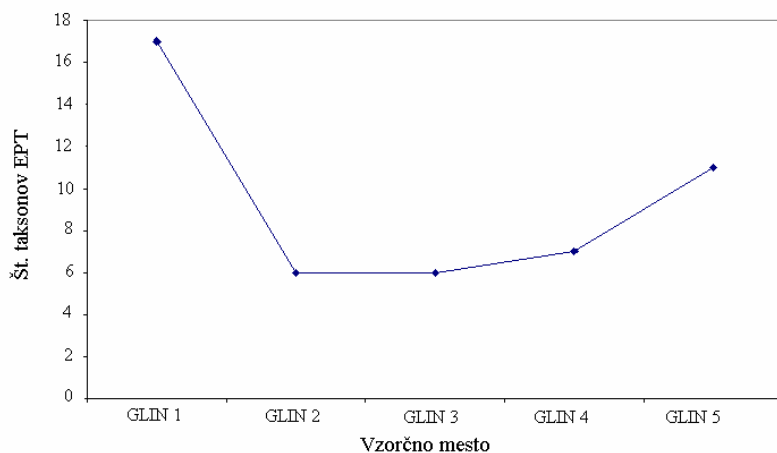
Drugačne rezultate so dobili z računanjem vrednosti indeksa BMWP (Slika 6.3), ki ima za razliko od Shannon-Wienerjeve diverzitetne vrednosti osebke določene le do družine, vsaka družina pa ima določeno število točk glede na tolerantnost, pri čemer ima najboljčutljivejša družina največje število točk. Najvišja vrednost je bila na prvem vzorčnem mestu, vrednosti na ostalih vzorčnih mestih pa so si bile med sabo zelo podobne, kar pomeni, da so bile

družine, zajete na prvem vzorčnem mestu, najbolj občutljive. To pa kaže na najboljšo kakovost vode na prvem vzorčnem mestu, kljub temu, da je bilo največ vrst na tretjem vzorčnem mestu. Vrednost indeksa BMWP že na drugem vzorčnem mestu precej upade, nato pa ostane do zadnjega vzorčnega mesta približno enaka vrednost.



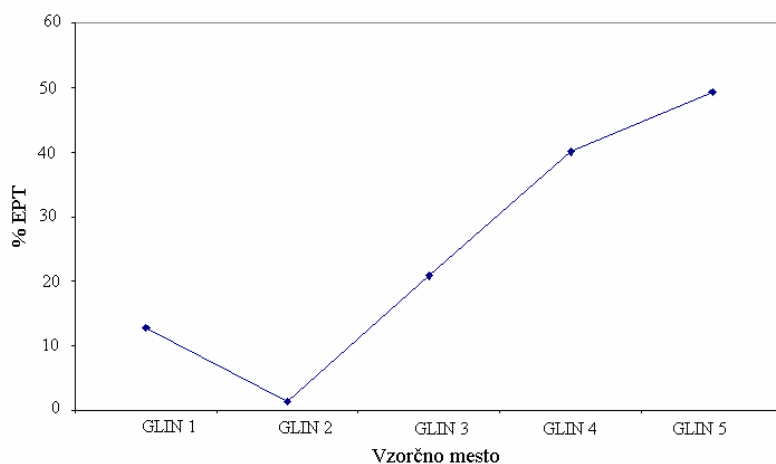
**Slika 6.3:** Vrednost indeksa BMWP na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

Podoben rezultat so dobili tudi s štejetjem taksonov EPT (Ephemeroptera, Plecoptera in Trichoptera), ki so zelo občutljivi na spremembe habitatov. Najvišja vrednost je bila dobljena na prvem vzorčnem mestu, na mestih od 2 do 5 pa je zelo upadla, vendar se je na mestu 5 zopet nekoliko povečala v primerjavi z mesti 2 do 4 (Slika 6.4).



**Slika 6.4:** Število taksonov EPT na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

Drugačen rezultat pa so dobili z upoštevanjem deleža taksonov EPT (Slika 6.5). Delež taksonov EPT med vsemi zajetimi taksoni na vzorčnem mestu 2 upade v primerjavi z vzorčnim mestom 1, nato pa se vse do zadnjega vzorčnega mesta dokaj enakomerno povečuje in na zadnjem vzorčnem mestu preseže vrednost 50%.



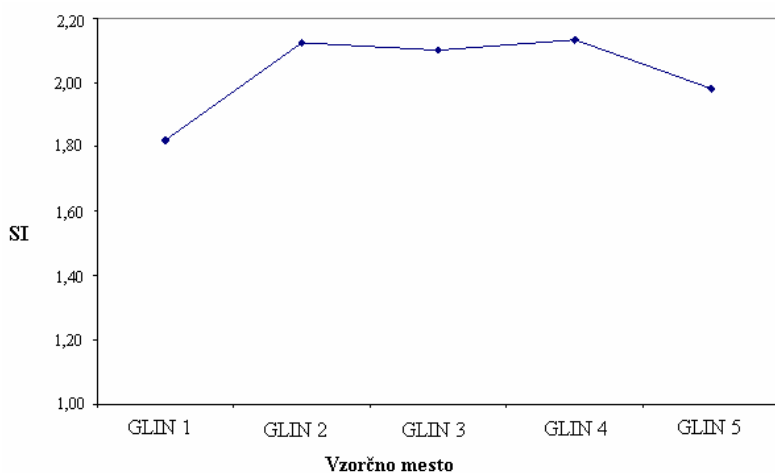
**Slika 6.5:** Delež taksonov EPT na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

Saprobni indeks kaže, da je Glinščica zmerno onesnažena z organskimi snovmi in spada v II. kakovostni razred. Vrednost saprobnega indeksa je najnižja na prvem vzorčnem mestu, kjer znaša 1,82, kar je na meji med I.-II. in II. kakovostnim razredom, vrednosti na vseh ostalih vzorčnih mestih pa spadajo v drugi kakovostni razred. Zanimivo je, da se vrednost saprobnega indeksa zniža na petem vzorčnem mestu (Slika 6.6).

Glede na vrednost saprobnega indeksa, ki nam pove, kolikšna je obremenjenost z organskimi snovmi, lahko zaključimo, da je vpliv organskega onesnaženja na združbo makroinvertebratov v Glinščici praktično zanemarljiv, saj vsa vzorčna mesta spadajo v najmanj II. kakovostni razred. Poleg organskega onesnaženja pa na kakovost vode vpliva tudi sprememba rečnega habitata, ki seveda vpliva tudi na združbo makroinvertebratov. V primeru Glinščice le prvo vzorčno mesto ni bilo spremenjeno, na ostalih pa je bila odstranjena naravna obrežna vegetacija, na zadnjem in deloma predzadnjem vzorčnem mestu pa je struga celo betonska. Število osebkov se je od prvega do zadnjega vzorčnega mesta povečevalo, vendar sta na zadnjem vzorčnem mestu prevladovali le še dve vrsti z visoko toleranco na hidrološko

nestabilnost. Na prvem vzorčnem mestu pa je bilo veliko različnih vrst in nekatere od njih so bile najdene samo na tem vzorčnem mestu. Veliko je bilo taksonov EPT, ki so občutljivi na spremembe habitatov. Tudi glede na indeks BMWP ima mesto 1 najvišjo ekološko vrednost. Najvišja vrstna diverziteteta je bila na mestih 3 in 4, vendar so bile tukaj najdene vrste precej pogoste, zato je ekološka vrednost teh dveh mest manjša od tistih na prvem vzorčnem mestu.

Iz te raziskave sledi, da spreminjanje rečnih koridorjev ne vpliva tako zelo na zmanjšanje števila osebkov in zmanjšanje vrstne diverzitetete makroinvertebratov, vendar bi bilo potrebno za podrobnejše analize meritve ponoviti tudi v drugih letnih časih. Pri tej raziskavi niso upoštevani fizikalni dejavniki, kot so pretok, temperatura in intenziteta svetlobe, ki tudi vplivajo na združbo makroinvertebratov. Vse to bosta v svojih diplomskih delih naredili biologinji Vesna Kereži in Elena Štendler.



**Slika 6.6:** Vrednost saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih Glinščice (Vir: Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)

## 7 ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da se merjeni dejavniki dolvodno spreminjajo hkrati z vse večjimi antropogenimi posegi v rečni koridor. Kakovost vode je na prvem vzorčnem mestu, kjer je vodotok naraven, najboljša, dolvodno pa se poslabšuje. V študiji makroinvertebratov (Tavzes, Urbanič, Toman, 2004) so glede na saprobni indeks ugotovili, da se onesnaženje z organskimi snovmi dolvodno le malo povečuje, kar pomeni, da je slabša kakovost in s tem spremenjena združba makroinvertebratov dolvodno posledica sprememb na rečnem koridorju. Oglejmo si še posamezne fizikalne in kemijske dejavnike, ki smo jih obravnavali v delu:

### 1. Temperatura vode:

Lanske najvišje poletne temperature vode v Glinščici so bile precej nizke. Kuzma (2003) na primer navaja, da je poleti 2003 ravno Glinščica dosegala najvišje vrednosti temperature vode, in sicer tudi 31 °C. Med našimi meritvami je Glinščica poleti 2005 dosegla najvišjo temperaturo le malo nad 20 °C, in sicer dne 15. 7., ko je bila najvišja dnevna temperatura zraka v Ljubljani 29 °C. Do konca meseca so se temperature rek sicer še nekoliko zvišale (ARSO, 2005), vendar ne prav veliko, avgusta pa so zopet upadle. Vzrok za to je dokaj hladno poletje z veliko padavinami. Gledano vzdolž toka se temperatura vode povečuje, ker ni osenčenja struge. Še posebno se poveča na odseku z betonskim koritom.

### 2. Vrednost pH:

pH je rahlo bazičen, kar je značilno za večino naših vodotokov, ki tečejo po karbonatnih tleh (Kuzma, 2003). Velike razlike so bile med meritvami v različnih letnih časih. Pomladanske in jesenske vrednosti so si med sabo zelo podobne, poletne pa so ponekod višje za celo enoto, kar kaže na slabo pufersko stabilnost sistema in veliko fotosintezno aktivnost, saj so vrednosti najvišje v sončnih poletnih dneh na mestih brez osenčenja in z veliko pokrovnostjo z algami. Na pritoku Pržanec pa so bile vrednosti skozi vse letne čase skoraj enake. Z razliko od leta 2003 (Kuzma, 2003) vrednosti tokrat niso presegle meje 9, so se ji pa pri julijskih meritvah zelo približale.

### 3. Elektroprevodnost:

Prevodnost vode se je v poletnih mesecih zelo povečala glede na maj, novembra pa zopet malo upadla. Razlog je povečanje prevodnosti z višanjem temperature vode in manjšanje prevodnosti po večjih padavinah. Najvišje vrednosti so dosegle približno 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , kar je za celinske vode normalno in ustreza tudi zdravstvenim pogojem ustreznosti pitne vode (Kuzma, 2003). Vzdlž toka se vrednosti rahlo povečujejo, kar je bilo najbolj očitno pri majskih meritvah. Očitno gre za nekoliko povečan vnos onesnaževal dolvodno.

### 4. Nitrati:

Vsebnost nitratov v vodi je bila v maju zelo nizka, pod mejo 1 mg/L, ki je značilna za neonesnažene vode. Poleti se je že precej povečala, ni pa preseгла meje 10 mg/L, značilne za onesnaženje z gnojili. Občutno pa so se vrednosti povečale novembra na vzorčnih mestih od Brdnikove (GLIN 3) dalje, kar kaže na onesnaženje s komunalnimi odplakami. Produktivnost perifitona je bila novembra namreč zelo nizka, zato je bila tudi poraba nitratov mnogo manjša.

### 5. Fosfati:

Vsebnost fosfatov v vodi le enkrat na treh različnih vzorčnih mestih presežejo vrednost 0,1 mg/L, ki je mejna vrednost za neonesnaženo vodo. Ob sončnih dneh se dolvodno, kjer ni osončenja, zmanjša zaradi velike produktivnosti primarnih producentov.

### 6. Koncentracija raztopljenega kisika v vodi in nasičenost s kisikom:

Koncentracija in nasičenost s kisikom od prvega do tretjega vzorčnega mesta večinoma malo upadeta, na zadnjih dveh mestih, z betonsko strugo, pa se zelo povečata, še posebno v sončnih dneh. Vzrok je velika obraščenost betonskih plošč s perifitonom in ponovno velika osončenost struge. Poleti na teh mestih prihaja do velike hipersaturacije, ki lahko vodi v nočno pomanjkanje kisika.

### 7. Vodnatost:

Vodostaj je bil v času vseh meritev približno enak, saj smo vedno počakali, da je nekoliko upadel, sicer ne bi mogli vzorčiti perifitona in makroinvertebratov oziroma bi bili vzorci neprimerljivi z ostalimi zaradi velikega odnašanja organizmov dolvodno. Tudi poleti ni bilo zelo nizkih vodostajev, saj je bilo ves čas veliko padavin. Še posebno visoki vodostaji so bili



v zimskem času. Sicer pa se vodostaj na drugem vzorčnem mestu zniža zaradi razširitve struge, na tretjem se zopet poveča zaradi večje vodnatosti, na zadnjih dveh mestih pa močno upade zaradi betonskega korita struge in s tem povečane hidravlične prevodnosti. Hkrati se na tem mestu zelo poveča hitrost vode. Takšen habitat je primeren le za maloštevilne vrste, ki so prilagojene na hiter vodni tok in nizek vodostaj.

**VIRI**

De Wall, L.C. (ur.), Large, A. R. G. (ur.), Wade, P. M. (ur.). 1998. Rehabilitation of rivers, Principles and implementation. Chichester, John Wiley & Sons: 331 str.

Ferry, M., Miller, P. 2003. The removal of Saeltzer dam on Clear Creek: an update. Berkeley, Water Resources Center Archives, University of California: 23 str.

<http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=wrca> (10.5.2006)

Kuzma, V. 2003. Analiza stanja površinskih voda v urbanem okolju (diplomsko delo). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 106 str.

