

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Jamova 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:

Sabina Arh

Vpliv gojitvenih ribnikov na eutrofikacijo površinskih voda

Diplomska naloga št.: 119

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Somentor:

doc. dr. Nataša Atanasova

Ljubljana, 28. 5. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Sabina Arh izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
» Vpliv gojitvenih ribnikov na evtrofikacijo površinskih voda «.

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

Ljubljana, 29.04.2009

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 504.04:556.55:693.31(043.2)
Avtor: Sabina Arh
Mentor: izr. prof. dr. Boris Kompare
Naslov: VPLIV GOJITVENIH RIBNIKOV NA EVTROFIKACIJO POVRŠINSKIH VODA
Obseg in oprema: 55 str., 24 pregl., 27 sl., 20 en.;
Ključne besede: Gojitveni ribniki, evtrofikacija, evtrofikacijski model, obremenitev s fosforjem, površinske vode;

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavamo problem evtrofikacije v vodnem okolju, ki se pojavlja zaradi prevelikega vnosa hranil, t.j. dušika in fosforja, katerega posledica je prekomerna zarast alg. V našem primeru obravnavamo gojitvene ribnike, kot vir fosforja za dolvodni recipient. Ribniki so med seboj hidravlično povezani. Poleg obremenitve fosforja iz okolja, ribiška družina vnaša fosfor dodatno s hranjenjem rib v drugem in četrtem ribniku.

Na petih gojitvenih ribnikih smo najprej opravili osnovne fizikalne in kemijske analize vode in nato izdelali enostavni Vollenweider-jev model. Fosfor je v modelu postavljen kot edini omejitveni dejavnik za evtrofikacijo. Z modelom smo poskušali kvantificirati in ovrednotiti vpliv vnosa fosforja na same ribnike, prav tako pa tudi na vodotok v katerega se zлива voda iz ribnikov.

Rezultate analize vode in modela smo med seboj primerjali in uvrstili gojitvene ribnike v trofična stanja. Trofična stanja se glede na model in meritve nekoliko razlikujejo v tretjem ribniku, v ostalih ribnikih so trofična stanja enaka. V prvem ribniku nam rezultati modela pokažejo, da sta prvi in drugi ribnik v evtrofnem stanju, četrti ribnik mezotrofnem stanju. Meritve so pokazale, da je tretji ribnik v evtrofnem stanju, med tem ko model pokaže mezotrofno stanje. Največjo koncentracijo fosforja ima po pričakovanju zadnji ribnik. Za ta ribnik je bila napoved modela potrjena tudi z meritvami. Zadnji ribnik vsebuje večjo količino totalnega fosforja. V vseh ribnikih se zaradi previsoke koncentracije totalnega fosforja, v poletnih mesecih pojavi proces evtrofikacije. Fosfor iz zadnjega ribnika tako vpliva dolvodno na prve recipiente in v njih povzroča proces evtrofikacije.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 504.04:556.55:693.31(043.2)
Author: Sabina Arh
Supervisor: assoc.prof. Boris Kompare
Title: THE INFLUENCE OF FISH-REARING PONDS ON SURFACE WATER EUTROPHICATION
Notes: 55 p., 24 tab., 27 fig., 20 eq.;
Key words: Fish pond, eutrophication, eutrophication model, phosphorus load, surface water;

Abstract

The thesis discusses the problem of eutrophication in the aquatic environment, which occurs due to excessive intake of nutrients, i.e. nitrogen and phosphorus, which results in excessive algae growth. In our case we treat rearing ponds, as a source of phosphorus for downstream recipients. Ponds are hydraulically connected. In addition to high amount of phosphorus from the environment, fishing family also adds phosphorus with the feeding in the second and fourth pond.

In the five rearing ponds, we first performed the basic physical and chemical analysis of water and produced simple Vollenweider's model. Phosphorus in the model stands as the only limiting factor for eutrophication. With the model we attempted to quantify and assess the impact of the introduction of phosphorus in the ponds, but also in the aquifer in which the water from the ponds flows into.

We compared the results of the analysis of water and the model with each other and placed them in state of trophic rearing ponds. By comparison with the model and measurements, trophic states differ a bit in the third pond. In all other ponds, the trophic states are the same.

The model results show, that the first and the second pond are in eutrophic state and the fourth pond is in mesotrophic state. Measurements show that the third pond is in eutrophic state, while the model shows mesotrophic state. The highest concentration of phosphorus is in the last pond as expected. The measurements show eutrophic state, as confirmed by the model. The last pond contains high quantity of total phosphorus. Due to excessive concentrations of total phosphorus, during the summer, the process of eutrophication appears. This is the reason, why phosphorus from the last pond affects downstream on first recipients and causes the eutrophication process.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Borisu Komparetu in somentorici dr. Nataši Atanasovi za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi svojima staršema, bratu in ostalim prijateljem za podporo in pomoč v študijskih letih.

OKRAJŠAVE:

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BPK	Biokemijska potreba po kisiku
EPO	Ekološko pomembno območje
ERM	Ekoremediacija
KPK	Kemijska potreba po kisiku
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj)
PE	Populacijski ekvivalent
pSCI	Proposed Site of Community Importance (predlagano območje, pomembno za Skupnost)
RČN	Rastlinska čistilna naprava
RDC	Ribiška družina Celje
TOC	Total Organic Carbon (celotni organski ogljik)

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	SLADKOVODNO RIBIŠTVO V SLOVENIJI	2
2.1	PROBLEMI V RIBOGOJSTVU	3
2.2	RIBIŠKA DRUŽINA CELJE	4
3	EVTROFIKACIJA	5
3.1	OMEJITVENI FAKTORJI EVTROFIKACIJE	5
3.1.1	FOSFOR	6
3.2	OSTALI POMEMBNI DEJAVNIKI	8
3.2.1	Dušik	8
3.2.2	Svetloba	8
3.2.3	Temperatura	9
3.2.4	Koncentracija raztopljenega kisika	9
3.2.5	Klorofil <i>a</i>	9
3.3	EVTROFIKACIJA V RIBNIKIH	10
4	KATEGORIZACIJA VODA	11
4.1	DOLOČANJE STOPNJE TROFIČNOSTI V STOJEČIH VODAH	11
4.2	DOLOČEVANJE KAKOVOSTNEGA RAZREDA V VODOTOKIH	15
5	OPIS RIBNIKOV GORIČICA	16
5.1	SPLOŠNI PODATKI OBMOČJA	16
5.2	POMEMBNOST OBMOČJA GORIŠKIH RIBNIKOV Z VIDIKA NARAVNE DEDIŠČINE	20
5.3	KATEGORIZACIJA VODOTOKOV DOLVODNO OD RIBNIKOV	24
5.4	VZREJA RIB V GORIŠKIH RIBNIKIH	27
5.4.1	PREHRANA RIB	29
5.4.2	VZREJA KONZUMNEGA KRAPA	30
5.4.3	DODATNO HRANJENJE KRAPA	31
6	METODE ZA IZRAČUN OBREMENITVE FOSFORJA S POMOČJO EMPIRIČNIH ENAČB	32
6.1	ENOSTAVNI MATEMATIČNI MODEL EVTROFIKACIJE	32
6.2	UPORABA VOLLENWEIDERJEV-EGA MODELA	33

6.2.1	Obremenitev s padavinami - I_{p_p}	36
6.2.2	Obremenitev z izpiranjem iz prispevnih površin - I_{p_t}	36
6.2.3	Obremenitev z antropogenim onesnaževanjem - I_{p_w}	37
6.2.4	Obremenitev z medsebojnimi vplivi oziroma povezanost med ribniki - I_{p_m}	38
6.2.5	Obremenitev s dodatnim hranjenjem rib - I_{p_h}	38
6.3	RAČUN MASNIH BILANC	40
6.4	IZDELAVA PRIPOMOČKA ZA RAČUN	42
7	MERITVE NA RIBNIKIH	43
8	REZULTATI.....	44
8.1	VHODNI PODATKI MODELA.....	44
8.2	DOLOČITEV OBREMENITVE S HRANILI	45
8.2.1	Obremenitev s padavinami	45
8.2.2	Obremenitev z izpiranjem iz prispevnih površin.....	46
8.2.3	Obremenitev z antropogenim onesnaževanjem.....	46
8.2.4	Obremenitev z medsebojnimi vplivi oziroma povezanost med ribniki.....	47
8.2.5	Obremenitev s hranjenjem rib	48
8.3	IZRAČUN KONCENTRACIJE FOSFORJA	50
8.4	OCENA STANJA RIBNIKOV	51
9	UKREPI ZA IZBOLJŠANJE STANJA GORIŠKIH RIBNIKOV IN S TEM ZMANJŠANJA VPLIVA DOLVODNO	53
10	ZAKLJUČEK	55

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: <i>Trofično stanje jezera (Kranjc, po Vollenweider, 1968)</i>	11
Preglednica 2: <i>Trofično stanje jezer po klasifikaciji OECD (Krajnc, 1994; po Vollenweider, 1982)</i>	12
Preglednica 3: <i>Parametri salmonidnih in cipridnih površinskih voda (Uradni list RS, št. 46/02)</i>	14
Preglednica 4: <i>Velikost posameznega ribnika</i>	18
Preglednica 5: <i>Vrste in velikosti prispevnih površin</i>	19
Preglednica 6: <i>Razred sladkovodnih vzrejnih kostnic v ribnikih Goričica (Povž, 1999)</i>	27
Preglednica 7: <i>Specifikacija količine rib v ribnikih Goričica (RDC, 2007)</i>	27
Preglednica 8: <i>Prirast krapa v 4. ribniku</i>	30
Preglednica 9: <i>Koncentracija fosforja v dežju (Jørgensen in Vollenwider, 1989)</i>	36
Preglednica 10: <i>Količina vnosa hranil iz prispevnih površin – povprečne vrednosti (Jørgensen in Vollenwider, 1989)</i>	37
Preglednica 11: <i>Rezultati analize ribje hrane</i>	39
Preglednica 12: <i>Analizni izvid vode meritev kakovosti vode</i>	43
Preglednica 13: <i>Velikost posameznih prispevnih površin za vsak ribnik</i>	45
Preglednica 14: <i>Izračun I_{pp}</i>	45
Preglednica 15: <i>Izračun I_{pt}</i>	46
Preglednica 16: <i>Število prebivalcev glede na prispevno območje posameznega ribnika</i>	47
Preglednica 17: <i>Izračun I_{pw}</i>	47
Preglednica 18: <i>Izračun I_{pm}</i>	48
Preglednica 19: <i>Izračun I_{ph} po posameznih ribnikih</i>	49
Preglednica 20: <i>Količina totalnega fosforja v ribnikih</i>	49
Preglednica 21: <i>Rezultati totalnega fosforja</i>	50
Preglednica 22: <i>Grafični prikaz rezultata totalnega fosforja</i>	50
Preglednica 23: <i>Primerjava modela z meritvami in razvrstitev ribnikov stopnjo trofičnosti</i> ...	51
Preglednica 24: <i>Trofična stanja glede na skupni fosfor</i>	51

KAZALO SLIK

Slika 1: <i>Sukcesija jezerskega ekosistema (Tarman, 1992)</i>	6
Slika 2: <i>Geokemijsko kroženje fosforja in železa na dnu (Tarman, 1992)</i>	7
Slika 3: <i>Shema oligotrofnega, mezotrofnega in eutrofnega ribnika</i>	11
Slika 4: <i>Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na povprečno letno vidnost Secchi diska (Sedej, 2003 po OECD, 1982)</i>	12
Slika 5: <i>Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na totalni fosfor (Sedej, 2003 po OECD, 1982)</i>	12
Slika 6: <i>Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na povprečni letni klorofil-a (Sedej, 2003 po OECD, 1982)</i>	13
Slika 7: <i>Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na maksimalni klorofil (Sedej, 2003 po OECD, 1982)</i>	13
Slika 8: <i>Goriški ribniki</i>	16
Slika 9: <i>Karta območja Goriških ribnikov s pritoki, M 1:10.000, (ARSO, 2008)</i>	17
Slika 10: <i>Ribnik 1</i>	18
Slika 11: <i>Ribnik 2</i>	18
Slika 12: <i>Območje NATURE 2000, Volčke, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)</i>	20
Slika 13: <i>Območje piškurja – označeno z rumeno barvo (potok Levi pritok Dobja in potok Dobje), M 1:15.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)</i>	21
Slika 14: <i>Potočni piškur Eudontomyzon spp</i>	21
Slika 15: <i>Ekološki pomembni območji: Volčke in Blagovna-ribniki, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)</i>	22
Slika 16: <i>Območje naravnih vrednot: Volčke in Blagovna-ribniki, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)</i>	23
Slika 17: <i>Hidrogeološka karta območja, M 1:30.000, (ARSO, 2009)</i>	24
Slika 18: <i>Kategorizacija vodotokov, M 1:35.000, (ARSO, 2009)</i>	26
Slika 19: <i>Ribja hrana (Svetina, 1982)</i>	29
Slika 20: <i>Hrana, ki jo ribiči dodajajo</i>	31
Slika 21: <i>Hranjenje rib</i>	31
Slika 22: <i>Prikaz razporeditve hiš v Goričici</i>	46
Slika 23: <i>Prikaz razporeditve hiš v Cerovcu</i>	46

Slika 24: <i>Prikaz razporeditve ribnikov</i>	48
Slika 25: <i>Prikaz kaj se dogaja z dodatno ribjo hrano v ribniku</i>	48
Slika 26: <i>Eutrofikacija v 3. ribniku – alge in višje vodne rastline</i>	52
Slika 27: <i>Centralna čistilna naprava Šentjur in kanalizacijski sistem</i>	54

KAZALO PRILOG

Priloga A: *Situacija Goriških ribnikov, M 1:75.000*

Priloga B: *Letalski posnetek območja ribnikov, M 1:75.000*

Priloga C: *Plastnice območja, M 1:75.000*

Priloga D: *Poročilo o preskusu živila, vzorec št. 0800172, z dne 13.8.2008*

1 UVOD

Evtrofikacija je pojav pri katerem je vodno okolje prenasičeno s hranili in to posledično vpliva na rast alg in ostalih rastlin, ki pospešujejo primarno produkcijo. Hranila pridejo v vodo naravno in/ali umetno. Omejitveni faktor za evtrofikacijo je hranilo, ki pospešuje primarno produkcijo ribnikov, njegovo pomanjkanje pa ga omejuje. V večini primerov stoječih voda je to fosfor.

Namen diplomske naloge je oceniti kako vnos fosforja in v kakšni meri vpliva na zaporedje petih ribnikov in na vodotok v katerega se izliva voda iz ribnikov. Obravnavali smo Goriške ribnike, ki so med seboj povezani kaskadno. Ti ribniki so gojitveni. Ribiška družina Celje v njih goji sladkovodne ribe. Vseh ribnikov je pet. Na območju so razporejeni eden za drugim od severa proti jugu in so med seboj povezani v naselju Goričica v občini Šentjur. Zadnji ribnik ločuje lokalna cesta. Ribniki so zgrajeni umetno z namenom gojitve rib. Velikost ribnikov znaša 8,31 ha, povprečna globina ribnikov je 2 m, povprečna velikost pa 1,66 ha. Prispevno območje ribnikov je veliko 103,16 ha. Največ prispevne površine pokrivajo gozdovi. Ribniki spadajo v porečje Save. Napaja jih manjši potok Goričica, ki se nato zliva v potok Levi, ki je pritok Dobja.

Problem prevelike koncentracije fosforja predstavljajo kmetijske površine iz katerih odteka voda, obogatena s fosforjem. Tudi fekalne in meteorne vode iz hiš se izlivajo v prispevno območje ribnikov, saj ni urejenega kanalizacijskega omrežja oziroma čistilnih naprav. Ribe v ribnikih pa tudi dodatno hranijo, kar predstavlja dodatni vnos dušika in fosforja, s tem se povečuje evtrofikacija. Tudi same ribe onesnažujejo vodo s svojimi iztrebki, ki se raztopijo ali vgradijo v usedline.

Izračuni so potekali s pomočjo empiričnih enačb in Vollenweider-jevega modela za določanje evtrofnosti stoječih voda. Pri tem smo predpostavili, da je fosfor edini omejitveni dejavnik za evtrofikacijo. Poleg izračunov sem opravila na ribnikih meritve kakovosti vode in z njo določila koncentracijo fosforja, za preverbo natančnosti modela.

V prvem delu naloge so predstavljene teoretične osnove evtrofikacije in osnovnih dejavnikov evtrofikacije. Nato so opisani gojitveni ribniki Goričica in pomembnost območja ribnikov z vidika naravne dediščine. Analizirane so meritve vode. V nadaljevanju je prikazan Vollenweider-jev model in opis modela. Nato so prikazani izračuni obremenitve in rezultati, ki jih pri tem dobimo.

2 SLADKOVODNO RIBIŠTVO V SLOVENIJI

Sladkovodno ribištvo obsega upravljanje ribolovnih virov v celinskih vodah. Ta obsega načrtovanje na področju upravljanja rib, določitev prostorskih enot, določanje pravil za trajnostno rabo rib, ohranjanje ugodnega stanja rib in ekološkega stanja, ribolov, gojitev rib, evidence v sladkovodnem ribištvu, usposabljanje ribiškega kadra, škode in odškodnine poginov rib, ribiško čuvajske službe in podeljevanje koncesij za ribiško upravljanje v ribiških okoljih (ZZRS, 2008).

V Slovenji se vodi tudi ribiški kataster in ima javen značaj. V ribškem katastru se vodi evidenca ribških območij, okolišev, revirjev, evidence o stanju ribjih populacij.

Ribogojstvo je gospodarska dejavnost vzreje ribjega zaroda za prodajo ali prodaja konzumnih rib ali pa vzreja rib za lastne potrebe. V Sloveniji se z vzrejo rib ukvarja zelo veliko ribčev. Izvajajo jo le ribške družine in Zavod za ribištvo Slovenije.

Vzreja rib je vrsta živinoreje pri kateri moramo poznati posebne mehanizme, saj se zelo razlikuje od drugih vzrej živali. Vzreja mora potekati tako, da ohranjamo naravo oziroma življenje v vodi in pri tem ne povzročamo posredno in neposredno škodo okolici. Z zakonom o sladkovodnem ribištvu¹ so ribiči zaščitili vodno okolje. Vse organizacije v Slovenji morajo razumno gospodariti z gojitvijo rib. V zakonu je določeno, kaj se lahko in kaj se ne sme početi. Predpisano je tudi, da morajo ribške družine imeti gojitvene načrte, v katerih so določene vrste in količine rib.

¹ Zakon o sladkovodnem ribištvu

2.1 PROBLEMI V RIBOGOJSTVU

Vodno okolje, ki je življenjski prostor ribam in ostalim vodnim organizmom, mora biti za zdrav razvoj organizmov kakovosten. Rast rib je odvisna predvsem od zdravosti rib in kakovosti vode. Ribe so predvsem odvisne od hrane, ki jo imajo v svojem okolju in dodatne hrane. Prehranjujejo se s fitoplanktonom, zooplanktonom, insekti, rastlinami ter dodano hrano. Zato mora hrana vsebovati vse potrebne elemente za pravilen razvoj rib.

Onesnaženje voda je eden večjih problemov v ribogojstvu. Onesnaženje ribnikov delimo na točkovno in razpršeno. Med točkovne vire onesnaženja spadajo emisije iz industrijskih obratov, ostanke bojilj in ostale nepožrte hrane, ki se pojavijo zaradi prekomernega vnosa v ribnike pri športnem in tekmovalnem ribolovu. V bojiljah, ki jih ribe ne pojedjo, se pojavi gnitje in posledično odvzem kisika, ki privede do eutrofikacije. Bojilje so vrste vab, ki se uporabljajo pri športnem ribolovu. Ostala hrana, ki jo ribe ne najdejo sproži v vodi gnitje.

Razpršeni viri onesnaženja so: izpiranje iz kmetijskih površin in komunalne odpadne voda individualnih hiš. Kmetje kmetijske površine gnojijo prekomerno, tako z izpiranjem povzročajo višji vnos pesticidov, nitratov in fosfatov v vodno okolje. Odpadne vode pa vsebujejo predvsem večjo količino fosfatov, dušikovih spojin in neraztopljenih delcev.

Vsi viri onesnaženja posledično vplivajo na povečanje eutrofikacije. Tako se v vodnem okolju izrazijo na več načinov. Vedno več je pomorov rib, zaradi pomanjkanja kisika in strupenih produktov, ki nastanejo pri razgradnji odmrlih alg in ostalih vodnih rastlin. V zadnjih desetletjih pa so ribiči opazili tudi povečanje ribjih bolezni. Uporaba prevelikih količin vab, katere povzročajo eutrofikacijo, bi morala v športnem in tekmovalnem ribolovu biti prepovedane (Valč, 2008).

Zaradi klimatskih sprememb in urbanizacije so se v vodnem okolju pojavile tujerodne vrste rib. V Sloveniji imamo registriranih 16 tujerodnih vrst (IZVRS, 2008).

2.2 RIBIŠKA DRUŽINA CELJE

Ribiška družina Celje (RDC) je bila ustanovljena leta 1952. RDC je članica Ribiške zveze Slovenije in članica družin Celje, kjer so člani ribiški družin porečja Savinje in Sotle.

V RDC si prizadevajo k ohranjanju življenja v čistih vodah, gojitev in varstvo rib, varovanja vodnih in obvodnih ekosistemov, izboljšanja vodnih biotopov ter številčnosti in raznovrstnosti vodnega življa.

RDC je lastnica petih gojitvenih ribnikov na Blagovni (Goriški ribniki). Poleg gojenja rib se ukvarjajo s športnim ribolovom. Njihove športno - ribolovne vode so: Savinja od mostu v Petrovčah do viadukta v Tremerjih, z Lavo in delom Ložnice, Hudinja od izliva v Voglajno do Krenkarjeve žage v Vitanju in Tesnica od izliva v Hudinjo do naravne stopnje nad Frankolovim in Šmartinsko jezero. Športni ribolov je razdeljen na dva cipridna revirja (Savinja R001 in Hudinja R003) ter tri salmonidne revirje (Hudinja R004, Hudinja R005 in Tesnica R007) (RDC, 2008).

Za gojitvene ribnike izdelajo petletni ribiško-gojitveni načrt gospodarjenja in letni načrt gospodarjenja. Pri izdelavi ribiškega-gojitvenega načrta upoštevajo ekološke značilnosti in predpise o ohranjanju narave in voda na tem območju. Načrt vsebuje oceno stanja in vpliv na ribiški okoliš, podatke o izvajalcih upravljanja, analize upravljanja za preteklo obdobje, območja ki so varovana po predpisih o ohranjanju narave, podatke o revirjih in njihovi pomembnostih. Prav tako načrt vsebuje podatke o sonaravni gojitvi rib v nadzorovanih pogojih v ribogojnicah, ribolovni režim, število ribolovnih dni in količino ulovljenih rib, podatke o tekmovanjih ter ostale za ribištvo pomembne podatke.

Ribiško gojitveni načrt za obdobje šestih let za posamezni ribiški okoliš izdelava Zavod za ribištvo Slovenije, na podlagi mnenja izvajalca ribiškega upravljanja in lokalne skupnosti. Sprejme ga minister za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v soglasju z ministrom, pristojnim za ohranjanje narave in voda.

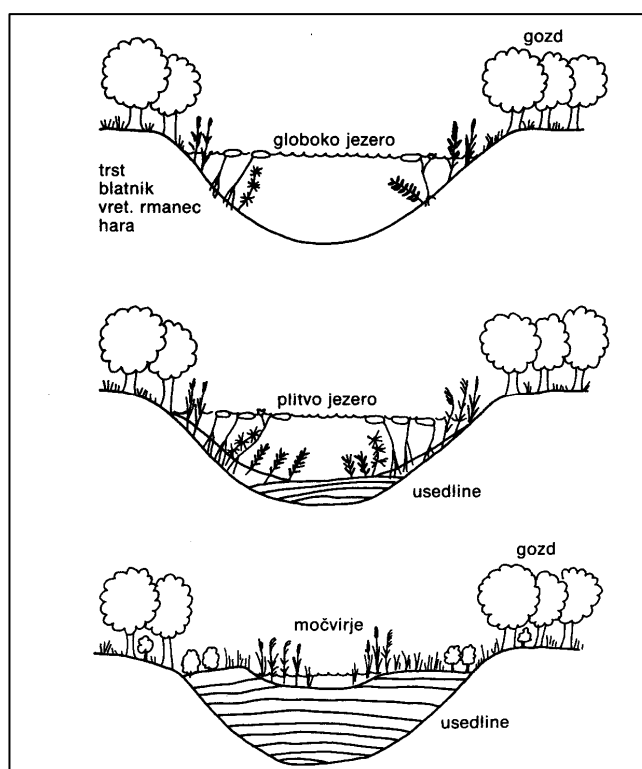
3 EVTROFIKACIJA

3.1 OMEJITVENI FAKTORJI EVTROFIKACIJE

Proces evtrofikacije pomeni, da se v vodnem okolju poveča količina hranil, ki povečujejo primarno produkcijo. Pri povečani primarni produkciji se količina alg in ostalih vodnih rastlin enormno poveča. Povečana količina biomase privede do pomanjkanja hranil. Posledično začno primarni producenti odmirati in s tem porabljajo kisik. Tako pretirana zarast z vodnimi rastlinami privede do zloma kisikove bilance. V takem primeru ko je mase preveč, se pojavijo anoksični pogoji, ki posledično vplivajo na izumrtje rib in višjih živali v vodnem ekosistemu.

Omejitveni faktor evtrofikacije je snov, ki pospešuje, njeno pomanjkanje pa omejuje proces primarne produkcije (fotosinteze) v vodnem okolju. Med omejitvena faktorja spadata fosfor in dušik. Evtrofikacija poteka v vseh vodnih telesih, v slanih in sladkih ter v tekočih in stoječih vodah. V tekočih vodah poteka v vzdolžni smeri. V stojećih vodah, kjer je hitrost vode v vzdolžni smeri majhna in ima voda dolg zadrževalni čas, pa poteka po vertikalni smeri. Poleg hranil sta pomembna dejavnika evtrofikacije tudi svetloba in temperatura.

Poznamo umetno in naravno evtrofikacijo. Pri antropogeni evtrofikaciji so vzroki v prekomernem onesnaževanju voda, ki ga povzroča človek. Naravni evtrofikaciji pravimo tudi ekološka sukcesija, saj se pojavi zaradi spreminjanja življenjskih združb. Vzroki za naravno sukcesijo so lahko različni. Vzroka sta lahko v spremembi klimatskih pogojev ali spremembi samih organizmov. Tako se jezera počasi spreminjajo v ribnike in ta se na koncu povsem posušijo. V nasprotju z naravno evtrofikacijo, umetna poteka zelo hitro in se dandanes zelo pogosto pojavlja predvsem v celinskih stojećih voda. Na sliki 1 je prikazan potek sukcesije pri jezerih (Tarman, 1992).



Slika 1: Sukcesija jezerskega ekosistema (Tarman, 1992)

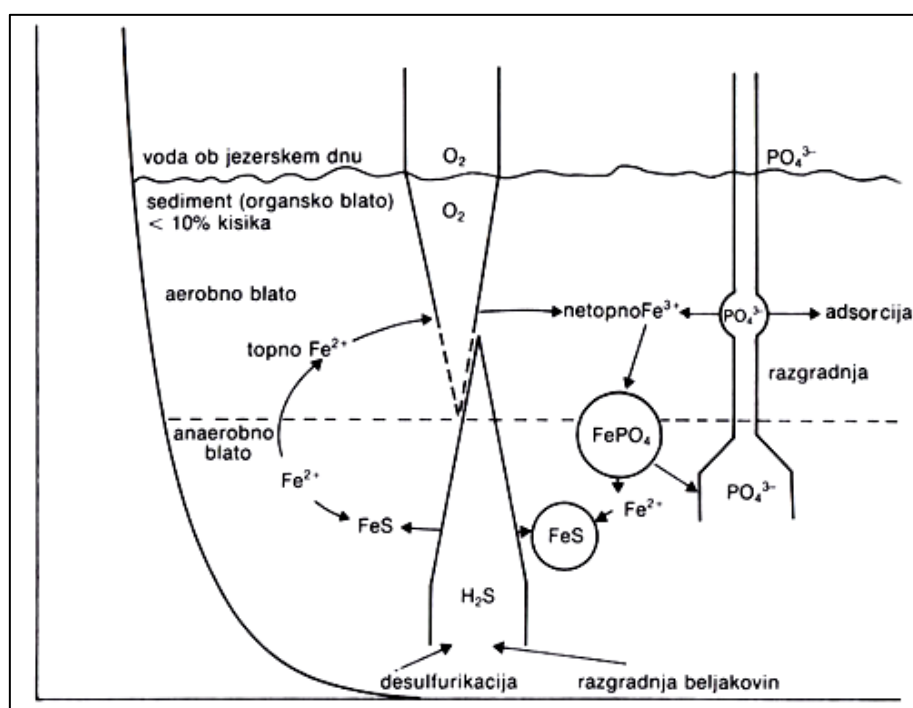
3.1.1 FOSFOR

Fosfor je eden izmed najpomembnejših snovi, ki jih organizmi potrebujejo za življenje. Raztopljen fosfor se nahaja v organski in anorganski obliki. Partikularni pa je vezan v mikrobih, algah in drugih rastlinah in živalih. Anorganskega fosforja v vodi je zelo malo, ker nastaja s preperevanjem kamnin (aparat). V vodo večino fosforja prihaja zaradi človeka, ki ga vnaša z mineralnimi gnojili, organskimi odplakami, pralnimi sredstvi ter industrijskimi odplakami. Z večjo količino fosforja se v vodi poveča primarna produkcija alg, nato pa njihovo razkrajanje povzroča sekundarno polucijo. Količina fosforja je odvisna od sezonskih, termičnih sprememb in primarne produkcije. En gram fosforja povzroči prirast 100 gramov alg, kar pri razpadu terja 150 gramov kisika. Iz tega lahko sklepamo da potrebujemo za razgradnjo 1g fosforja 13 do 15 m³ vode (1l vode pri 10 °C vsebuje 11 mg kisika).

Kroženje fosforja na dnu je pomembno in obsega biološke in geokemične procese. Na sliki 2 je prikazano geokemijsko kroženje fosforja in železa na dnu. Anorganski fosfor (PO₄-P) vežejo rastline v organske proizvode, ki so hrana živalim.

Fosfati nastajajo iz organskih ostankov in se nato kopičijo v sedimentih v obliki železovega (III) fosfata. Aerobni procesi potekajo med blatom in vodo, kjer je prisoten kisik. V globini kisika ni, zato tam potekajo anaerobni procesi. V aerobnem delu poteka oksidacija, ko se topna oblika železa Fe^{2+} oksidira v netopno obliko Fe^{3+} , zato se sedimenti obarvajo rdečo. Pri tem sodelujejo kemolitotrofne bakterije. Ortofosfat se veže s trivalentnim železom v FePO_4 ali pa se absorbira $\text{Fe}(\text{OH})_3$, CaCO_3 ali druge minerale.

V anaerobnih pogojih se fosfor znova sprošča in prehaja v vodo. Ta proces pospešujejo tubifeksi in hironomidne ličinke, ki rijejo po substratu. V anaerobnem sloju blata sta Fe^{2+} in fosfat raztopljeni. Železo tvori z vodikovim sulfidom (H_2S) črn železov sulfid (FeS) (Tarman, 1992).



Slika 2: Geokemijsko kroženje fosforja in železa na dnu (Tarman, 1992)

Fosfor je v ribniku limitirajoči faktor posebej takrat, ko je razmerje med totalnim N/totalni P > 12. Ko je razmerje med 7 – 12 sta limitirajoč faktor fosfor ali dušik, oziroma oba elementa. Če je razmerje elementov < 7 je limitirajoč element dušik.

3.2 OSTALI POMEMBNI DEJAVNIKI

Med ostale pomembne dejavnike eutrofikacije poleg fosforja in dušika uvrščamo naslednje: dušik, kisik, ogljikov dioksid, kalcijev karbonat, svetloba in temperatura in klorofil *a*.