Mason, C. F. 1991. Biology of freshwater pollution. Harlow, Longman Scientific & Technical, 356 str.

Mesečni bilten ARSO – maj 2005. 2005. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje: 90 str. [http://www.arso.gov.si/o\\_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten\\_2005\\_05.pdf](http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten_2005_05.pdf)

Mesečni bilten ARSO – julij 2005. 2005. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje: 74 str. [http://www.arso.gov.si/o\\_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten\\_2005\\_07.pdf](http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten_2005_07.pdf)

Mesečni bilten ARSO – avgust 2005. 2005. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje: 84 str. [http://www.arso.gov.si/o\\_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten\\_2005\\_08.pdf](http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten_2005_08.pdf)

Mesečni bilten ARSO – november 2005. 2005. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje: 74 str. [http://www.arso.gov.si/o\\_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten\\_2005\\_11.pdf](http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten_2005_11.pdf)

Mesečni bilten ARSO – marec 2006. 2006. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje: 82 str. [http://www.arso.gov.si/o\\_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten\\_2006\\_03.pdf](http://www.arso.gov.si/o_agenciji/knji~znica/publikacije/bilten_2006_03.pdf)

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov (skripta). Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 182 str.

Milner, A. M., Gloyne – Phillips, I. T. 2005. The role of riparian vegetation and woody debris in the development of macroinvertebrate assemblages in streams. *River research and applications*, 21, 4: 403 – 420

Mitsch, W. J., Jørgensen, S. E. 2004. *Ecological engineering and ecosystem restoration*. New Jersey, John Wiley & Sons: 411 str.

Panjan, J. *Osnove zaščite voda (skripta)*. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 80 str.

Perrow, M. R. (ur.), Davy, A. J. (ur.). 2004. *Handbook of ecological restoration, Restoration in practice*, 2. izdaja. Cambridge, Cambridge University Press: 599 str.

Rusjan, S. 2003a. *Urejanje rečnih koridorjev (seminarska naloga)*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 75 str.

Rusjan, S. 2003b. *Sonaravno urejanje vodotokov – primer ureditve odseka Glinščice na območju Viča*. Ljubljana, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 89 str.

Štajdohar, M. 2005. *Analiza vpliva urbanizacije na režim odtoka Glinščice*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 92 str.

Taleb, A, Belaidi, N, Gagneur, J. 2004. Water quality before and after dam building on a heavily polluted river in semi - arid Algeria. *River research and applications*, 20, 8: 943 – 956

Tavzes, B., Urbanič, G., Toman, M. J. 2004. *Macroinvertebrate assemblages in the Glinščica stream – Urban stream case study*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 17 str.

Toman, M. J. 1995. *Osnove ekologije celinskih voda*. *Biologija v šoli*, 4, 1: 4 – 14

Toman, M. J. 1996. Odpadne vode – snovno energetska breme vodnih ekosistemov. Narava Slovenije, stanje in perspektive, Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 39 – 46

Toman, M. J. Vloga dušikovih spojin v vodnih ekosistemih. (članek)

Urbanič, G., Toman, M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Wharton, G. 2000. Managing river environments. London, Cambridge University Press: 92 str.

<http://www.acnatsci.org/research/pcer/manatawny.html> (20. 4. 2006)

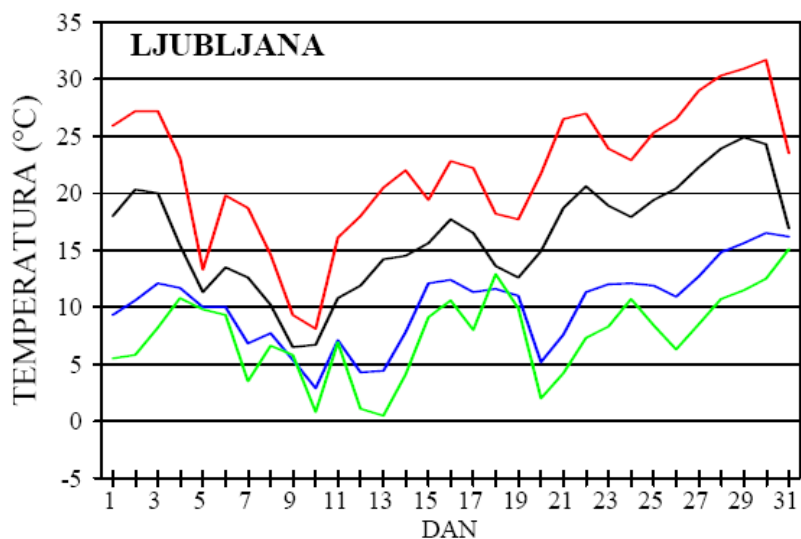
<http://kremen.arso.gov.si/nvatlas/ewmap.asp> (6. 12. 2005)

**PRILOGA A: Koncentracija v vodi raztopljenega kisika pri 100 % nasičenosti v odvisnosti od temperature (vzeto iz Urbanič, Toman, 2003, ki sta priredila po Tuesdal, Downing & Lowden)**

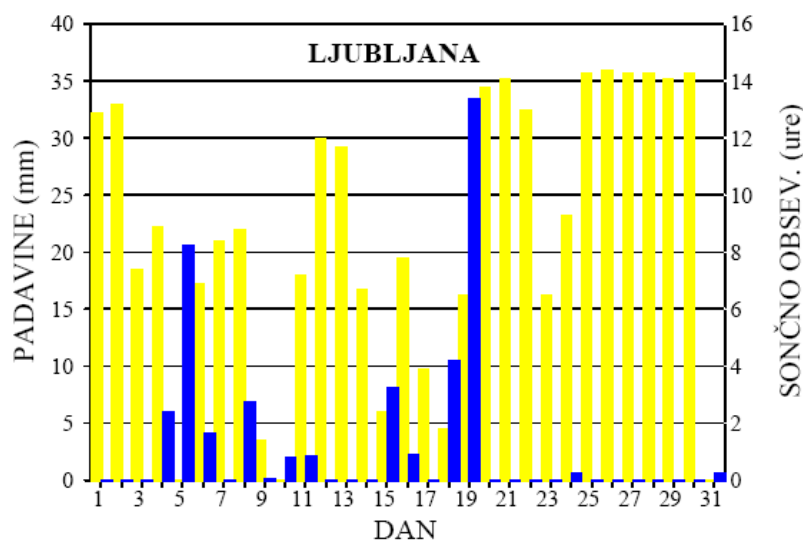
<b>T [°C]</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	<b>0,30</b>	<b>0,40</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>0,70</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>
<b>0</b>	14,16	14,12	14,08	14,04	14	13,97	13,93	13,89	13,85	13,81
<b>1</b>	13,77	13,74	13,7	13,66	13,63	13,59	13,55	13,51	13,48	13,44
<b>2</b>	13,4	13,37	13,33	13,3	13,26	13,22	13,19	13,15	13,12	13,08
<b>3</b>	13,05	13,01	12,98	12,94	12,91	12,87	12,84	12,81	12,77	12,74
<b>4</b>	12,7	12,67	12,64	12,6	12,57	12,54	12,51	12,47	12,44	12,41
<b>5</b>	12,37	12,34	12,31	12,28	12,25	12,22	12,18	12,15	12,12	12,09
<b>6</b>	12,06	12,03	12	11,97	11,94	11,91	11,88	11,85	11,82	11,79
<b>7</b>	11,76	11,73	11,7	11,67	11,64	11,61	11,58	11,55	11,52	11,5
<b>8</b>	11,47	11,44	11,41	11,38	11,36	11,33	11,3	11,27	11,25	11,22
<b>9</b>	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03	11	10,98	10,95
<b>10</b>	10,92	10,9	10,87	10,85	10,82	10,8	10,77	10,75	10,73	10,7
<b>11</b>	10,67	10,65	10,62	10,6	10,57	10,55	10,53	10,5	10,48	10,45
<b>12</b>	10,43	10,4	10,38	10,36	10,34	10,31	10,29	10,27	10,24	10,22
<b>13</b>	10,2	10,17	10,15	10,13	10,11	10,08	10,06	10,04	10,02	10
<b>14</b>	9,98	9,95	9,93	9,91	9,89	9,87	9,85	9,83	9,81	9,78
<b>15</b>	9,76	9,74	9,72	9,7	9,68	9,66	9,64	9,62	9,6	9,58
<b>16</b>	9,56	9,54	9,52	9,5	9,48	9,46	9,45	9,43	9,41	9,39
<b>17</b>	9,37	9,35	9,33	9,31	9,3	9,28	9,26	9,24	9,22	9,2
<b>18</b>	9,18	9,17	9,15	9,13	9,12	9,1	9,08	9,06	9,04	9,03
<b>19</b>	9,01	8,99	8,98	8,96	8,94	8,93	8,91	8,89	8,88	8,86
<b>20</b>	8,84	8,83	8,81	8,79	8,78	8,76	8,75	8,74	8,71	8,7
<b>21</b>	8,68	8,67	8,65	8,64	8,62	8,61	8,59	8,58	8,56	8,55
<b>22</b>	8,53	8,52	8,5	8,49	8,47	8,46	8,44	8,43	8,41	8,4
<b>23</b>	8,38	8,37	8,36	8,34	8,33	8,32	8,3	8,29	8,27	8,26
<b>24</b>	8,25	8,23	8,22	8,21	8,19	8,18	8,17	8,15	8,14	8,13
<b>25</b>	8,11	8,1	8,09	8,07	8,06	8,05	8,04	8,02	8,01	8
<b>26</b>	7,99	7,97	7,96	7,95	7,94	7,92	7,91	7,9	7,89	7,88
<b>27</b>	7,86	7,85	7,84	7,83	7,82	7,81	7,79	7,78	7,77	7,76
<b>28</b>	7,75	7,74	7,72	7,71	7,7	7,69	7,68	7,67	7,66	7,65
<b>29</b>	7,64	7,62	7,61	7,6	7,59	7,58	7,57	7,56	7,55	7,54

## PRILOGA B: Podatki o temperaturah zraka, padavinah in trajanju sončnega obsevanja (Vir: ARSO, Mesečni bilteni)

### MAJ 2005



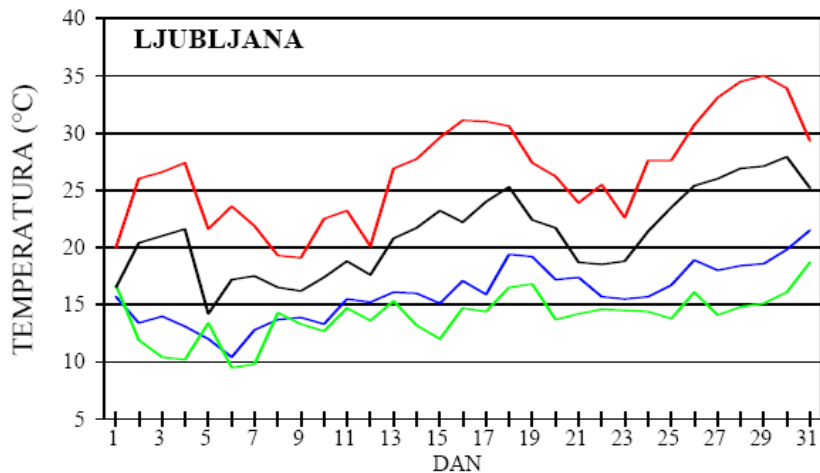
Najvišja (rdeča črta), povprečna (črna) in najnižja (modra) temperatura zraka ter najnižja temperatura zraka na višini 5 cm nad tlemi (zelena), maj 2005



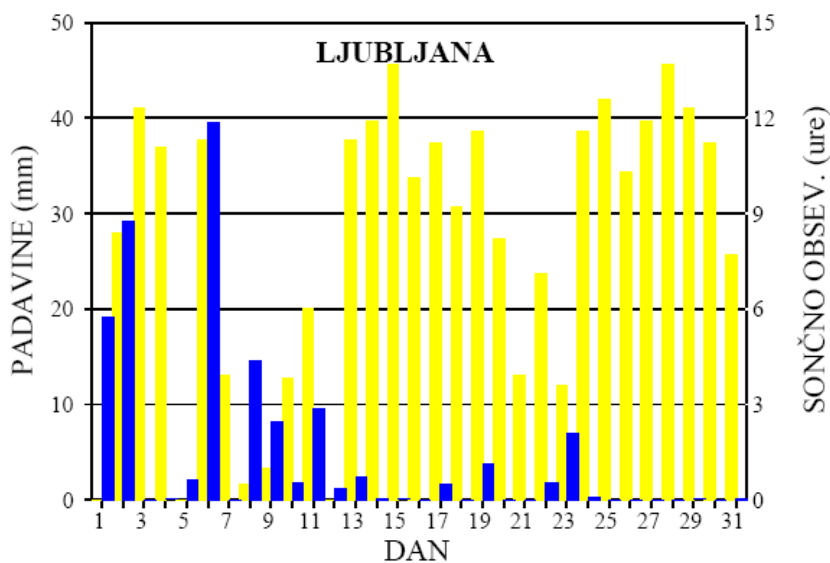
Dnevne padavine (modri stolpci) in sončno obsevanje (rumeni stolpci) maja 2005

(Opomba: 24-urno višino padavin merimo vsak dan ob 7. uri po srednjeevropskem času in jo pripišemo dnevu meritve)

## JULIJ 2005



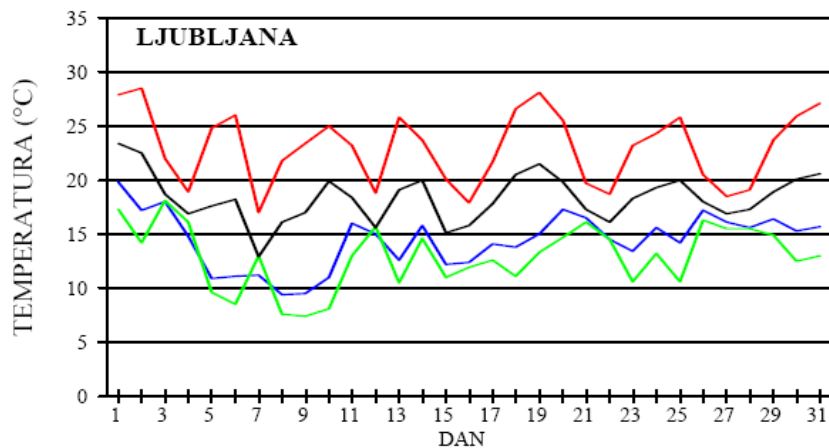
Najvišja (rdeča črta), povprečna (črna) in najnižja (modra) temperatura zraka ter najnižja temperatura zraka na višini 5 cm nad tlemi (zeleni), julij 2005



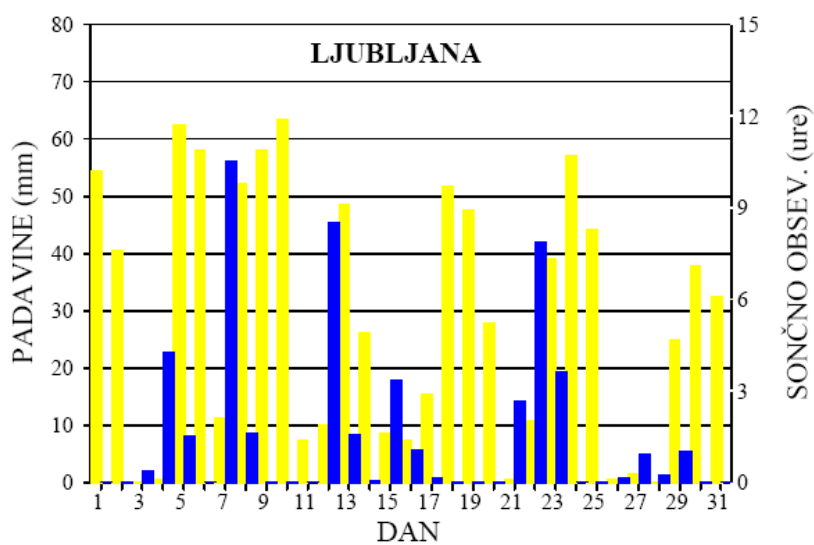
Dnevne padavine (modri stolpci) in sončno obsevanje (rumeni stolpci) julija 2005

(Opomba: 24-urno višino padavin merimo vsak dan ob 7. uri po srednjeevropskem času in jo pripišemo dnevni meritvi)

## AVGUST 2005



Najvišja (rdeča črta), povprečna (črna) in najnižja (modra) temperatura zraka ter najnižja temperatura zraka na višini 5 cm nad tlemi (zelena), avgust 2005

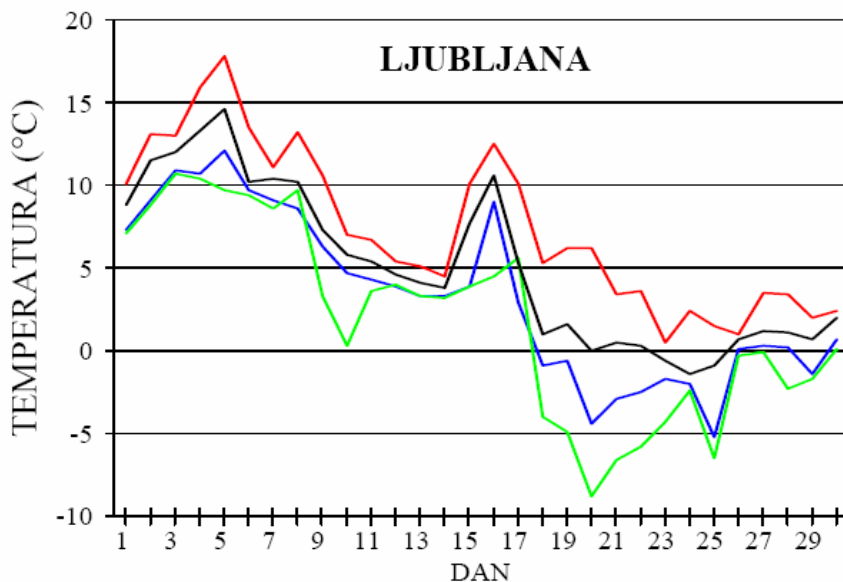


Dnevne padavine (modri stolpci) in sončno obsevanje (rumeni stolpci) avgusta 2005

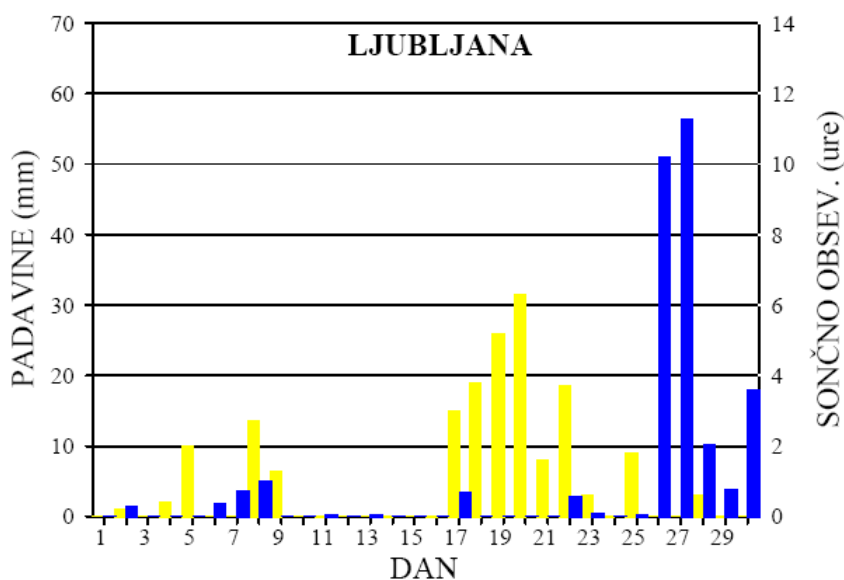
(Opomba: 24-urno višino padavin merimo vsak dan ob 7. uri po srednjeevropskem času in jo pripišemo dnevni meritvi)



## NOVEMBER 2005



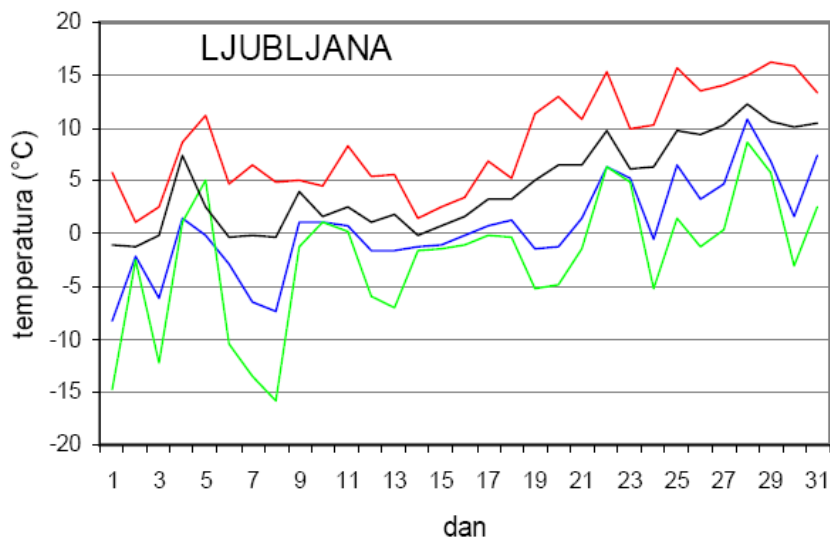
Najvišja (rdeča črta), povprečna (črna) in najnižja (modra) temperatura zraka ter najnižja temperatura zraka na višini 5 cm nad tlemi (zeleni), november 2005



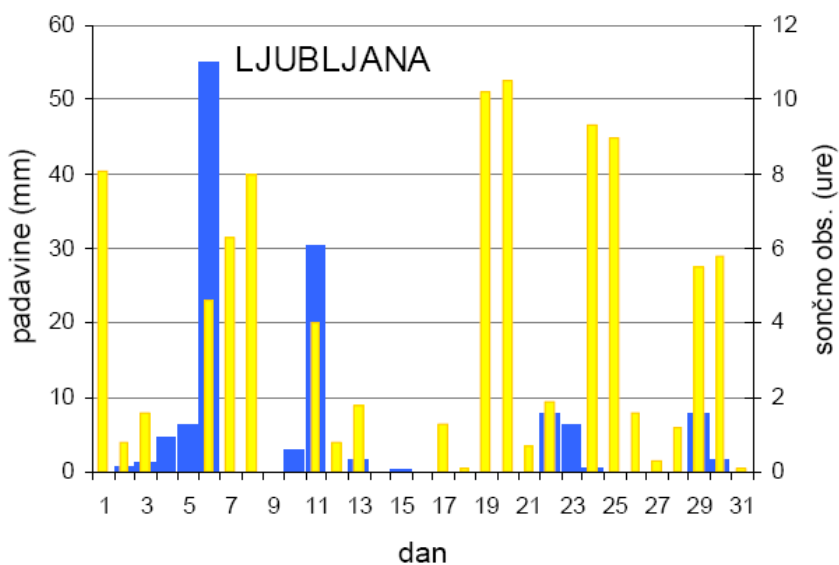
Dnevne padavine (modri stolpci) in sončno obsevanje (rumeni stolpci) novembra 2005

(Opomba: 24-urno višino padavin merimo vsak dan ob 7. uri po srednjeevropskem času in jo pripišemo dnevni meritvi)

## MAREC 2006



Najvišja (rdeča črta), povprečna (črna) in najnižja (modra) temperatura zraka ter najnižja temperatura zraka na višini 5 cm nad tlemi (zeleni), marec 2006



Dnevne padavine (modri stolpci) in sončno obsevanje (rumeni stolpci) marca 2006

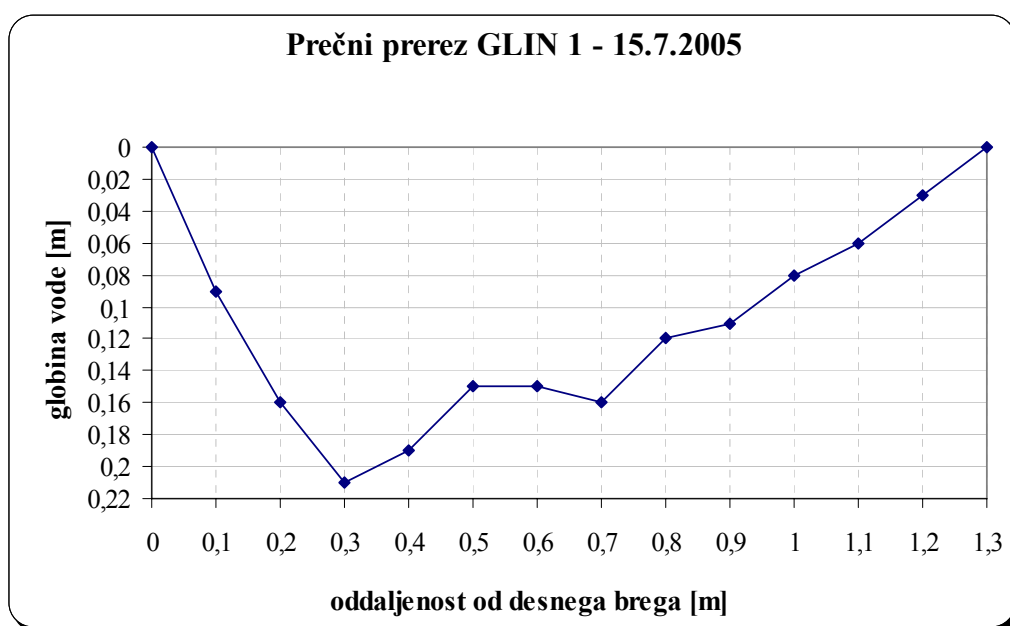
(Opomba: 24-urno višino padavin merimo vsak dan ob 7. uri po srednjeevropskem času in jo pripišemo dnevu meritve)

### PRILOGA C: Prečni prerezi posameznih vzorčnih mest v času petih meritev

Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 1 dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	15.7.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,4
Globina vode [m]		0	0,09	0,16	0,21	0,19
6/10 globine vode [m]		0,00	0,05	0,10	0,13	0,11
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,13	0,24	0,21	0,025
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]				0,37		
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]				0,14		
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,009	0,016	0,021	0,019
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0012	0,0038	0,0044	0,0005
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0099				

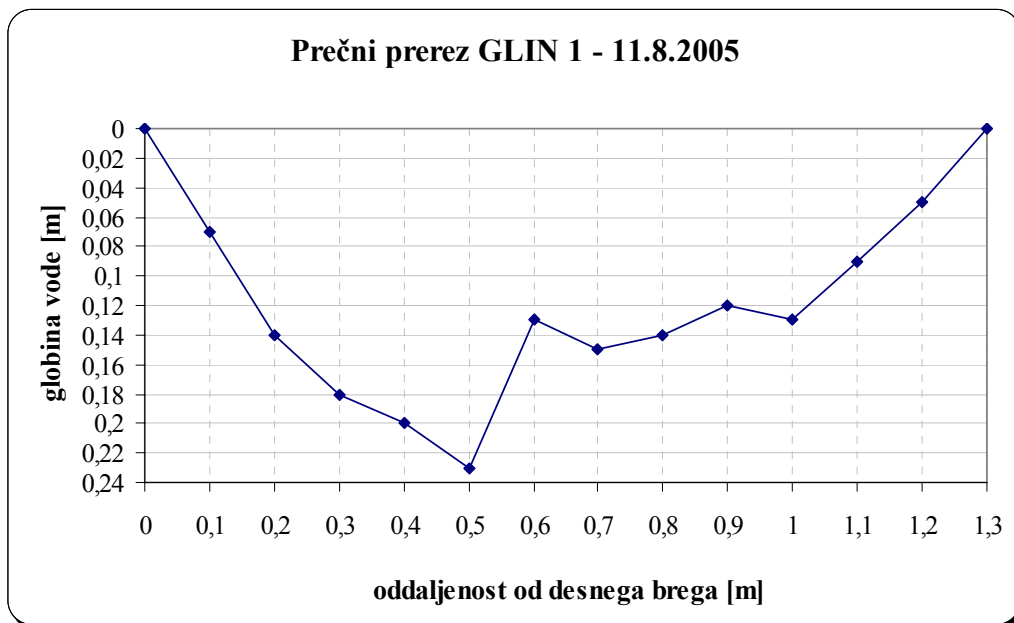
6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
0,15	0,15	0,16	0,12	0,11	0,08	0,06	0,03	0
0,09	0,09	0,10	0,07	0,07	0,05	0,04	0,02	0,00
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,015	0,015	0,016	0,012	0,011	0,008	0,006	0,003	
0	0	0	0	0	0	0	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 1 dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		11.8.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,4
Globina vode [m]		0	0,07	0,14	0,18	0,2
6/10 globine vode [m]		0,00	0,04	0,08	0,11	0,12
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,1	0,13	0,35	0,025
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]					0,025	
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,007	0,014	0,018	0,02
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0007	0,0018	0,0063	0,0005
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0101				