3.2.1 Dušik

Dušik je ena izmed pomembnejših elementov organizmov. V vodnem okolju predstavlja poleg fosforja glavni nutrient, ki vpliva na primarno produkcijo. V vodnem okolju dušik najdemo v obliki: molekularnega dušika, amoniaka (NH_3), amonijeve soli, v katerih je dušik v obliki amonijevega iona (NH_4^+), nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-) in v številnih organskih spojinah (amini, proteini). Pri primarni produkciji se porablja dušik v obliki nitratov. Rastline ga vgrajujejo v lastne beljakovine. Vrednosti v vodi običajno ne presegajo 0,5 mg/l. Višje koncentracije se pojavijo zaradi izpiranja iz kmetijskih površin, dotoki industrijskih in komunalnih odpadnih voda. Takrat se vrednosti povišajo na 25 mg/l in lahko v ekstremih dosežejo tudi 900 mg/l. V stoječih vodah koncentracija 1 mg/l stimulira rast alg in s tem posledično pojav eutrofikacije.

3.2.2 Svetloba

Svetloba v stoječi vodi povzroča vertikalno plastovitost oziroma stratifikacijo. Za življenje v vodi potrebujejo organizmi ultravijolično svetlobo, vidno svetlobo in infrardečo svetlobo. Količina svetlobe, ki prodre skozi vodo je odvisna od jakosti ob stiku s površino, količino organizmov vodi, kakršen je kot vpada ter števila organskih in anorganskih delcev. Z globino je svetlobe vedno manj in tako globina določa fotično cono. Do te cone poteka fotosinteza in primarna produkcija, od te cone naprej je afotična cona, kjer poteka dekompozicija in sekundarna produkcija. Svetloba v vodi vpliva na poselitev organizmov. V ribnik svetloba seže zelo plitko, saj so ribniki motni (Toman, 2001).

3.2.3 Temperatura

Temperatura vode je odvisna od količine infrardeče svetlobe. S pomočjo kondukcije, konvekcije in turbulentnimi tokovi se temperatura prenaša v globino. V stoječih vodah je temperatura pomembna za življenje organizmov, ki so nanjo prilagojeni. V stoječi vodi poteka skozi vse leto kroženje vode. Spomladi se voda segreva in se v celoti premeša. Pri tem pride do homotermije. Poleti prihaja do termične stratifikacije – voda v vrhnjih plasteh se segreje. Jeseni se voda premeša in nastane jesenska homotermija. Pozimi se voda ohladi, in nastane inverzna plastovitost. Povišana temperatura v vodnem telesu posledično vpliva na povečanje kemijskih reakcij in zmanjšanje topnosti kisika v vodi.

3.2.4 Koncentracija raztopljenega kisika

Kisik v vodi je pomemben za organizme, ker brez njega ne morejo živeti. V vodnem okolju se koncentracija kisika spreminja s temperaturo vode in zračnim tlakom. Na koncentracijo kisika vplivajo tudi fizikalni, kemijski in biokemijski procesi v vodi. V vodo prihaja kisik z difuzijo iz zraka, in s fotosintezo. Pri večji temperaturi vode se kisik slabše raztaplja. V primeru, da koncentracija kisika v vodi pade pod 5 mg/l, ta negativno vpliva na delovanje organizmov v vodi. Če pa koncentracija kisika pade pod 2 mg/l, to povzroča smrtno nevarnost za cipridne vrste rib in tudi za nekatere druge organizme. Na koncentracijo kisika v vodi vplivajo predvsem izpusti odpadnih voda, ki so bogati z organskimi snovmi. Posledica je zmanjšanje koncentracije kisika zaradi povečane mikrobne aktivnosti (respiracije) pri razgradnji organskih snovi. Meritve koncentracije kisika lahko uporabimo pri določanju samočistilne sposobnosti vodnega telesa (Urbanič, 2003).

3.2.5 Klorofil *a*

Klorofil je fotosintetski pigment in je prisoten v večini fotosintetskih organizmih. V vodnem okolju ga najdemo v fitoplanktonu. Poznamo *a*, *b* in *c* vrste klorofil. Na povečanje količine alg v vodi vpliva predvsem koncentracija nitratov in fosfatov. Pri vodah z manjšo

koncentracijo nutrientov, je koncentracija klorofila pod 2,5 µg/l, vode z visoko koncentracijo nutrientov (evtrofno in hipetrofno trofično stanje) je koncentracijo klorofila med 5 µg/l in 140 µg/l. S pomočjo klorofila *a*, lahko določimo trofično stanje vodnega telesa. V praksi se koncentracija klorofila *a*, uporablja predvsem pri monitoringu stoječih voda.

3.3 EVTROFIKACIJA V RIBNIKIH

Evtrofikacija je proces onesnaževanja, ko postane stoječa voda prenasočena s hranili. Proces poteka po vertikalni smeri. Na vrhu vode poteka proces fotosinteze. To pomeni, da je primarna produkcija večja od respiracije $P/R > 1$. V spodnjih plasteh vode proces respiracije (razgradnje) prevladuje nad primarno produkcijo $P/R < 1$. Ko v globini zmanjka svetlobe se končata procesa proizvodnje kisika in fotosinteze. Tukaj zato poteka samo proces razgradnje odmrlih organskih snovi. Če je teh organskih snovi preveliko, lahko pride do popolnega pomanjkanja kisika, kar povzroči anaerobno okolje.

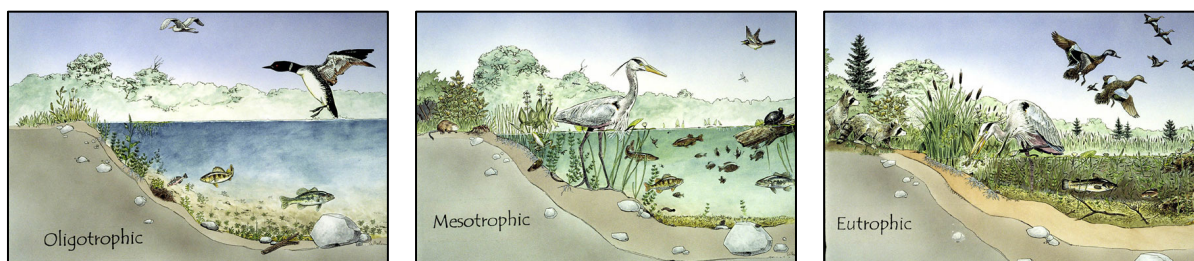
Evtrofikacija se pokaže kot visoka prirast vodnih rastlin. Na gladini se pojavijo vodne alge (mikrofiti) in ostale vodne rastline (makrofiti). Zaradi povečane organske biomase ta počasi odmira, pri tem pa se porablja kisik.

V ribnikih in jezerih poteka evtrofikacija vertikalno, kar pomeni da v zgornjih plasteh prevladuje fotosinteza. V ribnikih kmalu pod gladino voda postane motna, zato tukaj potekajo procesi razgradnje – respiracije. Povečana količina fosforja privede do povečane produktivnosti. Posledica tega je hitra rast alg in vodnih rastlin. Rastline zaraščajo vodno površino, nato odmrejo in razpadejo. Za ribe predstavljajo dodatno nevarnost strupeni produkti, ki nastanejo pri razgradnji odmrlih alg in ostalih vodnih rastlin. Pri tem se porablja kisik. Na dnu ribnika se pojavijo anoksični pogoji, ki vplivajo na sproščanje fosforja iz sedimentov.

4 KATEGORIZACIJA VODA

4.1 DOLOČANJE STOPNJE TROFIČNOSTI V STOJEČIH VODAH

Trofičnost jezer določamo s pomočjo OECD kriterijih iz leta 1982. Ti kriteriji veljajo za jezera oziroma ribnike zmerne pasu. Tako jezera oziroma ribnike ločimo glede na koncentracijo hranilnih snovi v vodi na 5 razredov: ultraoligotrofno (zelo revno s hranili), oligotrofno (malo hranil), mezotrofno (zmerno z hranili), evtrofno (bogato s hranili), hipertrofno (zelo bogato s hranili) – slika 3.



Slika 3: Shema oligotrofnega, mezotrofnega in evtrofnega ribnika

Za indikator kakovosti stoječe vode se najpogosteje uporabljajo naslednji parametri (Krajnc, po Vollenweider 1968):

- totalni fosfor P_{tot}
- klorofil-a
- Secchijeva globina
- koncentracija kisika v hipolimniju

V preglednici 1 je prikazan kriterij trofičnega stanja glede na totalni fosfor in dušik po Vollenweider-ju in v preglednici 2 še po ostalih kriterijih.

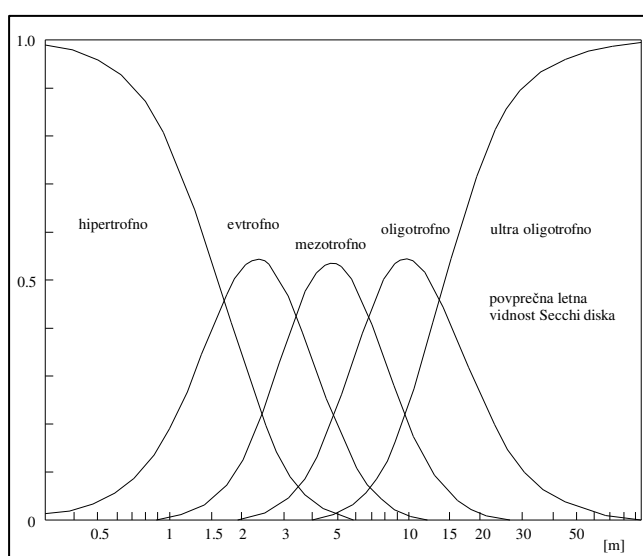
Preglednica 1: Trofično stanje jezera (Krajnc, po Vollenweider, 1968)

STOPNJA TROFIČNOSTI	P_{tot} [$\mu\text{g/l}$]	N_{tot} [$\mu\text{g/l}$]
utraoligotrofno - oligotrofno	< 5	< 200
oligotrofno – mezotrofno	5 – 10	200 – 400
mezotrofno - evtrofno	10 – 30	300 – 650
evtrofno – politrofno	30 – 100	500 – 1500
politrofno	> 100	> 1500

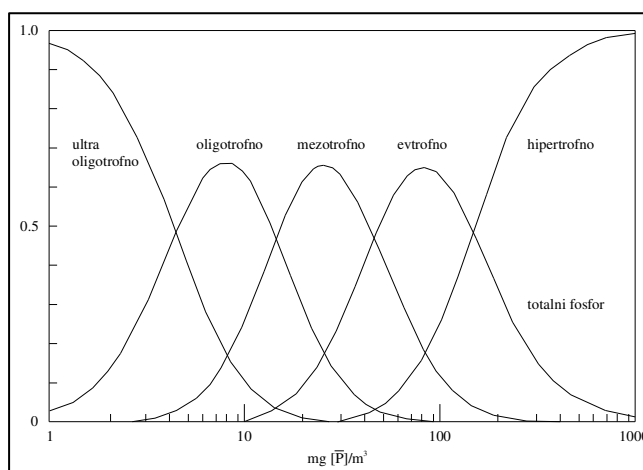
Preglednica 2: Trofično stanje jezer po klasifikaciji OECD (Krajnc, 1994; po Vollenweider, 1982)

STOPNJA TROFIČNOSTI	P_{tot}	chl a_{sred}	chl a_{maks}	$H_{\text{SEC sred}}$	$H_{\text{SEC min}}$
	[$\mu\text{g/l}$]			[m]	
ultraoligotrofno	≤ 4	≤ 1	≤ 2.5	≥ 12	≥ 6
oligotrofno	≤ 10	≤ 2.5	≤ 8	≥ 6	≥ 3
mezotrofno	10 – 35	2.5 – 8	8 – 25	6 – 3	3 – 1.5
evtrofno	35 – 100	8 – 25	25 – 75	3 – 1.5	1.5 – 0.7
hipertrofno	≥ 100	≥ 25	≥ 75	≤ 1.5	≤ 0.7

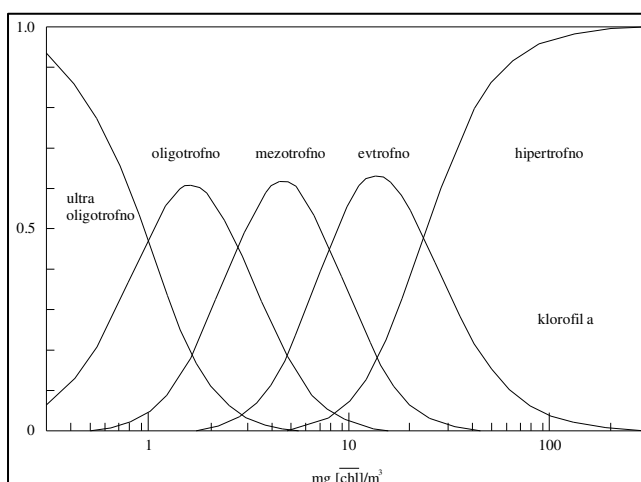
Grafično tabelo prikažemo z naslednjimi grafi (slika 4, slika 5, slika 6, slika 7):



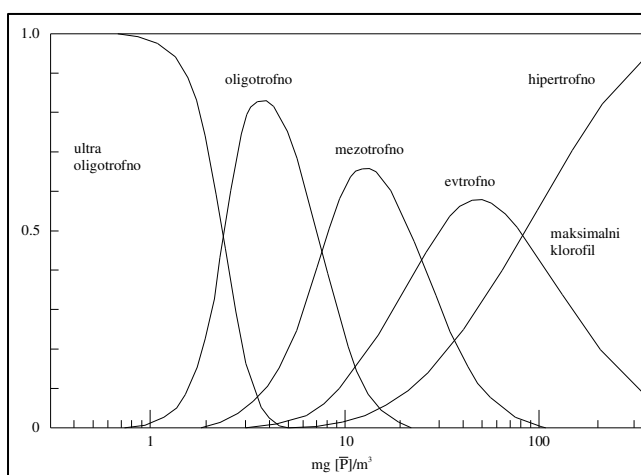
Slika 4: Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na povprečno letno vidnost Secchi diska (Sedej, 2003 po OECD, 1982)



Slika 5: Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na totalni fosfor (Sedej, 2003 po OECD, 1982)



Slika 6: Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na povprečni letni klorofil-a (Sedej, 2003 po OECD, 1982)



Slika 7: Verjetnost uvrstitve v razred trofičnosti glede na maksimalni klorofil (Sedej, 2003 po OECD, 1982)

Po teh kriterijih ne moremo točno določiti v katero trofično stanje spada vodno telo. Zato ga določimo z neko verjetnostjo.

Na trofičnost jezera vpliva zelo veliko parametrov. Za določitev evtrofikacije si pomagamo z raznovrstnimi matematičnimi modeli, za katere potrebujemo določene podatke in meritve. Osnovne fizikalne, biološke in kemijske parametre, ki jih merimo so: temperatura, pH, vsebnost kisika, prevodnost, suspendirane snovi, neraztopljene snovi, anorganske neraztopljene snovi, amonijev dušik, nitritni dušik, nitratni dušik, celotni dušik, ortofosfat,

totalni fosfor, BPK₅ in KPK. Za ustrezno formulacijo modela je pogostost meritev zelo pomembna.

Na podlagi Zakona o varstvu okolja² in Uredbe o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih rib³ so določene mejne in priporočene vrednosti posameznih parametrov za cipridne in salmonidne vrste rib. Prikazano v preglednici 3. Mejna vrednost za cipridne vrste rib za totalni fosfor je manjša oziroma enaka 0,4 mg/l. (Uredba ne velja za intenzivno vzrejo rib).