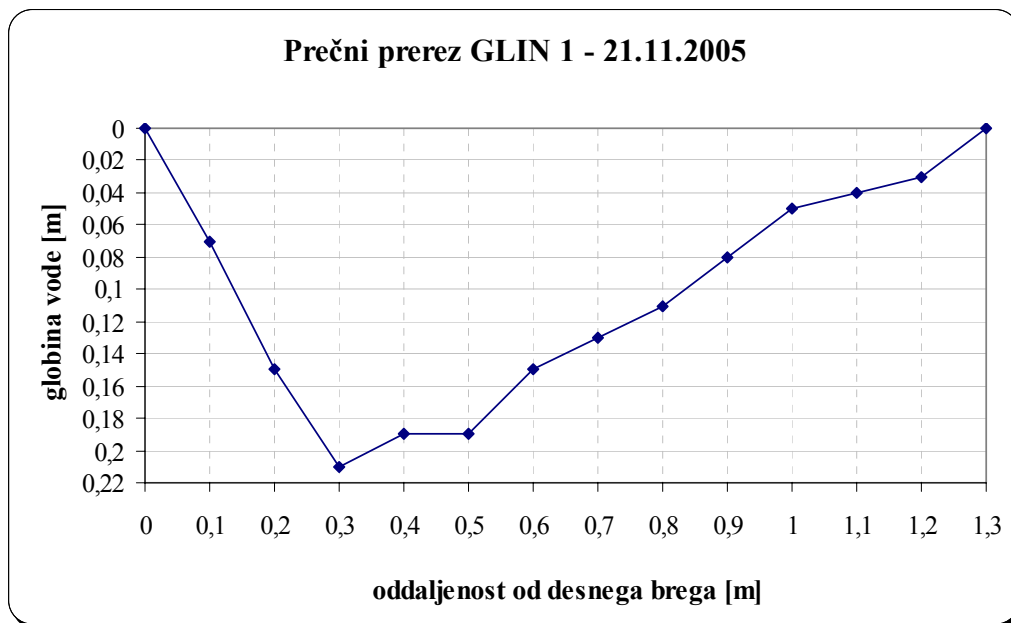
6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
0,23	0,13	0,15	0,14	0,12	0,13	0,09	0,05	0
0,14	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,05	0,03	0,00
0,025	0,012	0	0	0	0	0	0	0
0,023	0,013	0,015	0,014	0,012	0,013	0,009	0,005	
0,0006	0,0002	0	0	0	0	0	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 1 dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	21.11.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,4
Globina vode [m]		0	0,07	0,15	0,21	0,19
6/10 globine vode [m]		0,00	0,04	0,09	0,13	0,11
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,1	0,05	0,025	0
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]					0,025	
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,007	0,015	0,021	0,019
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0007	0,0008	0,0005	0
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0020				

6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
0,19	0,15	0,13	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0
0,11	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,00
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,019	0,015	0,013	0,011	0,008	0,005	0,004	0,003	
0	0	0	0	0	0	0	0	

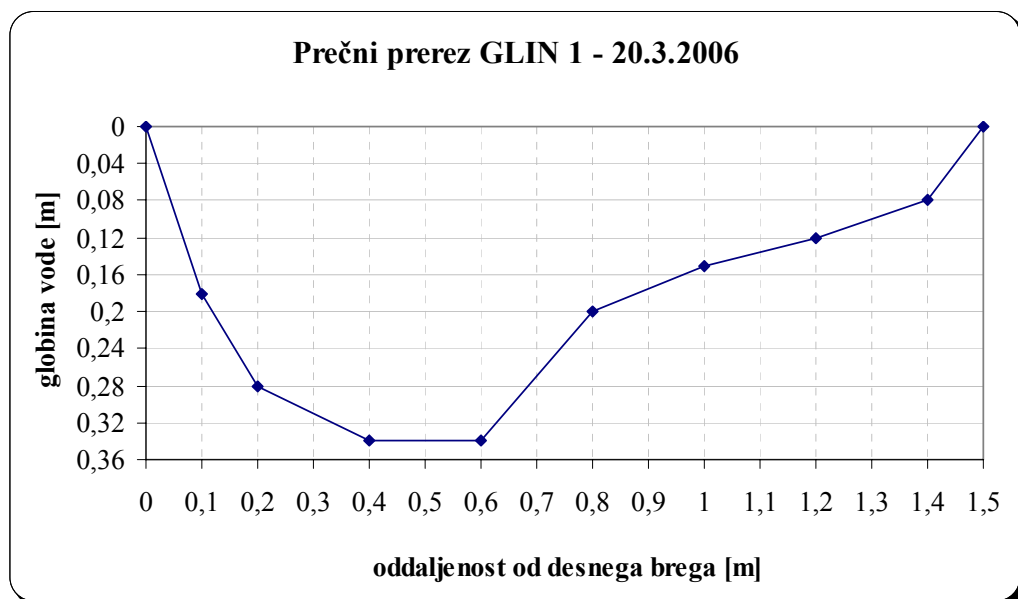


Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 1 dne 21. 11. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		20.3.2006				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,4	0,6
Globina vode [m]		0	0,18	0,28	0,34	0,34
6/10 globine vode [m]		0,00	0,11	0,17	0,20	0,20
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,1	0,13	0,32	0,025
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]					0,47	
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,018	0,042	0,068	0,068
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0018	0,0055	0,0218	0,0017
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0321				

6	7	8	9	10
0,8	1	1,2	1,4	1,5
0,2	0,15	0,12	0,08	0
0,12	0,09	0,07	0,05	0,00
0,025	0,012	0	0	0
0,04	0,03	0,024	0,012	
0,001	0,0004	0	0	

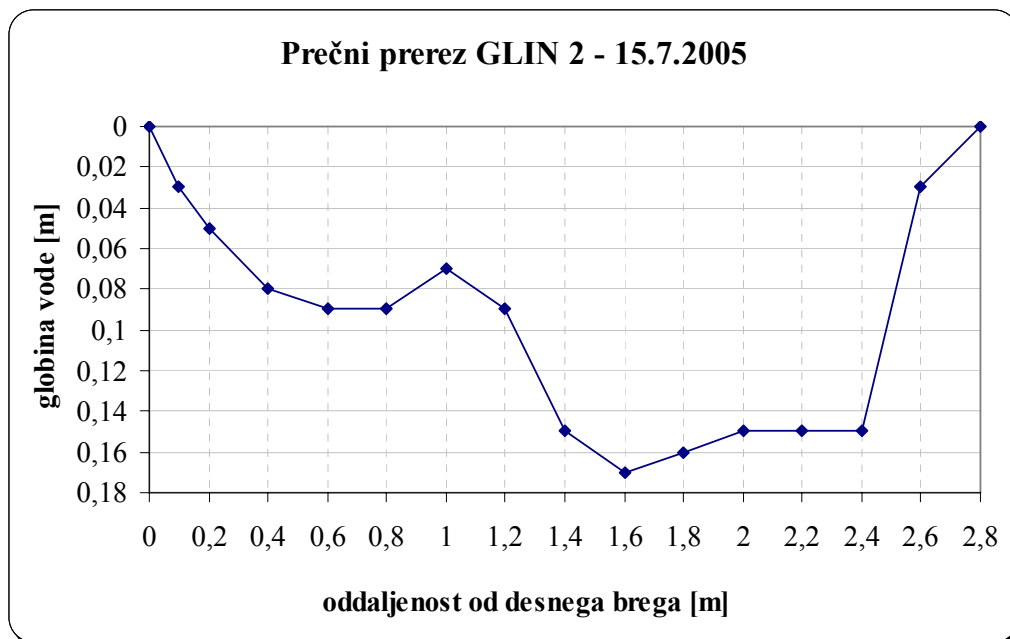
Vrednosti v poševnem tisku so predpostavljene glede na prejšnje meritve. Izmerjena je le največja hitrost (s stiroporom).



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 2 dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	15.7.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,4	0,6
Globina vode [m]		0	0,03	0,05	0,08	0,09
6/10 globine vode [m]		0,00	0,02	0,03	0,05	0,05
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,05	0,012	0,012
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,003	0,008	0,016	0,018
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0	0,0004	0,0002	0,0002
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0361				

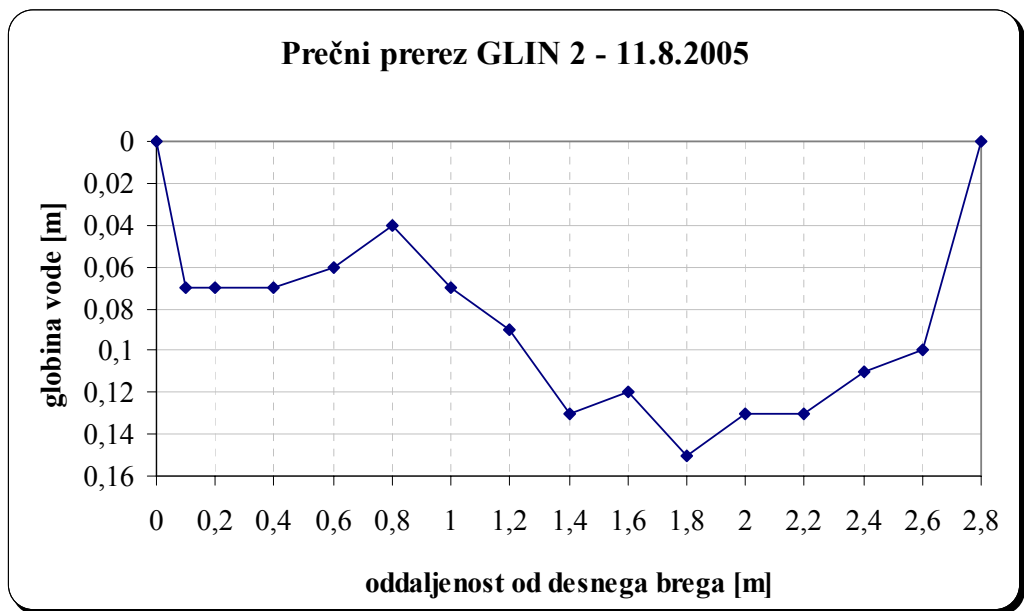
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
0,09	0,07	0,09	0,15	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,03	0
0,05	0,04	0,05	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,02	0,00
0,012	0,2	0,24	0,28	0,23	0,25	0,1	0,012	0,012	0	0
			0,29							
			0,16							
0,018	0,014	0,018	0,03	0,034	0,032	0,03	0,03	0,03	0,006	
0,0002	0,0028	0,0043	0,0084	0,0078	0,008	0,003	0,0004	0,0004	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 2 dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		11.8.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,4	0,6
Globina vode [m]		0	0,07	0,07	0,07	0,06
6/10 globine vode [m]		0,00	0,04	0,04	0,04	0,04
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,14	0,1	0
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,007	0,011	0,014	0,012
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0	0,0015	0,0014	0
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0225				

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
0,04	0,07	0,09	0,13	0,12	0,15	0,13	0,13	0,11	0,1	0
0,02	0,04	0,05	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,00
0,012	0,025	0,16	0,21	0,17	0,16	0,063	0,012	0	0	0
0,008	0,014	0,018	0,026	0,024	0,03	0,026	0,026	0,022	0,02	
0,0001	0,0004	0,0029	0,0055	0,0041	0,0048	0,0016	0,0003	0	0	

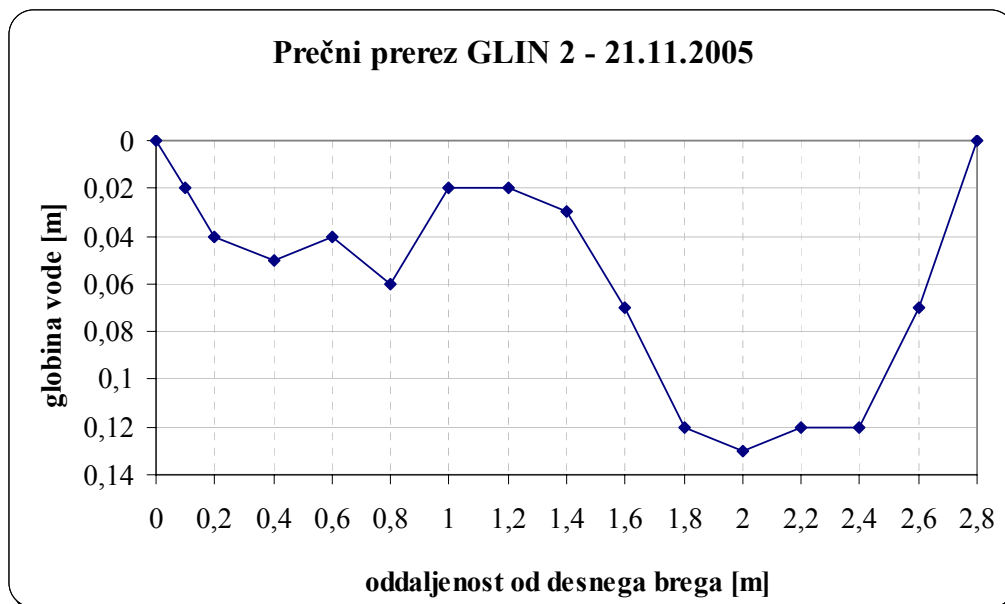




Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 2 dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	21.11.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,4	0,6
Globina vode [m]		0	0,02	0,04	0,05	0,04
6/10 globine vode [m]		0,00	0,01	0,02	0,03	0,02
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,012	0,012	0,012	0,1
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,002	0,006	0,01	0,008
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,00002	0,00007	0,0001	0,0008
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0232				