Preglednica 3: Parametri salmonidnih in cipridnih površinskih voda (Uradni list RS, št. 46/02)

Parameter	Izražen kot	Enota	Salmonidne vode		Ciprinidne vode	
			Priporočena vrednost	Mejna vrednost	Priporočena vrednost	Mejna vrednost
Raztopljeni kisik ⁽¹⁾	O ₂	mg/l	50% ≥ 9 100% ≥ 7	50% ≥ 9 100% ≥ 6	50% ≥ 8 100% ≥ 5	50% ≥ 7 100% ≥ 4
pH				6 - 9 Δ ± 0,5 ⁽²⁾		6 - 9 Δ ± 0,5 ⁽²⁾
Suspendirane snovi		mg/l	≤ 25		≤ 25	
BPK ₅	O ₂	mg/l	≤ 3		≤ 6	
Fosfor-celotni	PO ₄	mg/l		≤ 0,2		≤ 0,4
Nitrit	NO ₂	mg/l	≤ 0,01		≤ 0,03	
Fenolne snovi	C ₆ H ₅ OH			⁽³⁾		⁽³⁾
Mineralna olja				⁽⁴⁾		⁽⁴⁾
Amoniak	NH ₃	mg/l	≤ 0,005	≤ 0,025	≤ 0,005	≤ 0,025
Amonij	NH ₄	mg/l	≤ 0,04	≤ 1	≤ 0,2	≤ 1
Klor – prosti	HOCl	mg/l		≤ 0,005		≤ 0,005
Cink, skupna trdota 100	Zn	mg/l		0,3		1,0
Raztopljeni baker, skupna trdota 100	Cu	mg/l	0,04		0,04	

⁽¹⁾ V odstotkih je izraženo število vzorcev odvzetih v obdobju enega leta
⁽²⁾ Umetno povzročene spremembe pH ne smejo presežati ± 0,5
⁽³⁾ Parameter ne sme biti prisoten v takšni količini, da bi to vplivalo na okus rib
⁽⁴⁾ Parameter ne sme biti prisoten v vodi v takšni količini, da bi to povzročilo:
 - viden film na gladini vode ali plast na dnu površinskih voda ali
 - značilen priokus v ribah ali
 - škodljive učinke na ribe

² Zakon o varstvu okolja

³ Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih rib

4.2 DOLOČEVANJE KAKOVOSTNEGA RAZREDA V VODOTOKIH

Na podlagi Zakona o varstvu okolja⁴ je bila izdana Uredba o kemijskem stanju površinskih voda⁵. V uredbi so določeni kemijski in fizikalni parametri površinskih voda, ki so pomembni za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda. Določene so mejne vrednosti parametrov. Uredba velja za jezera s površino večjo od 0,5 km² in vodna telesa rek, na mestu kjer hidrografska zaledje reke dosega 2.500 km². Če je pretok ali prostornina vodnega telesa pomembna za celotno povodje, je hidrografska zaledje reke ali potoka lahko manjše od 2.500 km², vendar mora biti večje od 10 km². V našem primeru velja ta uredba za reko Savinjo, Voglajno in Hudinjo.

Na podlagi Uredbe se izvaja v Sloveniji monitoring kakovosti površinskih voda. Kemijsko stanje vodnega telesa površinske vode, se določa na podlagi izračuna letne povprečne vrednosti parametrov, za katere so v uredbi določene mejne vrednosti. Pri tem se merijo fizikalno-kemijski parametri in biološki parametri. Fizikalno-kemijski parametri so: T_{zraka}, T_{vode}, pH, električna prevodnost, kisik (Winkler), kisik (sonda), nasičenost s kisikom, vodostaj, pretok, vidna barva, vonj, odplake. Osnovni kemijski parametri so: suspendirane snovi po sušenju, KPK s KMnO₄, KPK s K₂Cr₂O₇, BPK₅, celotni organski ogljik, celotni dušik, amoniak, amonij, nitrit, nitrat, sulfat, klorid, ortofosfat, fosfor - celotni (nefiltriran), SiO₂, kalcij, magnezij, natrij, kalij, trdote (skupna, karbonatna), hidrogenkarbonati, m-alkaliteta.

Kemijsko stanje se opredeli na dobro ali slabo stanje. V naslednjih letih se bo podajala tudi ocena ekološkega stanja površinskih voda. Ekološko stanje se bo vrednotilo na podlagi bioloških elementov kakovosti, (fitoplanktona, fitobentosa in makrofitov, rib in bentoških nevretenčarjev) podpornih fizikalnokemijskih in hidromorfoloških elementov. Ocenjevalo se bo v pet razredov ekološke kakovosti (zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo) (ARSO, 2008).

V našem primeru se monitoring izvaja za reko Savinjo in Voglajno.

⁴ Zakon o varstvu okolje

⁵ Uredba o kemijskem stanju površinskih voda

5 OPIS RIBNIKOV GORIČICA

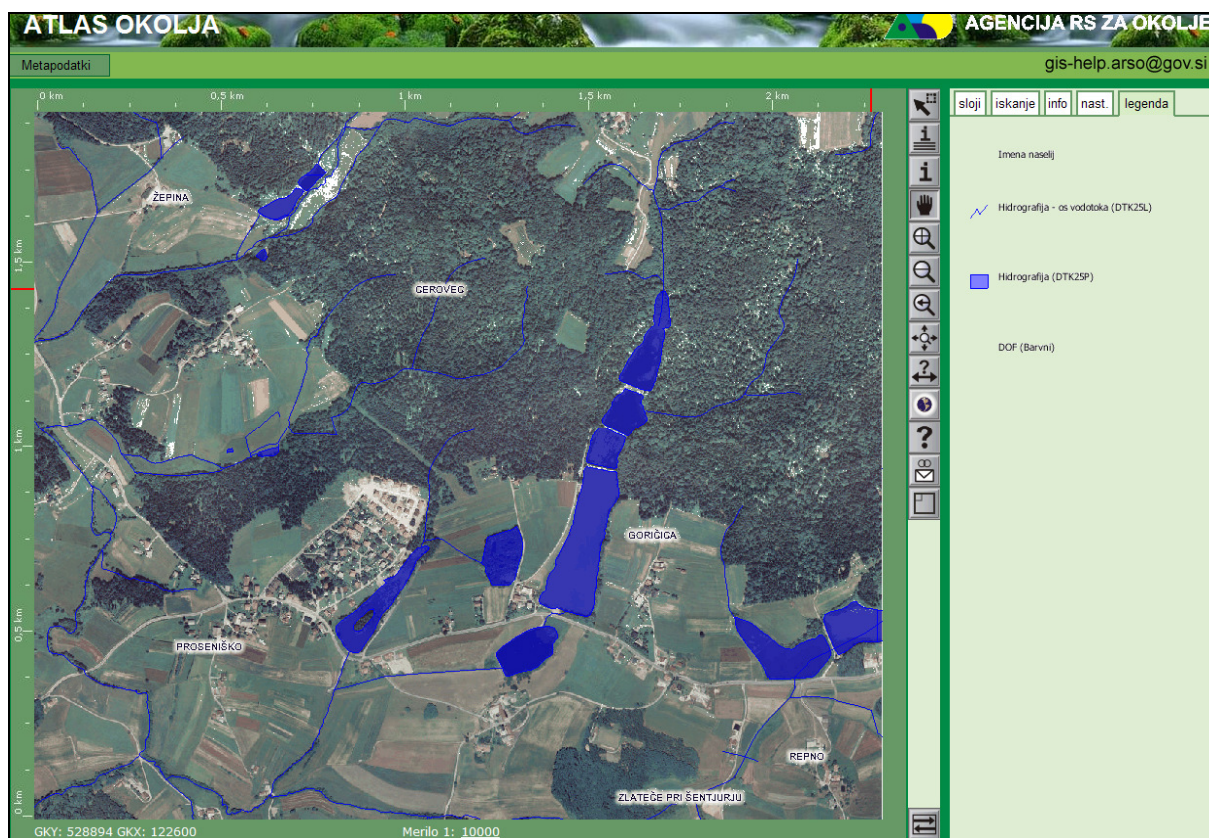
5.1 SPLOŠNI PODATKI OBMOČJA

Goriški ribniki so gojitveni ribniki. Ribniki se nahajajo v občini Šentjur v kraju Goričica in so last RDC. Ribniki so umetno zgrajeni in so namenjeni za gojitev rib. Zgradili so jih že v 17. stoletju in so služili grajskemu ribogojstvu. Kasneje jih je odkupila RDC. (Slika 8)



Slika 8: *Goriški ribniki*

Nadmorska višina ribnikov je od 262 m do 268 m. Območje ribnikov je veliko 103,16 ha. Na vtočnih delih ribnikov so trstišča, na katerih se nahajajo rastišča visokih šašev. Ribniki so med seboj hidravlično povezani. Prvi štirje ribniki so povezani s prelivi, četrti ribnik ima talni izpust pod cesto, v peti ribnik. Največji izmed njih meri 4,12 ha, ostali so manjši. Površina vseh ribnikov znaša 8,31 ha, povprečna globina ribnikov je 2 m. Ribniki ležijo na sedimentnih tleh. Na sliki 9 je prikazano območje Goriških ribnikov.



Slika 9: Karta območja Goriških ribnikov s pritoki, M 1:10.000, (ARSO, 2008)

Ribnike napaja manjši potok Goričica, ki ima štiri manjše pritoke (Slika 9). Drugi ribnik napaja manjši potoček, vendar v nalogi ni upoštevan zaradi majhnosti in nedostopnosti. Potok Goričica spada v porečje Save zliva se v Levi pritok Dobja, nato v potok Dobje. Nato se izliva v Spodnjo Ložnico, ki se izliva v reko Hudinjo, ta pa v reko Voglajno. Voglajna se v Celju izliva v reko Savinjo.

Potok Goričica spada v tehnično urejen vodotok (ARSO, 2009).

Površine ribnikov so bile izrisane in ovrednotene na podlagi letalskega posnetka območja Goriških ribnikov (Priloga B) in izrisa z AutoCAD programom. V prilogi A so grafično prikazani vsi ribniki s površinami. Površine so prikazane tudi v preglednici 4.

Preglednica 4: *Velikost posameznega ribnika*

POVRŠINE RIBNIKOV	[m2]
1. RIBNIK	11.650
2. RIBNIK	9.172
3. RIBNIK	8.809
4. RIBNIK	41.224
5. RIBNIK	12.208
SKUPAJ	83.063

Na spodnjih dveh fotografijah je prikazan ribnik 1 in ribnik 2. Fotografiji sta bili posneti v mesecu oktobru.



Slika 10: *Ribnik 1*



Slika 11: *Ribnik 2*

Prispevne površine sestavljajo gozdovi, travniki, kmetijske površine, poseljenost s hišami in cestno omrežje. Prispevne površine so bile izrisane s AutoCAD programom. Prispevna površina celotnega območja vseh petih ribnikov je bila ovrednotena s pomočjo plastnic območja (Priloga C). Tako so bile ovrednotene tudi posamezne velikosti prispevnih površin za vsak ribnik posebej.

Vrsta prispevnih površin (gozd, kmetijske površine, travnik in poselitev) so bila izrisana tudi s AutoCAD-om na podlagi letalskega posnetka (Priloga B).

V prilogi A je vrisano celotno prispevno območje in posamezna območja po vrsti prispevnih površin in posamezne prispevne površine. Njihove velikosti in vrste so prikazane v preglednici 5.

Preglednica 5: *Vrste in velikosti prispevnih površin*

VRSTA PRISPEVNE POVRŠINE	VELIKOST [ha]
gozdovi	63,27
polja, njive	10,81
pašniki	12,06
poselitev	3,10
ribniki	8,31
ostalo	5,61
SKUPAJ	103,16

Največji delež prispevnih površin predstavlja gozd, ki se razprostira od severa proti jugu. Vmes so gozdne površine prekinjene s kmetijskimi površinami in poselitvijo. Na južnem delu območja pod lokalno cesto so tudi kmetijske površine, poselitev in nekaj gozdnih površin. Gozd je predvsem mešani gozd in funkcionira kot celota. Na kmetijskih površinah gojijo predvsem koruzo in razne žitarice, na travnikih in pašnikih pa raste trava. Pašniki služijo predvsem za pašo goveda.

Na prispevnem območju ribnikov stoji 13 stanovanjskih hiš. Na severu območja leži vas Zgornji Cerovec, na jugu pa del vasi Goričica. Večina stanovanjskih hiš ima tudi pomožne objekte: hleve, kozolce, delavnice, garaže,... Vseh ostalih pomožnih objektov na območju petih ribnikov je skupaj 31. Tretjina tukajšnjih prebivalcev se ukvarja z živinorejo in poljedelstvom (Portal iobcina, 2008).

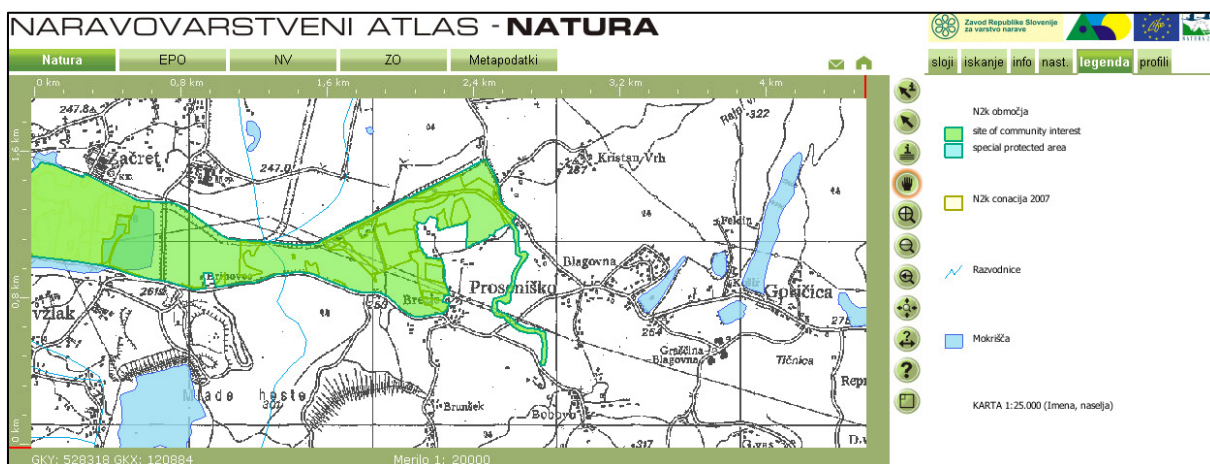
Ribnike ločuje lokalna cesta. Zadnji, peti ribnik, leži južno od ceste, medtem ko vsi ostali ležijo severno od lokalne ceste. Ob ribnikih poteka javna pot, ki vodi do koč od Ribiške družine Celje ob 4. ribniku. Naprej poteka pot skozi gozd mimo 3., 2. in 1. ribnika do vasi Zgornji Cerovec.

5.2 POMEMBOST OBMOČJA GORIŠKIH RIBNIKOV Z VIDIKA NARAVNE DEDIŠČINE

Območje ribnikov Goričica in območja vodotokov dolvodno so pomembna območja iz vidika naravne dediščine. Tukaj je življenjski prostor redkih in ogroženih rastlinskih in živalskih vrst. Ob Goriških ribnikih je rastišče vodnega oreščka - *Trapa natans*. Okoliški vlažni travniki ribnikov so pomembna pasišča bele štoklje - *Ciconia ciconia*, ki gnezdi v neposredni bližini ribnikov. Na tem območju je evidentirano 30 vrst ptičev, tri vrste dvoživk in ena vrsta plazilcev. Ob ribnikih živi pomembna vrsta živali, to je kačji pastir.

Zahodno od Goriških ribnikov med Celjem in Proseniškim, po katerem teče potok Levi pritok Dobja in potok Dobje, ter Spodnja Ložnica, se nahaja območje *Volčke*, ki spada v območje NATURE 2000.

Območja NATURE 2000 so določena na podlagi direktive o habitatih *pSCI* območjih. Sprejeta je po Zakonu o ohranjanju narave⁶, in Uredbi o posebnih varstvenih območjih⁷ in Uredbi o spremembah in dopolnitvah uredbe o posebnih varstvenih območjih⁸.



Slika 12: Območje NATURE 2000, *Volčke*, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)

Območje *pSCI Volčke* je veliko 106,25 ha, oznaka območja: SI3000213. Ime je dobilo po imenu trave (volk), ki so prisotne na tem območju. Na območju je ohranjeno mokrotno

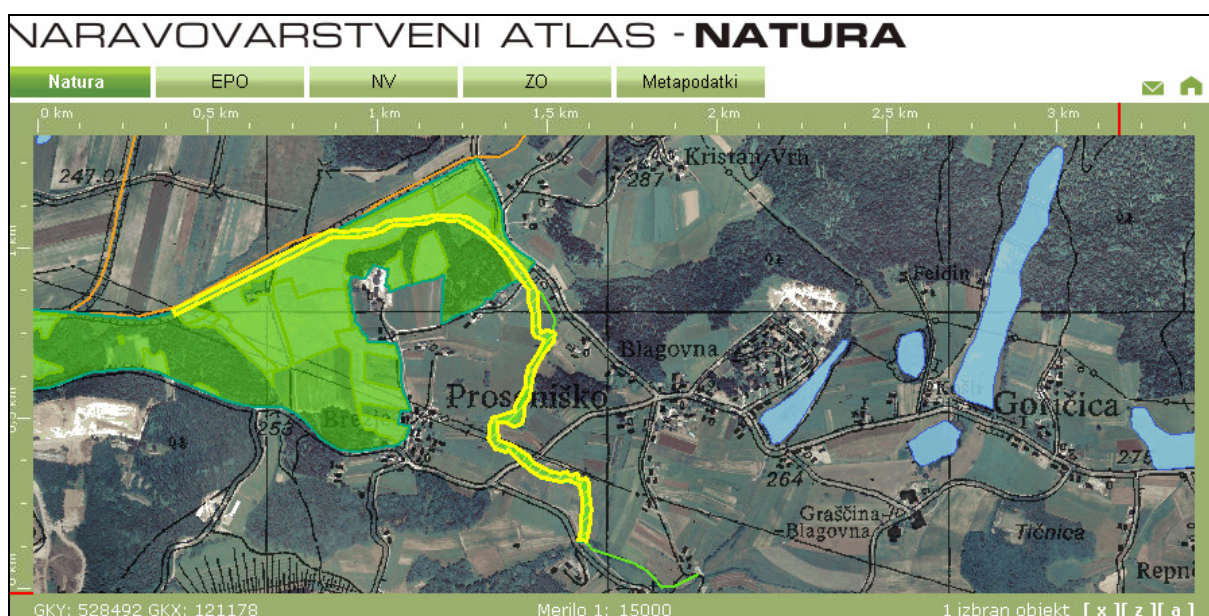
⁶ Zakon o ohranjanju narave

⁷ Uredba o posebnih varstvenih območjih

⁸ Uredbi o spremembah in dopolnitvah uredbe o posebnih varstvenih območjih

območje z ekstenzivnimi travniki, ki so poseljeni z zdravilno strašnico, stožkom in močvirskim sviščem. Na sliki 12 je prikazano območje NATURE 2000.

Na tem območju se nahaja več pomembnih organizmov. Na travnikih se nahaja zdravilna strašica, pretežno pa prevladujejo stožki in močvirski svišč. Travniki so življenjski prostor ogroženim metuljem. Na območju je evidentirano 6 vrst dvoživk. Poleg dvoživk je na območju evidentiran potočni piškur - *Eudontomyzon spp* (Slika 14) (koda NATURE 2000: 1098). Piškur zraste do 22 cm, je naseljeni v vedno tekočih vodah, z naravnimi brežinami. Ogrožen je zaradi onesnaževanja in regulacij vodotokov. Na sliki 13 je prikazano območje piškurja v velikosti 4,74 ha.



Slika 13: Območje piškurja – označeno z rumeno barvo (potok Levi pritok Dobja in potok Dobje), M 1:15.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)

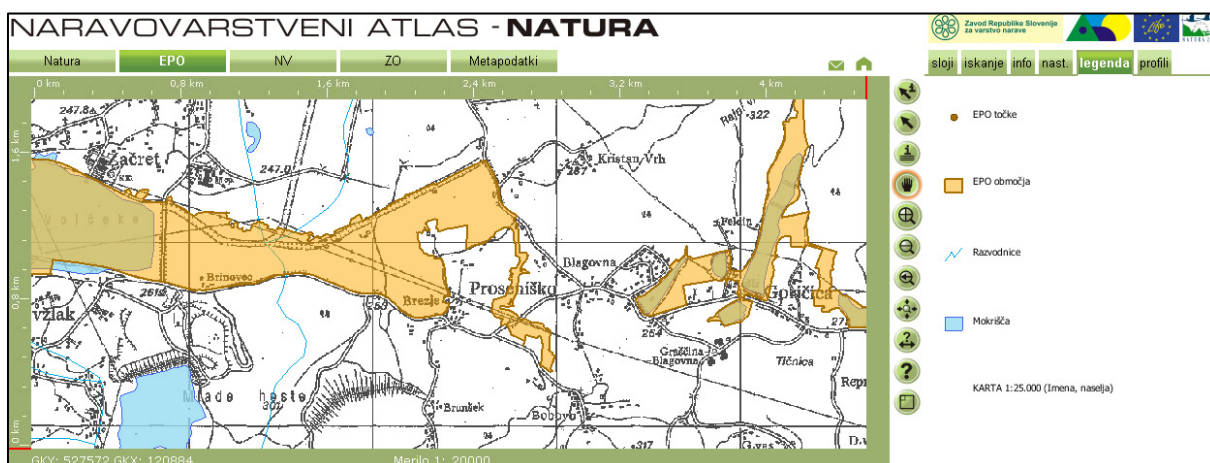


Slika 14: Potočni piškur *Eudontomyzon spp*

Ekološko pomembna območja (EPO) so določena v Uredbi o ekološko pomembnih območjih⁹. EPO je po Zakonu o ohranjanju narave¹⁰ območje, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti. Območja so nastala, da bi se ohranjali habitatni tipi, ter rastlinske in živalske vrste.

Območje *Volčeke* je tudi območje, ki je EPO, označeno z *ID 17700 Volčeke* v velikosti 124,29 ha. K območju pripada spodnji del potoka Spodnja Ložnica in potok Levi pritok Dobja s širšo okolico.

Območje vseh petih Goriških ribnikov pripada tudi v EPO označeno z *ID 17900 Blagovna-ribniki* v velikosti 49,49 ha. Oba območja sta prikazana na sliki 15. Poleg ribnikov spada v območje del okoliških travnikov in gozdov, ki so v prispevni površini ribnikov.



Slika 15: Ekološki pomembni območji: Volčeke in Blagovna-ribniki, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)

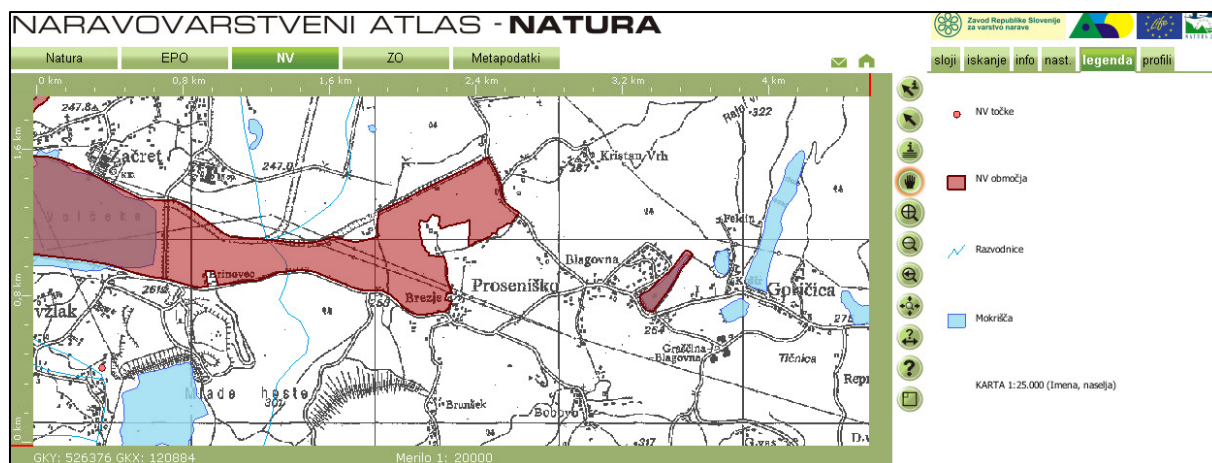
Območje *Volčeke* z oznako ID 9 je določeno kot naravna vrednota (Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot¹¹). Območje je veliko 124,36 ha. K območju spada samo spodnji del potoka Spodnja Ložnica z okoliškimi travniki in njivami. Na tem območju je evidentirana naravna vrednota s številko 6104 *Volčeke*.

⁹ Uredba o ekološko pomembnih območjih

¹⁰ Zakon o ohranjanju narave

¹¹ Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot

V bližini teh ribnikov se nahaja ribnik Blagovna v katerem je tudi zaščiten vodna rastlina. Evidentna št. 9 - Blagovna-ribnik (Rumeni blatnik – *Nuphar lutea*), prikazano na sliki 16. Na sliki 16 je prikazano območje Volččke.

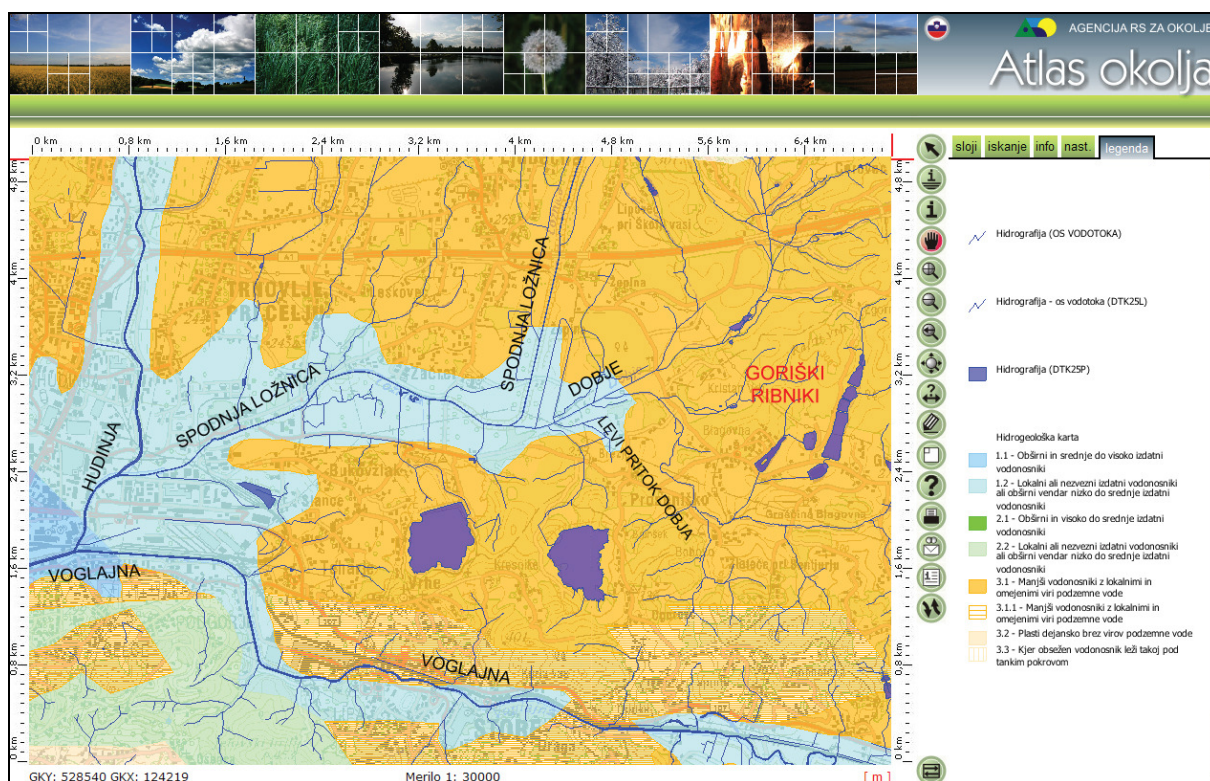


Slika 16: Območje naravnih vrednot: Volččke in Blagovna-ribniki, M 1:20.000, (Naravovarstveni atlas, 2008)

5.3 KATEGORIZACIJA VODOTOKOV DOLVODNO OD RIBNIKOV

Voda, ki se izliva iz ribnikov posledično vpliva na vodotoke v katere se izliva. Na podlagi hidrogeološke karte (Slika 17) območja ribnikov ugotovimo, da vodna telesa spadajo v naslednje kategorije:

- Goriški ribniki, potok Goričica in Levi pritok Dobja v kategorijo 3.1 (manjši vodonosnik z lokalnimi in omejenimi viri podzemne vode)
- delno potok Dobje in Spodnja Ložnica z reko Hudinjo in delno z reko Voglajno spadajo v kategorijo 1.2 (lokalni ali navezno izdatni vodonosnik ali obširni vendar z nizko do srednje izdatnimi vodonosniki)
- reka Savinja v kategoriji 1.1 (obširni in srednje do visoko izdatni vodonosniki)



Slika 17: Hidrogeološka karta območja, M 1:30.000, (ARSO, 2009)

Iz petih pretočnih ribnikov, ki jih napaja potok Goričica, se potok nadaljuje iz petega ribnika po delno ravninskem terenu, in se izliva v manjši potoček z imenom Levi pritok Dobja, ta pa v potok Dobje v kraju Žepina. Potok Dobje se izliva v potok Spodnjo Ložnico v kraju Bukovžlak.

Na tem območju so izvedli kontrolo kakovosti površinskih voda zaradi deponije Travnik. Iz meritev, ki jih je opravil Zavod za zdravstveno varstvo Celje v letu 2002 je bilo ugotovljeno, da potok Dobje spada v 3. kakovostni razred. Tako je tudi ugotovljeno za potok Spodnjo Ložnico, v katerega se izliva potok Dobje. Vendar se po dotoku prelivnih voda iz deponije sadre (deponija Travnik), voda bistveno poslabša, tako da spada voda v najslabši kakovostni razred. Fosfati se povečajo za 3,5-krat. Vse ocene kakovostnih razredov so določene po Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda¹².

Potok Dobje se izlije v reko Hudinjo in ta v reko Voglajno, ki priteče iz smeri Šentjurja. Na reki Savinji in Voglajni se izvaja monitoring kakovosti površinskih voda. V našem primeru sta pomembni merilni mesti:

1. VT Savinja Celje – Zidani Most:

- površinska voda: Savinja
- porečje: Sava
- hidroekoregija: Panonska nižina
- merilno mesto: Veliko Širje
- koordinata X:5105319
- koordinata Y:5515253

2. VT Voglajna zadrževalnik Slivniško jezero – Celje:

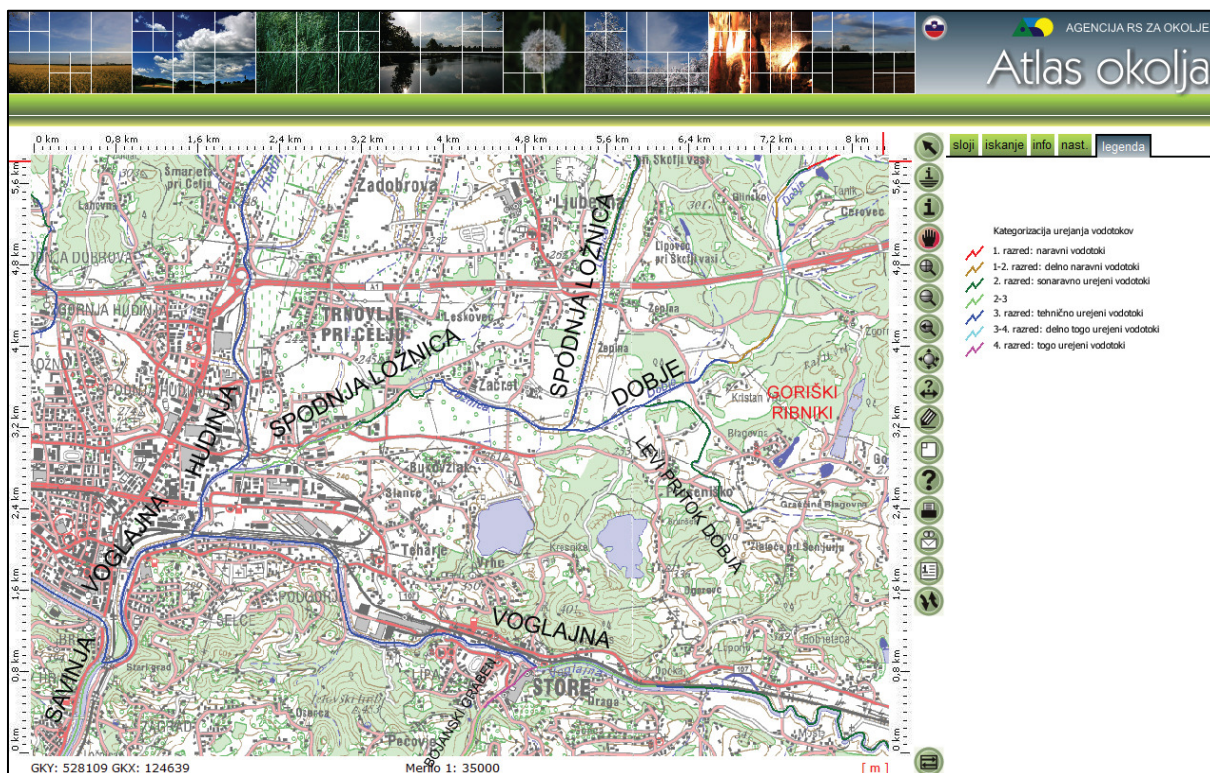
- površinska voda: Voglajna
- porečje: Sava
- hidroekoregija: Panonska nižina
- merilno mesto: Celje
- koordinata X:5119703
- koordinata Y:5520994

Pri meritvah monitoringa je ugotovljeno, da reka Savinja (merilno mesto v Velikem Širju) spada v dobro kemijsko stanje v letu 2006, Voglajna, (merilno mesto v Celju) spada v slabo kemijsko stanje. Slabo kemijsko stanje Voglajne je bilo ugotovljeno zaradi preseganja mejnih vrednosti cinka, in sicer vrednost znaša 493 µg Zn/l, mejna vrednost je 100 µg Zn/l. Previsoke

¹² Uredba o kemijskem stanju površinskih voda

vrednosti obremenitve s cinkom so verjetno posledica neposrednega izpusta industrijskih odpadnih voda Cinkarne Celje.