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
0,06	0,02	0,02	0,03	0,07	0,12	0,13	0,12	0,12	0,07	0
0,04	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,08	0,07	0,07	0,04	0,00
0,012	0	0	0,037	0,14	0,16	0,19	0,32	0,14	0	0
0,012	0,004	0,004	0,006	0,014	0,024	0,026	0,024	0,024	0,014	
0,0001	0	0	0,0002	0,0020	0,0038	0,0049	0,0077	0,0034	0	

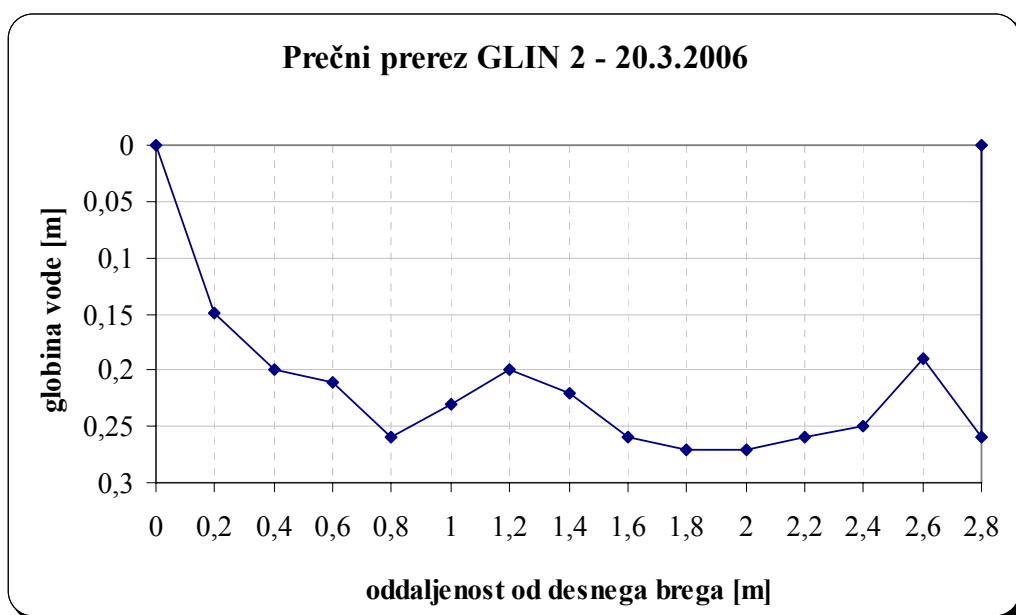


Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 2 dne 20. 3. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		20.3.2006				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,2	0,4	0,6	0,8
Globina vode [m]		0	0,15	0,2	0,21	0,26
6/10 globine vode [m]		0,00	0,09	0,12	0,13	0,16
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,025	0,037	0,22	0,27
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,03	0,04	0,042	0,052
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0008	0,0015	0,0092	0,0140
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,1116				

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	2,8
0,23	0,2	0,22	0,26	0,27	0,27	0,26	0,25	0,19	0,26	0
0,14	0,12	0,13	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,11	0,16	0,00
0,22	0,19	0,16	0,22	0,35	0,32	0,17	0,07	0,037	0	0
				0,52						
0,046	0,04	0,044	0,052	0,054	0,054	0,052	0,05	0,038		
0,0101	0,0076	0,0070	0,0114	0,0189	0,0173	0,0088	0,0035	0,0014	0	0

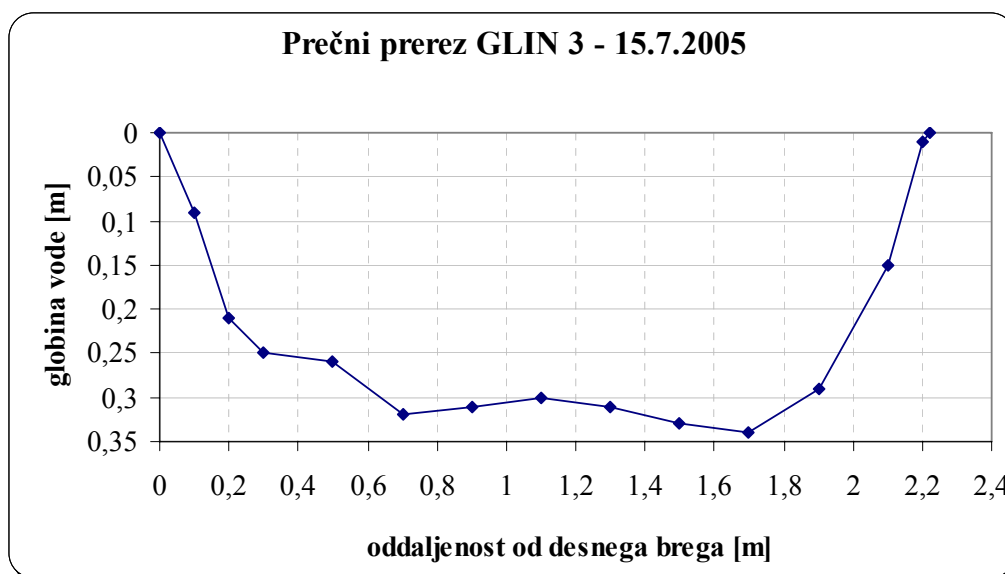
Vrednosti v poševnem tisku so predpostavljene glede na prejšnje meritve. Izmerjena je le največja hitrost (s stiroporom).



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 3 dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	15.7.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,5
Globina vode [m]		0	0,09	0,21	0,25	0,26
6/10 globine vode [m]		0,00	0,05	0,13	0,15	0,16
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,012	0,025	0,18
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,009	0,021	0,038	0,052
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0	0,0003	0,0009	0,0094
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0697				

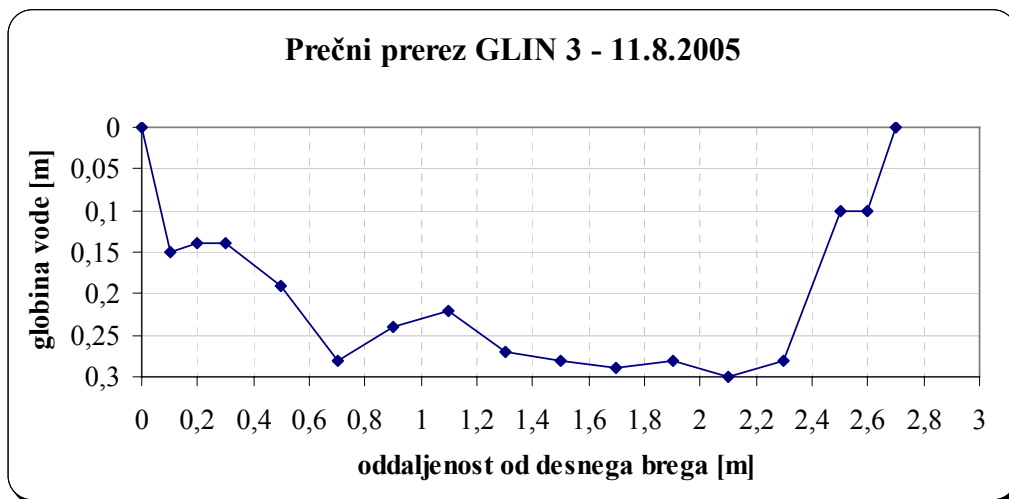
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,22
0,32	0,31	0,3	0,31	0,33	0,34	0,29	0,15	0,01	0
0,19	0,19	0,18	0,19	0,20	0,20	0,17	0,09	0,01	0
0,24	0,14	0,063	0,11	0,07	0,11	0,21	0,012	0	0
0,3									
0,16									
0,064	0,062	0,06	0,062	0,066	0,068	0,058	0,023	0,001	
0,0154	0,0087	0,0038	0,0068	0,0046	0,0075	0,0122	0,0003	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 3 dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5	6
Datum		11.8.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
Globina vode [m]		0	0,15	0,14	0,14	0,19	0,28
6/10 globine vode [m]		0,00	0,09	0,08	0,08	0,11	0,17
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,025	0,025	0,012	0,18	0,16
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]							
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]							
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,015	0,014	0,021	0,038	0,056
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0004	0,0004	0,0003	0,0068	0,0089
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0476					

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,7
0,24	0,22	0,27	0,28	0,29	0,28	0,3	0,28	0,1	0,1	0
0,14	0,13	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,06	0,06	0,00
0,15	0,075	0,075	0,025	0,012	0,16	0,075	0,012	0	0	0
0,048	0,044	0,054	0,056	0,058	0,056	0,06	0,056	0,015	0,01	
0,0072	0,0033	0,0041	0,0014	0,0007	0,0090	0,0045	0,0007	0	0	

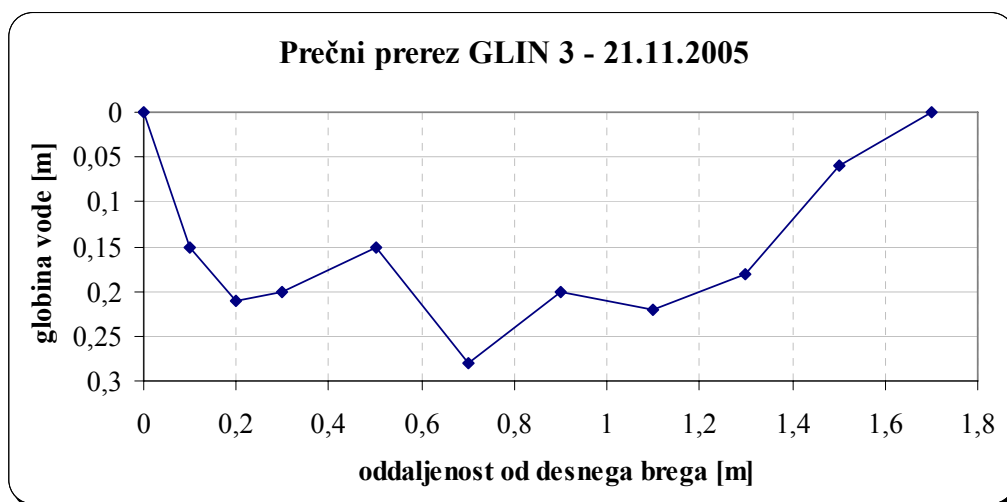


Opomba: Tokrat sem si izbrala profil bližje brzici, ker je bilo dolvodno dno preveč obraščeno s travo.

Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 3 dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	21.11.2005					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,5
Globina vode [m]		0	0,15	0,21	0,2	0,15
6/10 globine vode [m]		0,00	0,09	0,13	0,12	0,09
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,18	0,11	0,063	0,09
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,015	0,021	0,03	0,03
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0027	0,0023	0,0019	0,0027
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0148				

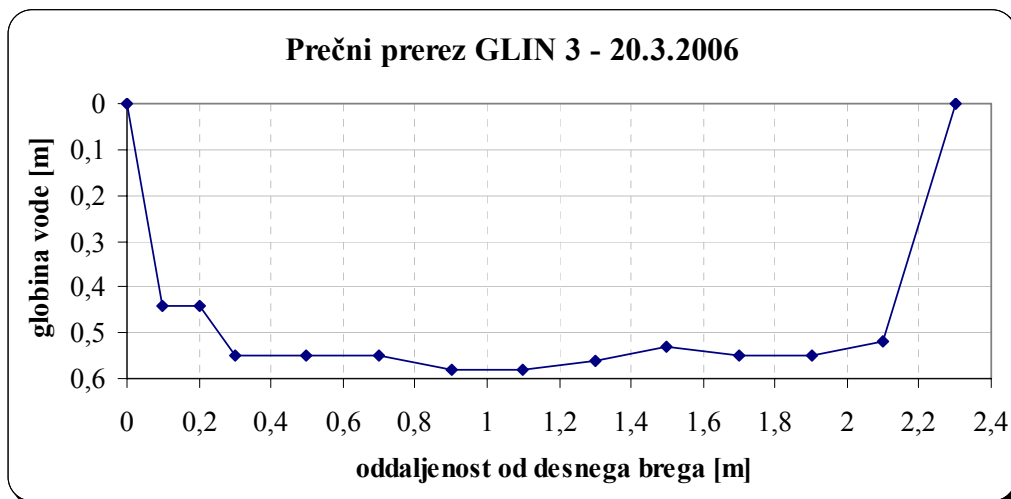
6	7	8	9	10	11
0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7
0,28	0,2	0,22	0,18	0,06	0
0,17	0,12	0,13	0,11	0,04	0,00
0,037	0,012	0,012	0,05	0,025	0
0,056	0,04	0,044	0,036	0,012	0
0,0021	0,0005	0,0005	0,0018	0,0003	0



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 3 dne 20. 3. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		20.3.2006				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,2	0,3	0,5
Globina vode [m]		0	0,44	0,44	0,55	0,55
6/10 globine vode [m]		0,00	0,26	0,26	0,33	0,33
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,15	0,28	0,3	0,34
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,044	0,044	0,083	0,11
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0066	0,0123	0,0248	0,0374
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,3157				