Na sliki 18 je prikazana kategorizacija vodotokov in hidrografija vodotokov po ARSO-tu 2008.



Slika 18: Kategorizacija vodotokov, M 1:35.000, (ARSO, 2009)

Iz zgornje slike je razvidno, da so vodotoki dolvodno od potočka Goričica razvrščeni v naslednje kategorije:

- Levi pritok Dobja spada v 2. kakovostni razred (sonaravno urejen vodotok)
- potok Dobje spada v 3. kakovostni razred (tehnično urejen vodotok)
- zgornji del Spodnje Ložnice spada v 3. kakovostni razred (tehnično urejen vodotok)
- osrednji del potoka Spodnja Ložnica spada v 2. kakovostni razred (sonaravno urejen vodotok)
- zadnji del potoka Spodnja Ložnica spada v 2.-3. kakovostni razred
- reka Hudinja v 3. kakovostni razred (tehnično urejen vodotok)
- reka Voglajna v 3. kakovostni razred (tehnično urejen vodotok)
- reka Savinja v 2.-3. kakovostni razred

5.4 VZREJA RIB V GORIŠKIH RIBNIKIH

Goriški ribniki so gojitveni ribniki. V njih vzrejajo pet vrst rib. V preglednici 6 so prikazane vrste rib glede na red, družino, rod in podrod.

Preglednica 6: Razred sladkovodnih vzrejnih kostnic v ribnikih Goričica (Povž, 1999)

RED	DRUŽINA	ROD	PODROD
KRAPOVCI <i>Cypriniformes</i>	KRAPOVCI <i>Cyprinidae</i>	KRAPI <i>Cyprinus</i>	KRAP <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus 1758
KRAPOVCI <i>Cypriniformes</i>	KRAPOVCI <i>Cyprinidae</i>	LINJ <i>Tinca Cuvier</i>	LINJ <i>Tinca tinca</i> Linnaeus 1758
KRAPOVCI <i>Cypriniformes</i>	KRAPOVCI <i>Cyprinidae</i>	BELI AMUR <i>Ctenopharyngodon</i>	BELI AMUR <i>Ctenopharyngodon idella</i> Valenciennes
ŠČUKA <i>Esociformes</i>	ŠČUKA <i>Esocidae</i>	ŠČUKA <i>Esox Linnaeus</i>	ŠČUKA <i>Esox lucius</i> Linnaeus 1758
OSTRIŽEVCI <i>Perciformes</i>	PRAVI OSTRIŽ <i>Percidae</i>	SMUČ <i>Stizostedion Rafinesque</i>	SMUČ <i>Stizostedion lucioperca</i> Linnaeus 1758

Spomladi ribe vložijo, jeseni pa jih nato izlovijo. Vse ribe, ki jih izlovijo jih popišejo in zabeležijo evidenco vzreje rib. Evidenca rib je prikazana v spodnji preglednici 7.

Preglednica 7: Specifikacija količine rib v ribnikih Goričica (RDC, 2007)

LETO 2007:

vložene ribe		realizacija rib	
1. RIBNIK:			
ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]	ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]
53 kom SMUČ mladice (10-20dag)	8	1207 kom SMUČ	794
28 kom SMUČ plemenka (2-3kg)	70	ni pridelka	0
8 kom KRAP plemenka (8kg)	64	ni pridelka	0
SKUPAJ	142	SKUPAJ	794

»Se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

vložene ribe	realizacija
--------------	-------------

2. RIBNIK:

ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]	ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]
4350 kom KRAP mladica (30-60dag)	110	KRAP	3044
10 kom LINJ plemenke (3kg)	30	2067 kom LINJ	206
SKUPAJ	140	SKUPAJ	3250

3. RIBNIK:

ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]	ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]
31 kom ŠČUKA plemenke (8kg)	248	819 kom ŠČUKA	600,6
8 kom KRAP plemenke (8kg)	64	ni pridelka	0
10 kom AMUR mladice (10dag)	1	ni pridelka	0
SKUPAJ	313	SKUPAJ	600,6

4. RIBNIK:

ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]	ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]
71 kom LINJ mladice (20dag)	14,2	LINJ	35,5
565 kom SMUČ mladice (10-20dag)	84,75	SMUČ	181
16 kom KRAP plemenke (8kg)	128	ni pridelka	
35 kom LINJ plemenke (3kg)	105	ni pridelka	
2140 kom KRAP mladice (30-60dag)	3004	KRAP	3964
SKUPAJ	3335,95	SKUPAJ	4180,5

5. RIBNIK:

ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]	ŠTEVILO RIB	RIBE [kg]
188 kom AMUR mladice (10dag)	19	ni pridelka	
21 kom KRAP plemenke (8kg)	168	ni pridelka	
SKUPAJ	187	SKUPAJ	0

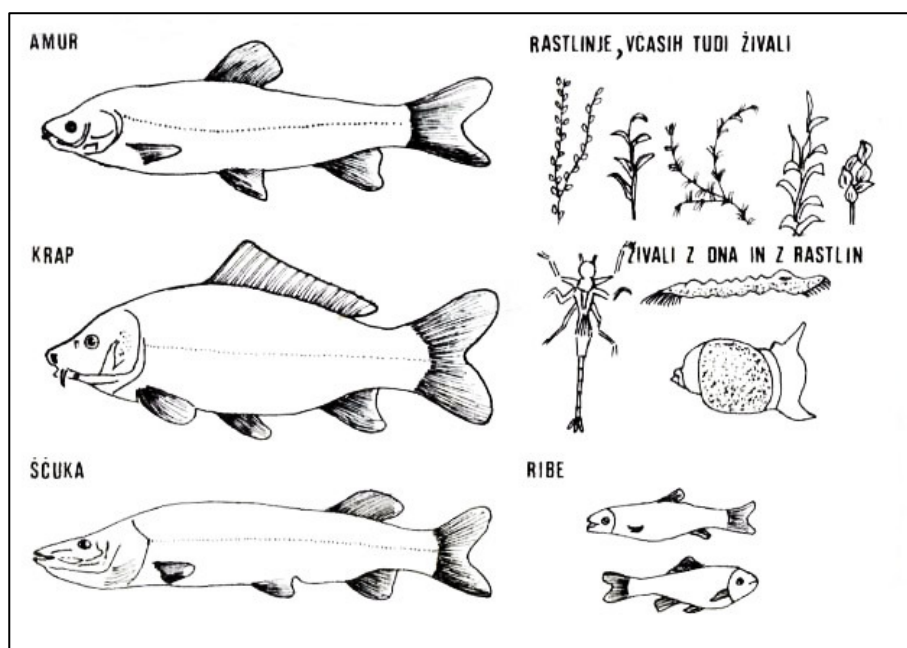
SKUPAJ VLOŽENO 2007:	4117,95	SKUPAJ IZLOV 2007:	8825,1
-----------------------------	----------------	---------------------------	---------------

PRIDELEK 2007:	4707,15
-----------------------	----------------

Iz zgornje preglednice je razvidno, da je v ribnike v letu 2007 bilo vloženo 4117,95 kg rib. Izlovljeno je bilo 8825,1 kg. Tako je znašal pridelek 4707,15 kg. Izlovljene ribe so transportirali v Šmartinsko jezero, nekatere pa so vložili v peti prezimovalni ribnik. V Šmartinsko jezero so vložili 3.964 kg krapa, 406 kg ščuke, 794 kg smuča in 206 kg linja. V prezimovalni ribnik so vložili 3.044 kg krapa, 35,5 kg linja, 194,6 kg ščuke in 8 kg smuča. (RDC, 2008).

5.4.1 PREHRANA RIB

Ribe se prehranjuje zelo različno. Ribe, ki se prehranjujejo z rastlinami so amurji, z manjšimi živalmi se prehranjujejo linji, med plenilke pa uvrščamo ščuke in smuče. Krap je riba, ki je vsejed in je najmanj zahtevna riba glede hrane. Na sliki 19 vidimo ribjo hrano glede na vrsto rib. Vrsta hrane je odvisna od vrste življenja ribe in njenega okolja (Jeromel, 1975).



Slika 19: Ribja hrana (Svetina, 1982)

Količina vloženih rib je odvisna od vrste rib, kakovosti vode, količine hrane v ribniku in pretočnosti ribnikov. Ribam je potrebno zagotoviti optimalno okolje za optimalni pridelek. Na hektar se vloži približno 300-1500 kg rib, to je približno 1500-1800 mladic.

Naravni prirastek rib brez dodajana hrane znaša približno 300 kg/ha. Za takšno proizvodnjo vložimo približno 500 mladic/ha (krap, amur). Z dodajanjem hrane se tudi močno poveča prirastek. Raziskave so pokazale, da pri prirastku 1000-1200 kg na hektar potrebujemo 108-205 kg hrane za kilogram prirastka. V preglednici 8 je prikazan prirastek krapa v 4. ribniku.

Preglednica 8: *Prirast krapa v 4. ribniku*

VRSTA RIBE	VLOŽENO V 4. RIBNIK	IZLOVLJENO	PRIRAST
KRAP	3004 kg	3964 kg	960 kg

Ribe se v ribnik vlagajo na začetku leta. Količina vloženih rib je odvisna predvsem od kakovosti vode v ribniku in količine biomase v vodi. Ribiči vsako leto izdelajo načrt vlaganja rib. Vse kar se v ribnik vloži in kar se iz ribnika izlovi, se vpiše v ribiško - gojitveni načrt gospodarjenja (RDC, 2008).

5.4.2 VZREJA KONZUMNEGA KRAPA

Krap je torej edina riba v obravnavanih ribnikih, za katero je potreben dodaten vnos hrane. Ob primernem vnosu hrane, krap zraste zelo hitro, tudi do 1m. V enem letu starosti poveča svojo velikost do 10-krat. Njegova življenjska doba je tudi do 100 let. Krapova optimalna temperatura vode je 20°C. Živi v zelo zarastlinjenih, stoječih vodah. Razmnožuje se z drstenjem od maja do julija. Samica ikre odlaga na vodno rastlinje v plitvinah, kjer se zarod izvali po enem tednu.

Krap je vsejeda riba. Prehranjuje se z rastlinami in živalmi. Mladice krapov se prehranjujejo z drobnimi živalskimi (kotačniki, vodne bolhe, ličinke muh enodnevnice in hroščev) in rastlinskimi organizmi, predvsem algami. Večji krapji se prehranjujejo s črvi, polži, školjkami, pijavkami, ličinkami kačjih pastirjev. Krapova hrana je sestavljena iz proteinov (enostavne beljakovine), lipidov (olja in maščobe), ogljikovih hidratov, mineralov in vitaminov. Proteine potrebuje za rast in obnovo celic, maščobe so vir energije (riba dobi iz enega grama maščob najmanj 9 kalorij energije). V maščobah pa se tudi raztapljajo vitamini A, D, E, in K (Skalin, 1993).

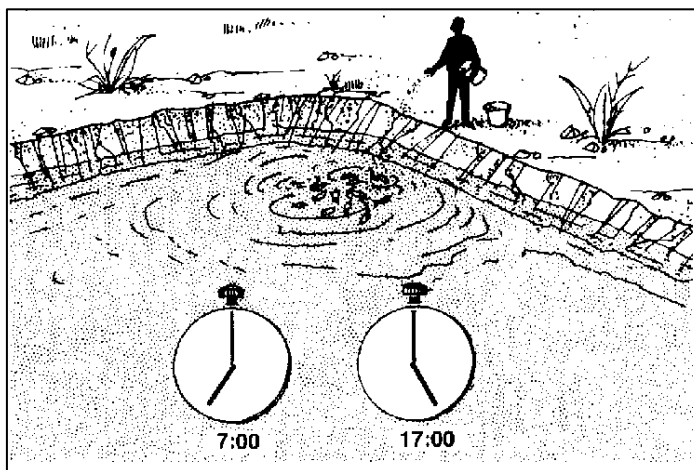
5.4.3 DODATNO HRANJENJE KRAPA

Krape v ribnikih dodatno hranijo z mleto koruzo in zrnjem ječmena. Količina dnevno vložene hrane je odvisna od količine rib v ribniku in obdobja hranjenja. Rast rib je odvisna od temperature vode in kakovosti hrane. Na hitrost rasti vpliva gostota poseljenosti rib v ribniku. Pri ribah iste vrste različnih velikosti se pojavi velikostna hierarhija. To pomeni, da večje ribe pojedjo več hrane, manjše ribe pa ob hranjenju doživljajo stres, zaradi strahu pred večjimi ribami. Zato je potrebno pri določeni velikosti ribe sortirati, če želimo imeti maksimalno prirast.

Koruzo in ječmen, ki se dodajata sta delno zmleta in suha (Slika 20). Ribe hranijo vsak dan proti večeru na točno določenih mestih, ker so ribe navajene na lokacijo kjer se hranijo (Slika 21). Mesto hranjenja je označeno s količkom. Hranjenje poteka tako, da se ribič pripelje s čolnom do mesta hranjenja, kjer hrano nato strese v vodo. Preden se ribe nahranijo je potrebno preveriti ali je ostalo kaj stare hrane. Dodatno hranjenje rib poteka v drugem in četrtem ribniku, kjer so pretežno naseljeni krapci.



Slika 20: *Hrana, ki jo ribiči dodajajo*



Slika 21: *Hranjenje rib*

6 METODE ZA IZRAČUN OBREMENTITVE FOSFORJA S POMOČJO EMPIRIČNIH ENAČB

Za ugotovitev stanja kvalitete voda, se v inženirski praksi izdelajo modeli, s katerimi si poenostavimo procese, ki se v naravi dogajajo. Poznamo več vrst modelov in jih delimo na:

- fizične modele
- matematične modele
- analogne modele (stacionarne in dinamične)

Pri fizičnih modelih opazujemo dogajanje v naravi v merilu 1:1 oziroma v laboratoriju v manjšem merilu. Z matematičnimi modeli dogajanje v naravi opišemo s sistemom enačb. Analogni modeli so kombinacija fizičnih in matematičnih modelov, in jih delimo glede na upoštevanje časovnega poteka dogodkov. Če upoštevamo da, so količine stalne vrednosti, je to stacionaren model, v primeru da model upošteva časovno dinamiko, je to dinamičen model.

Rezultati modela nam pomagajo razumeti procese ter nam služijo kot orodje za določanje stanja v vodnem telesu. Najbolj razširjen model za kakovost stoječe vode je matematični model eutrofikacije. V literaturi zasledimo celo vrsto tovrstnih modelov. Eden prvih je empirični Vollenweider-jev model.

6.1 ENOSTAVNI MATEMATIČNI MODEL EVTROFIKACIJE

Jørgensen in Vollenweider (1989) sta med najpomembnejše parametre oceno eutrofikacije uvrstila: morfologijo jezera, fizikalno-kemijske parametre, biološke parametre, stopnjo presnove jezera in hidrološke parametre. Za hitro določitev eutrofikacije se uporabljajo enostavni modeli, pri katerih so pomembni trije koraki: določanje obremenitve s hranili, predviden vnos hranila v sistem in ocena eutrofikacije. Pri metodi po Vollenweder-ju se uporablja kot indikator kakovosti vode totalni fosfor P_{tot} in totalni dušik N_{tot} .

Osnova vseh modelov za določevanje eutrofikacije je masna bilanca. Masna bilanca nam pove koliko snovi prihaja v prispevno površino, oziroma ribnik, in koliko snovi izteka iz nje ter kaj

se dogaja v ribniku. V ribnike vstopajo snovi iz prispevnih površin in vtoku v ribnik. Poleg tega imajo ribniki izgube, to so iztoki, sedimentacija in izgube v atmosfero.

$$Q + R - O - E = \frac{\Delta V}{\Delta t} (m^3 / t) \quad (1)$$

kjer je:

Q – pretok

R – padavine

O – izgube

E – evaporacija

V primeru, da na samem terenu nimamo meritev o količinah vnosa hranil, si pomagamo z empirično določenimi vrednostmi. Količino hranil, ki pripadajo vodnemu telesu izračunamo tako, da seštejemo posamezne obremenitve (Enačba 2). Po Vollenweider-ju je obremenitev sistema vsota naravnega vnosa totalnega fosforja iz prispevnih površin, naravni vnos P iz padavin in umetni vnos P (Jørgensen in Vollenweider, 1989).

$$I_P [mg / leto] = I_{Pt} + I_{Pp} + I_{Pw} \quad (2)$$

6.2 UPORABA VOLLENWEIDERJEV-EGA MODELA

Vollenwerder-jev model je prikazan z enačbo 3. Model uporablja le eno spremenljivko, to je totalni fosfor (P_{tot}). Koncentracija fosforja v ribniku se spreminja glede na količino vnosa hranil v ribnik. Pri tem se upoštevajo izgube skozi iztok in sedimentacija. Vodno telo je obravnavano kot popolnoma premešan reaktor. Na koncu nam model da rezultat, ki pa ga moramo upoštevati kot pripomoček, saj si z modelom lahko samo poenostavimo dejanje v naravi.

Enačba za izračun skupne koncentracije fosforja:

$$d \frac{[P]}{dt} = \frac{I_{Pt} + I_{Pp} + I_{Pw}}{V} - s[P] - r[P] \quad (3)$$

kjer je:

[P] – skupna koncentracija fosforja (mg/l)

V – volumen vodnega telesa (l)

s – stopnja sedimentacije (m/leto)

r – stopnja odtoka $r=Q/V$

Q – skupni volumen odtoka na leto (l/leto)

Enačbo lahko rešujemo na stacionaren način (P se ne spreminja s časom). Potem je enačba totalnega fosforja:

$$[P] = \frac{I_P}{V * (s + r)} \quad (4)$$

Če upoštevamo še dušik dobimo:

$$(N) = \frac{I_N}{V * (s + r)} \quad (5)$$

Sedimentacijo (s) določimo lahko na dva načina. S pomočjo lovilniki sedimentov in na podlagi retencijskega koeficienta (R). Retencijski koeficient je enak delu obremenitve vodnega telesa, ki ne zapusti vodnega telesa. Raziskave so pokazale, da je R povezan s koeficientom obremenitve vode na določenem območju Q/As . Ugotovljeno je bilo, da je retencijski koeficient za dušik 10-20% nižji kot za fosfor. Enačba retencijskega koeficienta:

$$R = 0,426 * e^{(-0,271 * \frac{Q}{As})} + 0,574 * e^{(-0,00949 * \frac{Q}{As})} \quad (6)$$

Namesto stopnje sedimentacije, uporabimo retencijski koeficient in dobimo poenostavljeno enačbo koncentracijo totalnega fosforja:

$$(P) = \frac{I_p(1-R)}{V_r} \quad (7)$$

Koncentracija P je povezana s klorofilom. To prikazuje empirična enačba:

$$Chl - a(\mu g / l) = 0,28 * (P)^{0,96} \quad (8)$$

Pri modelu moramo, v našem primeru (imamo pet hidravlično povezanih ribnikov), še dodati obremenitev s dodatnim hranjenjem rib (2. in 4. ribnik), obremenitev dotokov in obremenitev z medsebojnim vplivom. Tako dobimo iz enačbe 2 novo spremenjeno enačbo 9:

$$I_p [mg / leto] = I_{pp} + I_{pt} + I_{pw} + I_{pm} + I_{pd} + I_{ph} \quad (9)$$

kjer je:

I_{pp} – obremenitev s padavinami

I_{pt} – obremenitev z izpiranjem iz prispevnih površin

I_{pw} – obremenitev z antropogenim onesnaževanjem

I_{pm} – obremenitev z medsebojnimi vplivi oziroma povezanost med ribniki

I_{pd} – obremenitev dotokov

I_{ph} – obremenitev s dodatnim hranjenjem rib

6.2.1 Obremenitev s padavinami - I_{Pp}

Za izračun obremenitve hranil iz padavin potrebujemo letno količino padavin P na tem območju. Iz nje izračunamo letno obremenitev zaradi padavin. Koncentracijo fosforja v dežju določimo po Jørgensen-u in Vollenveider-ju, 1989 (Preglednica 9).

$$I_{Pp} [mg / leto] = P * C_{Pp} * A_s \quad (10)$$

kjer je:

P – letna količina padavin (mm)

C_{Pp} – koncentracija fosforja v padavinah

A_s – površina jezera (m^2)

Preglednica 9: Koncentracija fosforja v dežju (Jørgensen in Vollenwider, 1989).

	$C_{Pp} [mgP/l]$
Količin P v dežju	0,025-0,1
povprečje	0,07

6.2.2 Obremenitev z izpiranjem iz prispevnih površin - I_{Pi}

Pri izračunu deleža hranil potrebujemo podatek za prispevno površino A_i , sestavo tal posameznega območja in rabo površine. Pri vnosu hranil je zajeta tudi količina fosforja, ki jo proizvedejo živali z iztrebki na upoštevanih površinah. V enačbi je zajet vnos hranil zaradi živalskih iztrebkov domačih živali.

$$I_{Pi} [mg / leto] = \sum_{i=1} A_i * E_{Pi} \quad (11)$$

kjer je:

E_{Pi} – količina vnosa hranil iz prispevnih površin glede na vrsto površine

A_i – velikost posamezne prispevne površine (m^2)

Količina vnosa hranil iz prispevnih površin je prikazana v tabeli.

Preglednica 10: *Količina vnosa hranil iz prispevnih površin – povprečne vrednosti (Jørgensen in Vollenwider, 1989).*

E_P [mgP/l(m²leto)]	Metamorfne	Sedimentne
gozdovi	4,7	11,7
gozdovi + pašniki	10,2	23,3
sadovnjaki	18	18
pašniki	45	45
polja, njive	61	61

6.2.3 Obremenitev z antropogenim onesnaževanjem - I_{PW}

Odpadna voda individualnih hiš, ki vsebuje neraztopljene delce, dušikove spojine in fosforjeve spojine, posledično vpliva na kakovost površinskih voda. Fosfor v odpadni vodi najdemo v obliki ortofosfatov. V vodi, ki vsebuje preveliko koncentracijo fosforja se začnejo razvijati alge, ki pa kasneje v vodnem telesu povzročijo eutrofikacijo. Zato bo v prihodnje potrebno nadzirati tudi fosforjeve komponente v odpadnih vodah.

Za izračun antropogenega onesnaženja potrebujemo število prebivalcev na prispevnem območju. Onesnaženje izračunamo z naslednjo enačbo:

$$I_{Pw} [mg / leto] = E_{Pw} * M_p * B_p * K_p * R_s \quad (12)$$

kjer je:

E_{PW} – vnos P brez predčiščenja E_{PW} povprečna = 1300 g P/(preb.leto)

M_P – pri mehanskem čiščenju odpadne vode M_P odstranimo 10-15% hrani

B_P – pri biološkem čiščenju odpadne vode B_P odstranimo 10-15% hranil

K_P – pri kemijskem usedanju P K_P odstranimo 80-90% P

R_S – retencijski koeficient

6.2.4 Obremenitev z medsebojnimi vplivi oziroma povezanost med ribniki - I_{Pm}

Medsebojni vpliv med ribniki izračunamo tako, da določimo kateri ribnik vpliva dolvodno na naslednjega. Upoštevamo smer vode. Izračun poteka tako, da je dotok v 3. ribnik skupek dotoka iz lastnega zaledja in iztoka iz 2. ribnika. V enačbi je upoštevana koncentracija fosforja na dotoku. V njej je zajet že z retencijski koeficient (R), pri katerem je upoštevana redukcija fosforja zaradi internega delovanja ribnika (sedimentacija, rast alg,...).

Enačba za izračun:

$$I_{Pm} [mg / leto] = P * Q \quad (13)$$

kjer je:

P - koncentracija fosforja (mg/m^3)

Q - pretok ribnika ($m^3/leto$)

6.2.5 Obremenitev s dodatnim hranjenjem rib - I_{Ph}

Hrana, ki jo ribiči dodatno vlagajo v ribnik vsebuje nekaj odstotkov fosforja. Zato smo naredili preiskavo hrane. Analizo so opravili v Zavodu za zdravstveno varstvo Kranj, v laboratoriju za sanitarno kemijo v Kranju. V prilogi C je prikazano poročilo o preizkusu živila. Analiza je potekala na pridobljenem vzorcu hrane, ki je bil posredovan iz RDC-ja. Vzorec je bil analiziran po metodi SIST ISO 6878-1:1996. Hrana je bila analizirana dne 13.8.2008. Analiza je pokazala, da je v ribji hrani s katero hranijo ribe 0,25% celotnega fosforja (Preglednica 11).

Poleg fosforja so bile analizirane še druge snovi. Med njimi: suha snov, TOC, organski dušik, kalij, žveplo, kalcij, magnezij, železo, cink in baker. V spodnji tabeli so tudi prikazani podatki ostalih snovi.

Preglednica 11: *Rezultati analize ribje hrane*

Št.	Preiskava	Metoda	Enota	Rezultat
1.	Suha snov	SIST EN 14343:2007 metoda A	%	88,7
2.	TOC	SIST ISO 10694, 10693	%	43,3
3.	Organski dušik	ISO 5663:1984(e) mod.	%	1,3
4.	Celotni fosfor	SIST ISO 6878-1:1996	%	0,25
5.	Kalij	ISO 9964-1:1986(E)	mg/kg	3100
6.	Žveplo	SIST ISO 351-fot. titr.	mg/kg	800
7.	Kalcij	ISO 6058:1984(E)	mg/kg	140
8.	Magnezij	ISO 6058:1984(E)	mg/kg	1000
9.	Železo	SIST ISO 8288:1996	mg/kg	23
10.	Cink	ISO 8266:1986	mg/kg	22
11.	Baker	SIST ISO 8288:1996	mg/kg	1,8

Pri izračunu tako upoštevamo fosfor, ki ga ribe z iztrebki vračajo v ribnik in fosfor, ki ga ribe ne zaužijejo in se direktno potopi na dno ribnika (Preglednica 17).

$$I_{\text{Ph,skupaj}} [\text{mgP} / \text{leto}] = I_{\text{Ph2}} + I_{\text{Ph4}} \quad (14)$$

kjer je:

I_{Ph2} - količina vnosa hranil iz iztrebkov

I_{Ph4} - količina vnosa hranil iz hrane ki gre mimo rib

6.3 RAČUN MASNIH BILANC

V poglavju 6.1 je prikazana enačba masne bilance vnosa snovi v ribnik. Iz te enačbe je razvidno da neke snovi v ribnik vstopajo, druge snovi pa izstopajo oziroma se v ribnik vgrajujejo. Kompletna masna bilanca v ribniku:

$$L - O \pm \Delta St = (\pm)S \quad (15)$$

kjer je:

L – vnos snovi v ribnik

O – iztok snovi iz ribnika

St – akumulacija snovi v ribnik

S – vsebnost snovi v ribniku

Enota za masni model je mg P/leto. Enačba velja za snovi, ki v vodi niso prisotne v obliki plina.

V poglavju 3.1.1. je opisan fosforjev krog. Fosfor prihaja v vodno okolje preko naravnih procesov in človeških dejavnosti v vodno okolje vstopa iz zunanje ali notranje obremenitve. V vodnem ekosistemu je fosfor vir izločkov vodnih organizmov, mineralizacije in sproščanja iz sedimentov. V našem modelu upoštevamo le kroženje totalnega fosforja, ne pa tudi posameznih komponent in njihove medsebojne pretvorbe. Tako ne upoštevamo topni fosfor in s tem tudi dinamiko fitoplanktona, ki se hrani s topno komponento fosforja, pač pa le totalni fosfor, katerega del konzumirajo ribe.

Masna bilanca koncentracije totalnega fosforja v kaskadno zaporednih ribnikih je prikazana z spodnjimi enačbami za vsak ribnik posebej. Ribniki so razporejeni eden za drugim. Računi koncentracije fosforja v posameznem ribniku so upoštevani kot popolnoma premešan reaktor. Fosfor v ribnike vstopa preko dotokov (1. ribnik), izpiranjem iz prispevnih površin (vsi ribniki), iz padavin (vsi ribniki), z dodajanjem dodatne ribje hrane (2. in 4. ribnik), z antropogenim onesnaževanjem (1., 4. in 5. ribnik). Koncentracija fosforja se upošteva tudi z

medsebojnimi vplivi. Tako zgornji ribnik vpliva na spodnjega. Izgube fosforja nastanejo zaradi usedanja, porabe v ribniku in iztokov iz posameznega ribnika.

1. ribnik:

$$P_1 = P_d + P_{p,1} + P_{w,1} + P_{t,1} - P_{usedanje,1} - P_{iztok,1} - P_{poraba,1} \quad (16)$$

2. ribnik:

$$P_2 = P_{m,1} + P_{p,2} + P_{t,2} + P_{h,2} - P_{usedanje,2} - P_{iztok,2} - P_{poraba,2} \quad (17)$$

3. ribnik:

$$P_3 = P_{m,2} + P_{p,3} + P_{t,3} - P_{usedanje,3} - P_{iztok,3} - P_{poraba,3} \quad (18)$$

4. ribnik:

$$P_4 = P_{m,3} + P_{p,4} + P_{t,4} + P_{w,4} + P_{h,4} - P_{usedanje,4} - P_{iztok,4} - P_{poraba,4} \quad (19)$$

5. ribnik

$$P_5 = P_{m,4} + P_{p,5} + P_{t,5} + P_{w,5} - P_{usedanje,5} - P_{iztok,5} - P_{poraba,5} \quad (20)$$

kjer je:

P_n – koncentracija fosforja v posameznem ribniku (mg/l)

$P_{d,n}$ – koncentracija fosforja dotoka (mg/l)

$P_{m,n}$ – koncentracija fosforja zaradi medsebojnega vplivi ribnikov (mg/l)

$P_{p,n}$ – koncentracija fosforja s padavinami (mg/l)

$P_{t,n}$ – koncentracija fosforja izpiranja iz prispevnih površin (mg/l)

$P_{w,n}$ – obremenitev z antropogenim onesnaževanjem (mg/l)

$P_{h,n}$ – koncentracija fosforja pri vnosu dodatne hrane (mg/l)

$P_{usedanje,n}$ – koncentracija fosforja zaradi procesa usedanja (mg/l)

$P_{poraba,n}$ – koncentracija fosforja zaradi porabe fosforja v ribniku (mg/l)

$P_{iztok,n}$ – koncentracija fosforja zaradi iztoka iz ribnika (mg/l)

6.4 IZDELAVA PRIPOMOČKA ZA RAČUN

Pripomoček za izračun Vollenweider-jevega modela, je bil narejen s pomočjo programa Excel. Pripomoček je delno modificirana različica pripomočka, ki ga je izdelala Tijana Mičić v svoji diplomski nalogi (Mičić, 2006). Model je bilo potrebno modificirati na pet zaporednih ribnikov in dodati izračun fosforja, ki prihaja z dodatno ribjo hrano. Dodatni vnos ribje hrane smo upoštevali za drugi in četrti ribnik, v katerem tudi ribe dodatno hranijo. Potrebno je bilo spremeniti tudi hidrologijo ribnikov. Model je sestavljen iz: vhodnih podatkov, določitve obremenitve s hranili, izračuna koncentracije fosforja in ocene evtrofnosti. V modelu je bilo potrebno najprej vstaviti vhodne podatke v pravih merskih enotah. Model je nato sam izvedel izračune in prikazal rezultate.