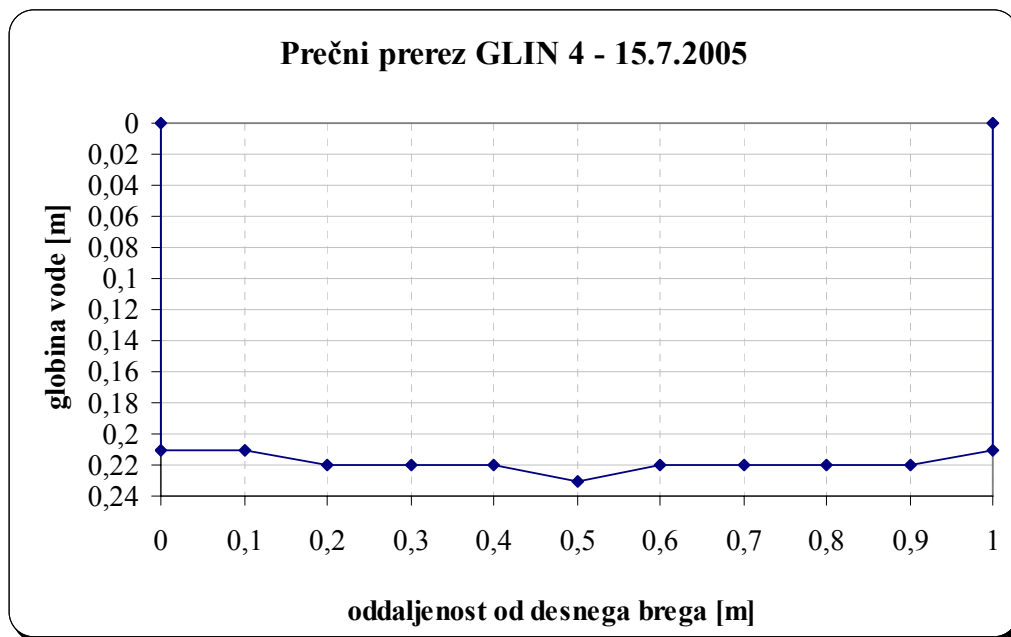
6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3
0,55	0,58	0,58	0,56	0,53	0,55	0,55	0,52	0
0,33	0,35	0,35	0,34	0,32	0,33	0,33	0,31	0,00
0,3	0,3	0,29	0,28	0,33	0,3	0,26	0,05	0
0,11	0,116	0,116	0,112	0,106	0,11	0,11	0,104	
0,033	0,0348	0,0336	0,0314	0,0350	0,0330	0,0286	0,0052	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 4 dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		15.7.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,21	0,21	0,22	0,22
6/10 globine vode [m]		0	0,13	0,13	0,13	0,13
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,25	0,24	0,35
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]				0,021	0,022	0,022
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]				0,0053	0,0053	0,0077
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0615				

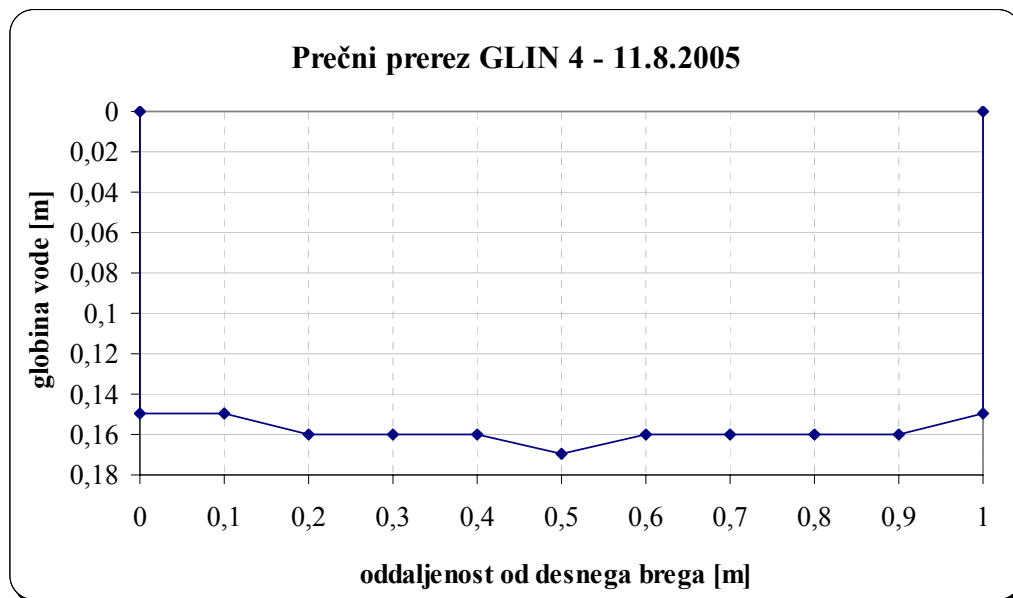
6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0
0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0
0,37	0,35	0,32	0,32	0,3	0,29	0	0
0,38							
0,29							
0,022	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022		
0,0081	0,0081	0,0070	0,0070	0,0066	0,0064		



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 4 dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		11.8.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,15	0,15	0,16	0,16
6/10 globine vode [m]		0	0,09	0,09	0,096	0,096
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,32	0,33	0,34
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]				0,015	0,016	0,016
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]				0,0048	0,0053	0,0054
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0459				

6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0
0,096	0,102	0,096	0,096	0,096	0,096	0,09	0
0,35	0,29	0,32	0,32	0,32	0,28	0	0
0,016	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016		
0,0056	0,0049	0,0051	0,0051	0,0051	0,0045		

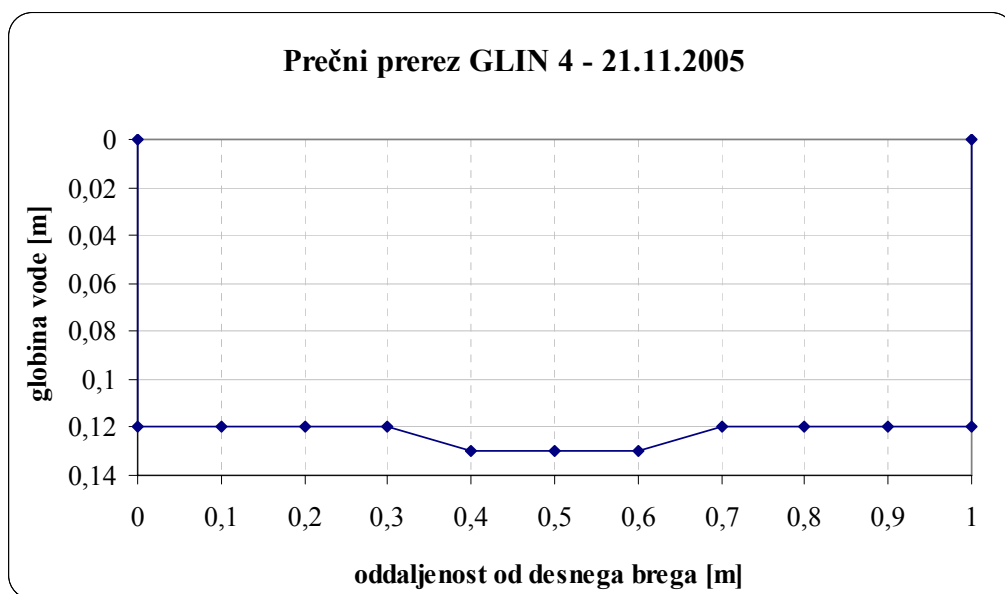




Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 4 dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		21.11.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,12	0,12	0,12	0,12
6/10 globine vode [m]		0	0,072	0,072	0,072	0,072
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,25	0,34	0,4
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]				0,012	0,012	0,012
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]				0,003	0,0041	0,0048
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0355				

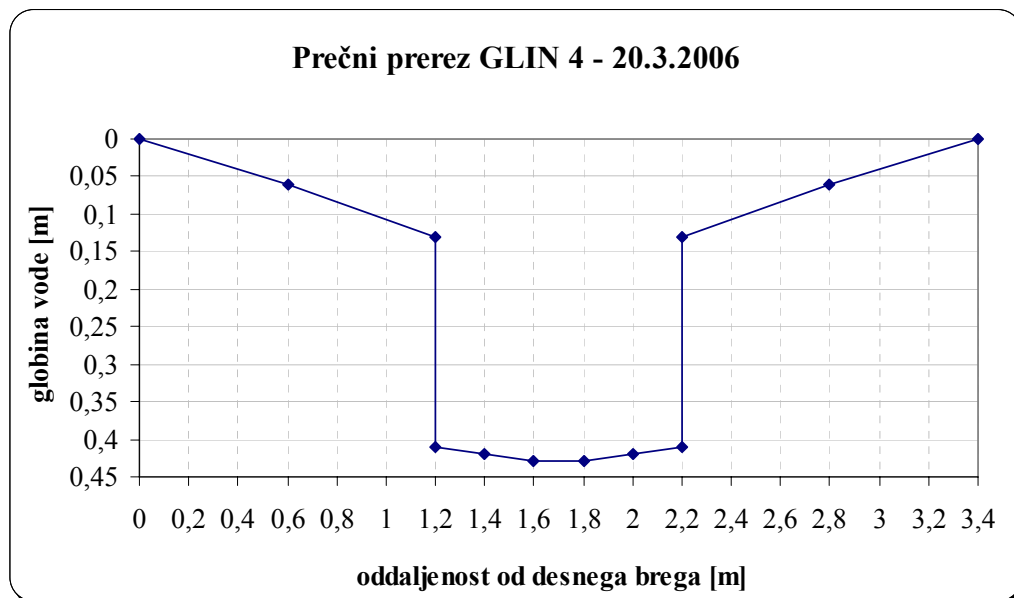
6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0
0,078	0,078	0,078	0,072	0,072	0,072	0,072	0
0,38	0,33	0,32	0,35	0,31	0,19	0	0
0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012		
0,0049	0,0043	0,0042	0,0042	0,0037	0,0023		



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 4 dne 20. 3. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		20.3.2006				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,6	1,2	1,2	1,4
Globina vode [m]		0	0,06	0,13	0,41	0,42
6/10 globine vode [m]		0	0,036	0,078	0,246	0,252
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,012	0,45	0,39	0,84
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,036	0,039	0,041	0,084
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0004	0,0176	0,0160	0,0706
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,3687				

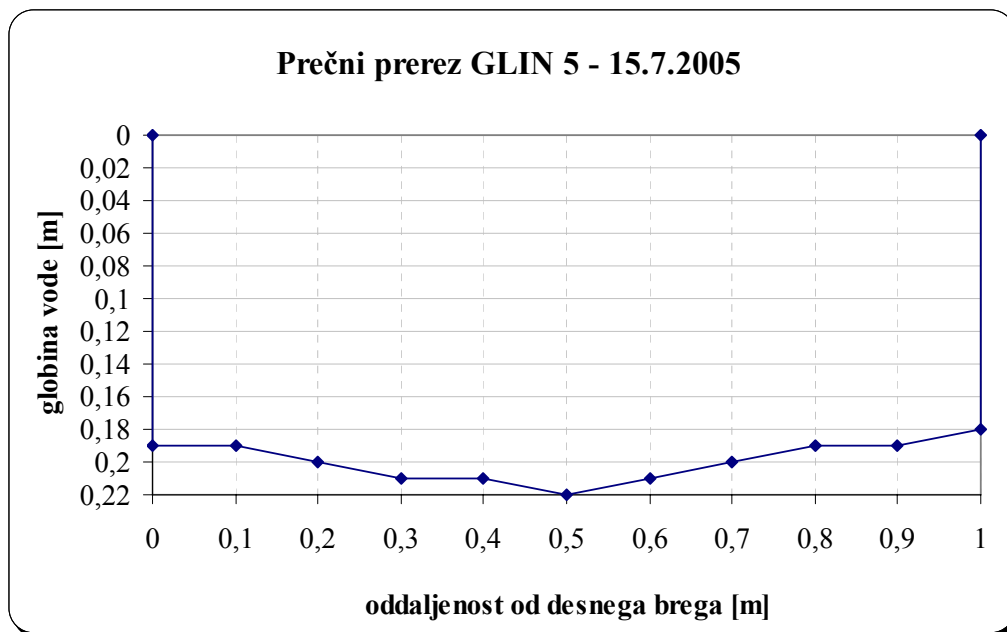
6	7	8	9	10	11	12
1,6	1,8	2	2,2	2,2	2,8	3,4
0,43	0,43	0,42	0,41	0,13	0,06	0
0,258	0,258	0,252	0,246	0,078	0,036	0
0,9	0,9	0,77	0,58	0,49	0,05	0
0,086	0,086	0,084	0,041	0,039	0,036	
0,0774	0,0774	0,0647	0,0238	0,0191	0,0018	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 5 dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		15.7.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,19	0,19	0,2	0,21
6/10 globine vode [m]		0	0,11	0,11	0,12	0,13
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,3	0,38	0,4
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,010	0,019	0,02	0,021
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0	0,0057	0,0076	0,0084
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0701				

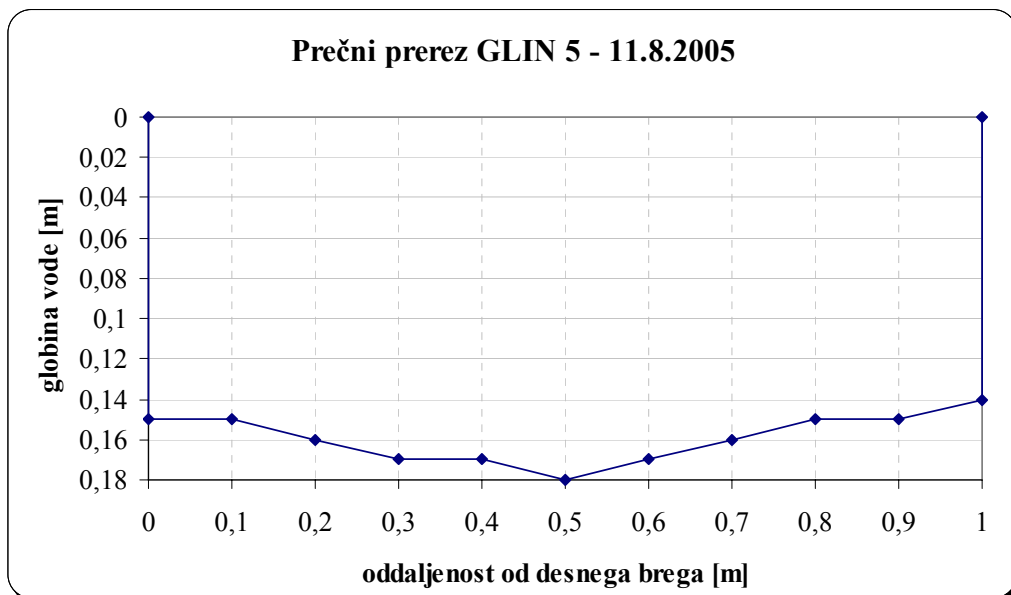
6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,21	0,22	0,21	0,2	0,19	0,19	0,18	0
0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0
0,43	0,42	0,42	0,39	0,38	0,33	0	
0,58							
0,44							
0,021	0,022	0,021	0,02	0,019	0,019	0,009	
0,0090	0,0092	0,0088	0,0078	0,0072	0,0063	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 5 dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		11.8.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,15	0,15	0,16	0,17
6/10 globine vode [m]		0	0,09	0,09	0,10	0,10
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,31	0,34	0,38
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]				0,015	0,016	0,017
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]				0,0047	0,0054	0,0065
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0495				

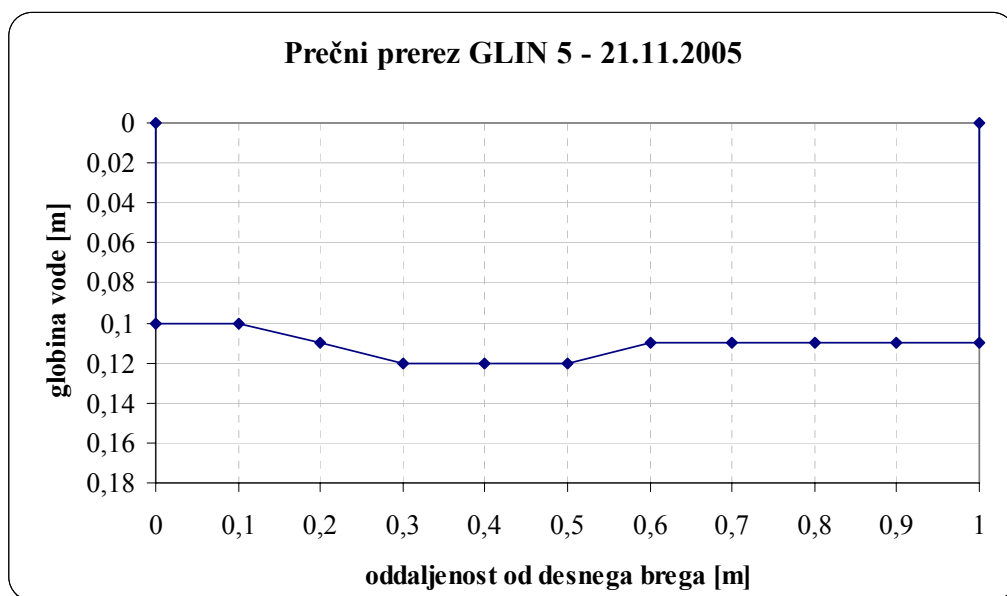
6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,17	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0
0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,00
0,37	0,34	0,33	0,35	0,34	0,28	0	0
0,017	0,018	0,017	0,016	0,015	0,015		
0,0063	0,0061	0,0056	0,0056	0,0051	0,0042		



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 5 dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		21.11.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0	0,1	0,2	0,3
Globina vode [m]		0	0,1	0,1	0,11	0,12
6/10 globine vode [m]		0	0,06	0,06	0,07	0,07
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,315	0,34	0,353
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]				0,01	0,011	0,012
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]				0,0032	0,0037	0,0042
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0323				

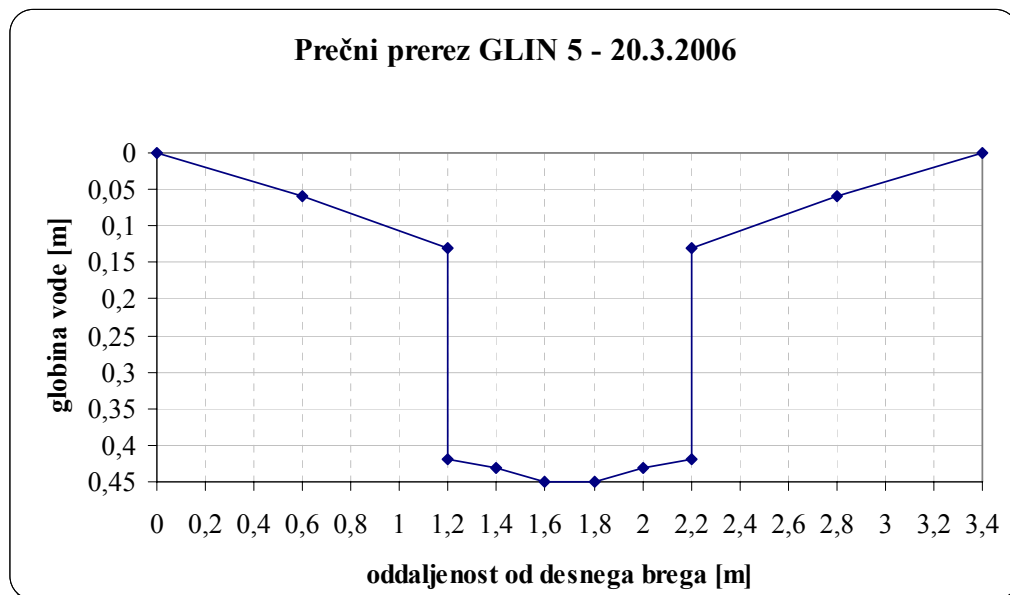
6	7	8	9	10	11	12	13
0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1
0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00
0,327	0,365	0,378	0,34	0,378	0,075	0	0
0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011		
0,0039	0,0044	0,0042	0,0037	0,0042	0,0008		



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta GLIN 5 dne 20. 3. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		20.3.2006				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,6	1,2	1,2	1,4
Globina vode [m]		0	0,06	0,13	0,42	0,43
6/10 globine vode [m]		0	0,036	0,078	0,252	0,258
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,15	0,29	0,55	0,66
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,036	0,039	0,042	0,086
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0054	0,0113	0,0231	0,0568
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,3675				

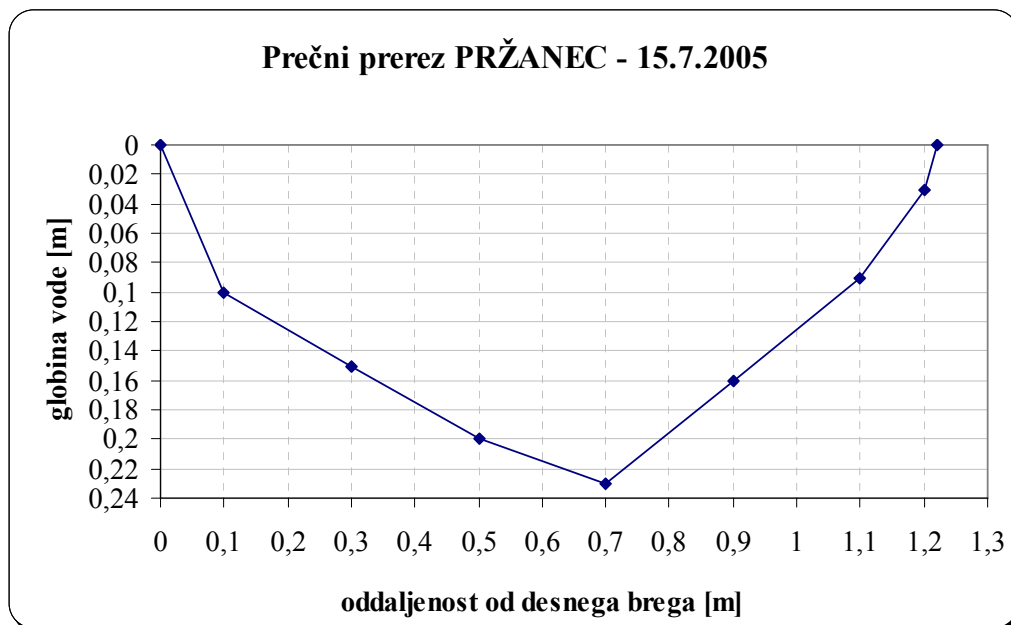
6	7	8	9	10	11	12
1,6	1,8	2	2,2	2,2	2,8	3,4
0,45	0,45	0,43	0,42	0,13	0,06	0
0,27	0,27	0,258	0,252	0,078	0,036	0
0,92	0,85	0,84	0,52	0,45	0	0
0,09	0,09	0,086	0,042	0,039	0,036	
0,0828	0,0765	0,0722	0,0218	0,0176	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta Pržanec dne 15. 7. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		15.7.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,3	0,5	0,7
Globina vode [m]		0	0,1	0,15	0,2	0,23
6/10 globine vode [m]		0,00	0,06	0,09	0,12	0,14
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,012	0,012	0,17	0,24
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						0,28
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						0,15
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,015	0,03	0,04	0,046
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0002	0,0004	0,0068	0,0110
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0249				

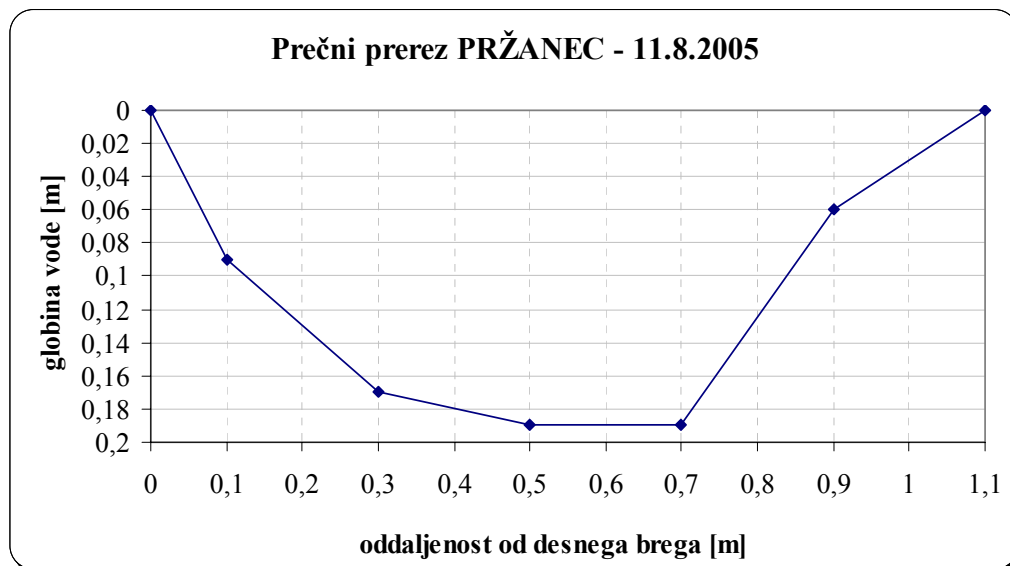
6	7	8	9
0,9	1,1	1,2	1,22
0,16	0,09	0,03	0
0,10	0,05	0,02	0
0,14	0,15	0	0
0,032	0,014	0,002	
0,0045	0,0020	0	



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta Pržanec dne 11. 8. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		11.8.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,3	0,5	0,7
Globina vode [m]		0	0,09	0,17	0,19	0,19
6/10 globine vode [m]		0,00	0,05	0,10	0,11	0,11
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0	0,05	0,025	0,05
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,014	0,034	0,038	0,038
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0	0,0017	0,0010	0,0019
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0047				

6	7
0,9	1,1
0,06	0
0,04	0,00
0,012	0
0,012	
0,0001	

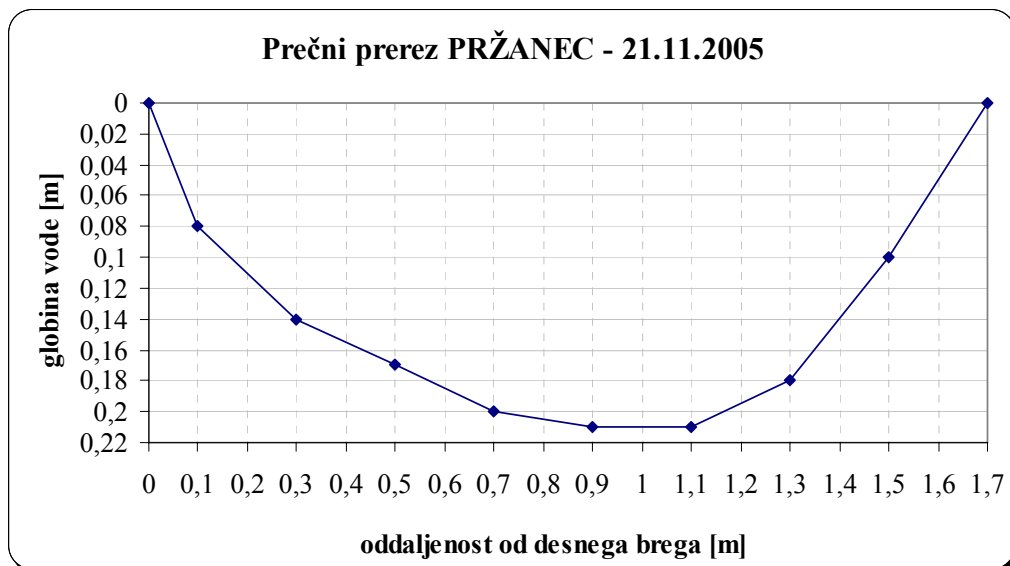




Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta Pržanec dne 21. 11. 2005

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum		21.11.2005				
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,3	0,5	0,7
Globina vode [m]		0	0,08	0,14	0,17	0,2
6/10 globine vode [m]		0,00	0,05	0,08	0,10	0,12
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,025	0,025	0,012	0,037
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,012	0,028	0,034	0,04
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]		0	0,0003	0,0007	0,0004	0,0015
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,0069				

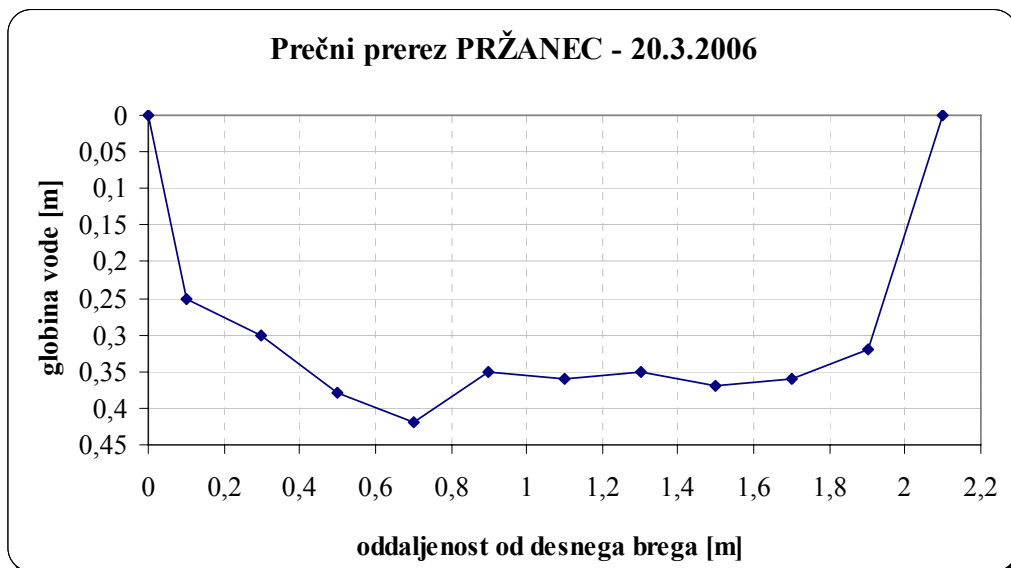
6	7	8	9	10
0,9	1,1	1,3	1,5	1,7
0,21	0,21	0,18	0,1	0
0,13	0,13	0,11	0,06	0,00
0,037	0,037	0,025	0	0
0,042	0,042	0,036	0,02	0
0,0015	0,0016	0,0009	0	0



Hitrosti in globine po širini prečnega prereza vzorčnega mesta Pržanec dne 20. 3. 2006

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5
Datum	20.3.2006					
Oddaljenost od desnega brega [m]		0	0,1	0,3	0,5	0,7
Globina vode [m]		0	0,25	0,3	0,38	0,42
6/10 globine vode [m]		0,00	0,15	0,18	0,23	0,25
Hitrost vodnega toka na 6/10 globine [m/s]		0	0,012	0,025	0,17	0,2
Hitrost vodnega toka na površini [m/s]						
Hitrost vodnega toka na dnu [m/s]						
Delne površine prečnega prereza [m <sup>2</sup> ]			0,038	0,06	0,076	0,084
Delni pretok - Qn [m <sup>3</sup> /s]			0,0005	0,0015	0,0129	0,0168
Skupni pretok - Qt [m <sup>3</sup> /s]		0,1018				

6	7	8	9	10	11	12
0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1
0,35	0,36	0,35	0,37	0,36	0,32	0
0,21	0,22	0,21	0,22	0,22	0,19	0,00
0,2	0,21	0,25	0,19	0,06	0,08	0
0,07	0,072	0,07	0,074	0,072	0,064	
0,014	0,0151	0,0175	0,0141	0,0043	0,0051	



**PRILOGA D: Vrstna sestava in relativna abundanca makroinvertebratov na izbranih vzorčnih mestih (Tavzes, Urbanič, Toman, 2004)**

Taxa	Vzorčno mesto	GLIN 1	GLIN 2	GLIN 3	GLIN 4	GLIN 5
<b>PLATHELMINTHES</b>		<b>Relativna abundanca (%)</b>				
<b>Turbellaria</b>						
Fam. Planariidae						
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>					0,5	0,2
Fam. Dugesiidae						
<i>Dugesia</i> sp.				0,1	0,4	0,1
<b>MOLLUSCA</b>						
<b>Gastropoda</b>						
Fam. Hydrobiidae						
<i>Sadleriana fluminensis</i> (Kuester 1853)		0,8				
Fam. Lymnaeidae						
<i>Galba truncatula</i> (O.F. Müller, 1774)		0,7			0,7	
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)				1	0,5	
<i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)					0,5	0,6
Fam. Physidae						
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)				0,3	0,1	
Fam. Planorbidae						
<i>Gyraulus albus</i> (O.F. Müller, 1774)				2,4	2,7	0,1
<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus, 1758)				1	0,5	
<i>Hippeutis complanatus</i> (Linnaeus, 1758)				0,9	0,4	0,4
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)			0,1		0,4	0,3
Fam. Ancylidae						
<i>Ancylus fluviatilis</i> (O.F. Müller, 1774)		0,2	0,5			
<b>Bivalvia</b>						
Fam. Sphaeriidae						
<i>Pisidium</i> sp.		1,3	0,4	0,3	0,2	0,4
<b>CLITELLATA</b>						
<b>Oligochaeta</b>						
Fam. Tubificidae						
<i>Tubificidae - with hair chaeta</i>		0,6	1,5	0,4	0,7	

se nadaljuje...

...nadaljevanje

<i>Tubificidae - without hair chaeta</i>	0,3	0,3	0,7	0,7	
Fam. Lumbriculidae					
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)		0,8	0,4	0,1	
<i>Stylocdrilus heringianus</i> Claperede, 1862	1,8	1,2	2,2	0,4	
Fam. Lumbricidae					
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	0,1	0,8	0,2	0,3	0,3
<b>Hirudinea</b>					
Fam. Glossiphonidae					
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)		0,1	0,1	0,1	
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)		0,1	0,8	0,8	0,4
<i>Hemiclepsis marginata</i> (O.F. Müller, 1774)				0,7	
<i>Theromyzon tessulatum</i> (O.F. Müller, 1774)			0,1		
Fam. Erpobdellidae					
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)		0,7	0,6	0,4	0,8
<i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1822)		0,4			
<b>CRUSTACEA</b>					
<b>Amphipoda</b>					
Fam. Crangonyctidae					
<i>Synurella ambulans</i> (Fr. Müller, 1846)	13,4				
Fam. Gammaridae					
<i>Gammarus fossarum</i> Koch, in Panzer, 1836	53,5	72,5	0,3	7,9	41,1
<b>Isopoda</b>					
Fam. Asellidae					
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)			0,8	0,3	0,2
<b>Decapoda</b>					
<b>Fam. Astacidae</b>					
<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)	0,3	0,5			0,8
<b>INSECTA</b>					
<b>Ephemeroptera</b>					
Fam. Baetidae					
<i>Baetis liebenauae</i> Keffermüller, 1972					0,1
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843-1845)	0,3	0,2		1	0,2
<i>Baetis scambus</i> Eaton, 1870					0,7
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834		0,9	6,1	3,2	2,3

se nadaljuje...

...nadaljevanje

<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)	5,5				
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1761)			1,6	0,6	
Fam. Heptagenidae					
<i>Ecdyonurus</i> sp.	2,1				
Fam. Ephemerellidae					
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	0,3				
Fam. Caenidae					
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)			0,2	0,3	0,4
<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	0,3		12,5	35,5	46,9
Fam. Leptohlebiidae					
<i>Paraleptohlebia submarginata</i> (Stephens, 1835)	0,6	0,4			
<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	1,3				
<i>Habrophlebia lauta</i> Eaton, 1884		0,4			
Fam. Ephemeridae					
<i>Ephemera danica</i> Müller, 1764	0,3				0,8
<b>Plecoptera</b>					
Fam. Perlodidae					
<i>Isoperla</i> sp.	0,3				
Fam. Nemouridae					
<i>Nemoura</i> sp.	0,2				
<i>Amphinemura</i> sp.	0,7				
Fam. Leuctridae					
<i>Leuctra</i> sp.	0,8				
Fam. Perlidae					
<i>Perla</i> sp.	0,3				
<b>Odonata</b>					
Fam. Calopterygidae					
<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)		0,5	0,3	0,1	
Fam. Platycnemididae					
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)		0,2	1,4	0,1	
Fam. Coenagrionidae			0,2	0,6	
<i>Coenagrion</i> sp.			0,1	0,7	
<i>Ischnura</i> sp.				0,3	
Fam. Gomphidae					

se nadaljuje...

...nadaljevanje

<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 1758)			0,3	0,4	0,1
Fam. Corduliidae					
<i>Somatochlora meridionalis</i> Nielsen, 1935		0,6	0,8		
Fam. Libellulidae					
<i>Orthethrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)				0,7	
<b>Coleoptera</b>					
Fam. Dytiscidae			0,3		0,4
<i>Agabus</i> sp.	0,3				
<i>Platambus maculatus</i> (Linnaeus, 1758)	0,3	0,5	0,3	0,3	
Fam. Hydrophilidae			1	0,5	
Fam. Hydraenidae					
<i>Hydraena</i> sp.	0,4	0,2	1	1	0,5
Fam. Dryopidae					
<i>Dryops</i> sp.		0,1			
Fam. Elmidae					
<i>Limnius</i> sp.	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4
<i>Esolus</i> sp.	0,7	0,1	0,1		0,4
<i>Elmis</i> sp.	0,7	0,7	1	1	0,2
<i>Oulimnius</i> sp.		1,2	1,3	3,8	2,4
Fam. Haliplidae					
<i>Halipus</i> sp.		0,6	7,8	3,7	1
Fam. Curculionidae			1		0,4
<b>Heteroptera</b>					
Fam. Notonectidae					
<i>Notonecta</i> sp.		0,1			
Fam. Nepidae					
<i>Nepa</i> sp.	0,7				0,4
Fam. Corixidae					
Corixinae			0,1		
<b>Megaloptera</b>					
Fam. Sialidae					
<i>Sialis fuliginosa</i> Pictet F. J., 1836	0,7	0,2			
<b>Planipennia</b>					
<b>Fam. Sysiridae</b>					

se nadaljuje...

...nadaljevanje

<i>Sysira</i> sp.			0,8		
<b>Trichoptera (mladoletnice)</b>					
Fam. Rhyacophilidae					
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	0,4				
Fam. Hydroptilidae					
<i>Hydroptila sparsa</i> Curtis, 1834			0,2	0,2	0,2
<i>Hydroptila</i> sp.					0,4
Fam. Hydropsychidae					
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)		0,5			
Fam. Polycentropodidae					
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	1,8				
Fam. Psychomyiidae					
<i>Tinodes unicolor</i> (Pictet, 1834)	0,3				
Fam. Limnephilidae					
<i>Micropterna nycterobia</i> McLachlan, 1875	0,7				
Fam. Leptoceridae					
<i>Mystacides azurea</i> (Linnaeus, 1761)		0,7	0,2	0,6	0,4
Fam. Sericostomatidae					
<i>Notidobia ciliaris</i> (Linnaeus, 1761)					0,4
<b>Diptera (dvokrilci) -red</b>					
Fam. Psychodidae				0,1	0,5
Fam. Simuliidae					
<i>Simulium</i> sp.	0,3	0,9	1,4	3,5	1,5
Fam. Ceratopogonidae					
Ceratopogoninae	0,7	0,2	0,5	0,4	0,5
Forcipomyiinae	0,1				
Fam. Chironomidae družina					
Tanytopodinae	5,3	1,9	2,7	3,2	1
Chironominae					
Chironomini	0,3	4,6	1,8	0,3	0,4
Tanytarsini	4,6	1	21,5	13,9	1,4
Orthocladiinae	2,8	0,5	3,6	16,1	1,7
<i>Corynoneura</i> sp.	0,3				
<i>Thienemanniella</i> sp.			1	0,5	

se nadaljuje...

...nadaljevanje

Diamesinae	0,3				
Prodiamesinae		0,2			
<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	0,3	0,2			
Fam. Tipulidae					
<i>Tipula</i> sp.	1	0,2	0,1		0,6
Fam. Limoniidae				0,2	
Hexatominae	0,4	0,1			
Pediciinae					
<i>Dicranota</i> sp.					
<i>Pedicia</i> sp.	0,1				
Fam. Empididae					
Clinocerinae				0,3	
Fam. Stratiomyidae					
<i>Beris</i> sp.	0,3				
<i>Oxycera</i> sp.			0,1		
Fam. Tabanidae	0,7		0,1	0,1	0,4
Fam. Anthomyidae					
<i>Limnophora</i> sp.			0,9	0,4	0,5



**PRILOGA E: Mejne vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov v Sloveniji (vzeto iz Urbanič, Toman, 2003, ki sta privzela iz UR. L. SFRJ št. 6, 1978)**

Parameter / Enota	Kakovostni razredi			
	1	2	3	4
pH	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
Koncentracija kiska [mg/L]	8	6	4	3
Nasičenost vode s kisikom [%]	90 - 105	75 – 90 105 - 115	50 – 75 115 -125	30 – 50 125 - 130
Suspendirane snovi - po sušenju [mg/L]	10	30	80	100
Skupne raztopljene snovi - po sušenju [mg/L]	350*	1000	1500	1500
BPK <sub>5</sub> [mg/L]	2,0	4,0	7,0	> 10,0
Nitrat [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L]	5,0	9,0	> 9,0	
Ortofosfat [mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L]	0,09	0,46	> 0,46	

\* - ali najmanj toliko kot je njegov naravni delež