Postopek je potekal na naslednji način. Podatki se v model preprosto vpišejo v posamezne celice, oziroma se pri določenih podatkih izbere pravilna kombinacija (npr. vrsta kamenin). Program nato sam izvede izračune koncentracij po Vollenweider-jevem modelu in na koncu poda rezultate koncentracije fosforja in oceno evtrofnosti po OECD kriterijih. Rezultate nam model prikaže v grafični in numerični obliki. Iz rezultatov se lahko odločimo o nadaljnjih ukrepih. V modelu lahko pregledamo vse vmesne rezultate, to so obremenitve s hranili.

Model lahko po želji spreminjamo oziroma simuliramo različne okoliščine. Tako lahko v modelu odstranimo ali dodajamo ribnike in spreminjamo vhodne podatke.

7 MERITVE NA RIBNIKIH

Meritve na ribnikih so potekale v letu 2006. Vzorce smo jemali dne 18.07.2006. V prilogi 1 so označena merilna mesta meritev. Pri meritvah smo vzeli trenutni vzorec, tako da smo vodo zajeli z 2,5 litrsko posodo in jo nato zaprli s pokrovom. Vsi vzorci so bili vzeti po metodi ISO 5667-10 (ročno). Mesta vzorčenja so prikazana v prilogi A. Na mestu odvzema so bili merjeni kakovostni parametri: temperatura, pH, koncentracija raztopljenega kisika, nasičenost vode s kisikom in prevodnost. V času jemanja vzorcev je bilo lepo vreme. V preglednici 12 so prikazani rezultati meritev.

Preglednica 12: *Analizni izvid vode meritev kakovosti vode*

	MESTA VZORČENJA	1	2	3	4	5	6
	RIBNIK	VTOK	1	2	3	4	5
	OZNAKA POSODE	V4	V11	V5	V2	V9	V7
PARAMETER	ENOTA						
temperatura	°C	15,8	25,0	24,9	23,4	25,3	21,5
pH	-	7,90	7,73	8,74	6,95	7,95	7,67
O ₂ (nasičenost v %)	mg/l	8,4 (86)	6,4 (78)	8,3 (101)	2,6 (31)	8,8 (110)	4,3 (50)
prevodnost	μS/cm	160	154	108	126	172	200
suspendirane snovi	mg/l	24	9	5	9	16	11
neraztopljene snovi	mg/l	73	59	37	11	35	51
anorganske neraz.sn.	mg/l	68	30	28	7	8	3
amonijev dušik	mg/l	0,36	0,18	0,15	0,26	0,26	0,17
nitritni dušik	mg/l	0,015	0,006	0,003	0,002	0,011	0,004
nitratni dušik	mg/l	0,8	0,1	0,4	0,6	0,3	0,1
celotni dušik	mg/l	1,3	0,3	0,6	0,9	1,2	0,3
ortofosfat	mg/l	0,01	0,14	0,16	0,26	0,08	0,25
celotni fosfor – P_{tot}	mg/l	<0,01	0,05	0,05	0,08	0,03	0,08
BPK ₅	mg/l	8	9	9	12	13	10
KPK	mg/l	49	31	29	30	56	25

8 REZULTATI

8.1 VHODNI PODATKI MODELA

Vhodni podatki modela, ki smo jih uporabili pri našem modelu so:

- obremenitev s padavinami
- prispevna površina ribnikov
- vrsta prispevnih površin po posameznih ribnikih
- površina, volumni ribnikov
- vrsta podlage ribnikov
- število prebivalcev na tem območju
- vrsta antropogenega onesnaženja
- letne količine padavin na tem območju
- povezanost med ribniki
- količina vnesene hrane v ribnike

Površine ribnikov so podane v poglavju 5.1 in grafično prikazane v prilogi A. Ribniki so globoki v povprečju 2 m. Tla vseh petih ribnikov so sestavljena iz sedimentov. Območje ribnikov je veliko 103,16 ha.

Prispevne površine glede na vrsto so podane v poglavju 5 in grafično prikazane v prilogi A. Prispevne površine sestavljajo: gozdovi, travniki, kmetijske površine, poseljenost s hišami in ceste. Gozd je predvsem mešani in funkcionira kot celota. Na kmetijskih površinah gojijo predvsem koruzo in razne žitarice. Ribnike razmejuje lokalna cesta, saj se zadnji, 5. ribnik, nahaja južno od ceste, ostali ležijo severno. Pašniki služijo predvsem za pašo goveda. Ostale površine so manjše ceste, ki povezujejo posamezne hiše in tudi dostopna pod do ribiške hiše RDC, ki se nahaja tik ob 4. ribniku in jih v modelu ne upoštevamo. Vrste prispevnih površin glede na pripadnost posameznem ribniku so prikazane v spodnji preglednici 13 in je veliko 86,14 ha.

Preglednica 13: Velikost posameznih prispevnih površin za vsak ribnik

Vrsta površine oziroma pokrivnost tal:	Površina [m ²]				
	1. RIBNIK	2. RIBNIK	3. RIBNIK	4. RIBNIK	5. RIBNIK
gozdovi	294.511,00	212.212,00	75.795,00	27.345,00	22.796,00
gozdovi + pašniki	-	-	-	-	-
sadovnjaki	-	-	-	-	-
pašniki	36.228,00	-	-	39.712,00	44.663,00
polja, njive	26.702,00	-	-	33.725,00	47.678,00
SKUPAJ	357.441,00	212.212,00	75.795,00	100.782,00	115.137,00

8.2 DOLOČITEV OBREMENTITVE S HRANILI

8.2.1 Obremenitev s padavinami

Podatki za količino letnih padavin P so pridobljeni iz statističnega urada Republike Slovenije - ARSO za obdobje petih let. Povprečna letna količina padavin v petih letih je 1043 mm. Izračun obremenitve je prikazan v preglednici 14. Iz rezultatov je razvidno, da je 4. ribnik najbolj obremenjen, ker je tudi po površini največji.

Preglednica 14: Izračun I_{pp}

		I_{pp} [kgP/leto]				
Leto	P [mm]	1. RIBNIK	2. RIBNIK	3. RIBNIK	4. RIBNIK	5. RIBNIK
2002	1.061,00	0,87	0,68	0,65	3,06	0,91
2003	705,00	0,57	0,45	0,43	2,03	0,61
2004	1.189,00	0,97	0,76	0,73	3,43	1,02
2005	1.291,00	1,05	0,83	0,80	3,73	1,11
2006	969,00	0,79	0,62	0,60	2,80	0,83
	Povprečni I_{pp}	0,85	0,67	0,64	3,01	0,90

8.2.2 Obremenitev z izpiranjem iz prispevnih površin

Izračun obremenitve je izračunan na podlagi podatkov, ki so bila pridobljena s AutoCAD programom. Rezultati so prikazani v preglednici 15. Iz rezultatov ugotovimo, da je koncentracija fosforja iz prispevnih površin najvišja v prvem iz zadnjem ribniku.

Preglednica 15: *Izračun I_{Pt}*

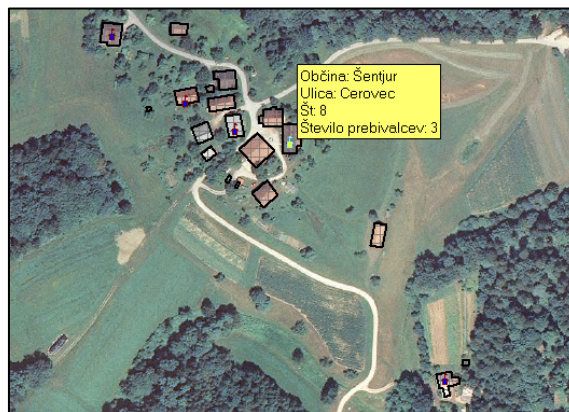
VRSTA POVRŠINE	1. ribnik	2. ribnik	3. ribnik	4. ribnik	5. ribnik
gozdovi	3,45	2,48	0,89	0,32	0,27
gozdovi + pašniki	-	-	-	-	-
sadovnjaki	-	-	-	-	-
pašniki	1,63	-	-	1,79	2,01
polja, njive	1,63	-	-	2,06	2,91
I_{Pt} [kgP/leto]	6,70	2,48	0,89	4,16	5,18

8.2.3 Obremenitev z antropogenim onesnaževanjem

Gostota poselitve na območju ribnikov je srednja. Na sliki 22 in 23 so prikazane razporeditve hiš ob ribnikih.



Slika 22: *Prikaz razporeditve hiš v Goričici*



Slika 23: *Prikaz razporeditve hiš v Cerovecu*

Na severu prispevnega območja ribnikov leži vas Cerovec z štirimi stanovanjskimi hišami, kjer živi 7 prebivalcev. Vse hiše imajo mehansko čiščenje odpadne vode in pripadajo k

prispevnemu območju 1. ribnika. Na južnem delu leži vas Goričica. V prispevno območje 4. ribnika spada 5 hiš, v katerih živi 23 ljudi, v prispevnem območju 5. ribnika so 4 hiše z 21 prebivalci. Vse hiše imajo mehansko čiščenje odpadne vode. Podatki o številu prebivalcev so vzeti iz centralnega registra prebivalstva, MNZ 2006. V spodnji preglednici je prikazano število prebivalcev, ki živijo po posameznih prispevnih območjih in niso priključeni na javno kanalizacijo.

Preglednica 16: Število prebivalcev glede na prispevno območje posameznega ribnika

ŠTEVILO PREBIVALCEV	1. ribnik	2. ribnik	3. ribnik	4. ribnik	5. ribnik
Število prebivalcev na prispevnih območjih, ki spuščajo odplake v ribnik oziroma niso priključeni na javno kanalizacijo	7	0	0	23	21

Na podlagi zgornjih podatkov, so v preglednici 17 prikazane obremenitve posameznega ribnika. Z izračunom ugotovimo, da sta pretežno obremenjena zadnja dva ribnika, kjer je prisotnih največ prebivalcev, ki preko odpadnih voda onesnažujejo območje ribnikov.

Preglednica 17: Izračun I_{pw}

OBREMENITEV	1. ribnik	2. ribnik	3. ribnik	4. ribnik	5. ribnik
Obremenitev brez predčiščenja [kgP/leto]	0,91	-	-	2,99	2,73
Mehansko predčiščenje [kgP/leto]	-	-	-	-	-
Obremenitev s predčiščenjem I_{pw} [kgP/leto]	-	-	-	-	-

8.2.4 Obremenitev z medsebojnimi vplivi oziroma povezanost med ribniki

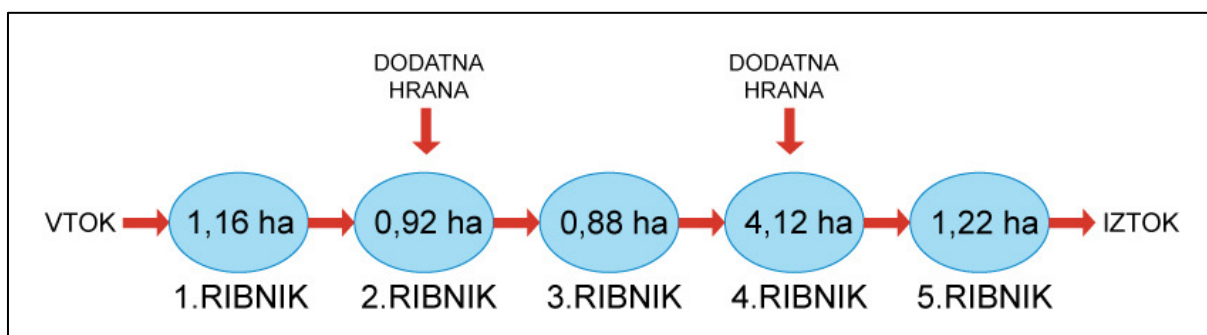
Goriški ribniki so med seboj povezani eden za drugim, kaskadno. To pomeni, da 1. ribnik vpliva na 2., 2. ribnik vpliva na 3. in tako naprej. Medsebojni vpliv je izračunan tako, da je dotok v 2. ribnik skupek dotoka iz lastnega zaledja in iztoka iz 1. ribnika. Izračun obremenitve s fosforjem je prikazan v preglednici 18. Obremenitev je najvišja v 2. ribniku.

Preglednica 18: Izračun I_{Pm}

RIBNIK	1. ribnik	2. ribnik	3. ribnik	4. ribnik	5. ribnik
I_{Pm} [kgP/leto]	0,00	1,17	0,74	0,39	0,51

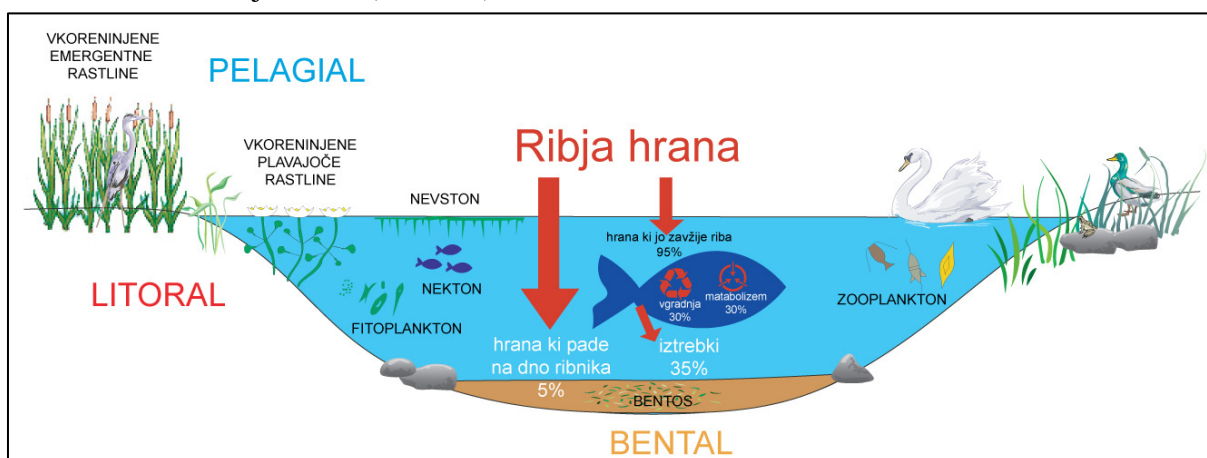
8.2.5 Obremenitev s hranjenjem rib

Ribam posebej dodajajo hrano v 2. in 4. ribniku, kjer so naseljeni predvsem krapji. Na sliki 24 je prikazana razporeditev ribnikov. Ostalim ribam v drugih ribnikih ne dodajajo hrano, ker so ribe plenilke (smuč, ščuka) ter rastlinojede (amur) in se ne prehranjujejo s koruzo in ječmenom. Plemenke krapa ne potrebujejo dodatno hrano.



Slika 24: Prikaz razporeditve ribnikov

V 2. in 4. ribnik letno vnesejo 1800 kg hrane (glej tudi poglavje 5.4). V tej hrani je 0,25% fosforja, kar predstavlja skupno 2,7 kg fosforja, ki je vnesen v oba ribnika. Za hrano, ki prispe v ribnik, predvidevamo, da jo 95% zaužijejo ribe, 5% pa se potopi na dno ribnika. Na podlagi izkušenj ribičev, ribe za življenje porabijo 30% hrane, 30% hrane vgradijo in 35% izločijo skozi iztrebke nazaj v vodo (Slika 25).



Slika 25: Prikaz kaj se dogaja z dodatno ribjo hrano v ribniku

V preglednici 19 je prikazan izračun količine fosforja po posameznih ribnikih.

Preglednica 19: *Izračun I_{Ph} po posameznih ribnikih*

RIBNIK	za življenje $I_{ph,1}$ [kgP/leto]	IZTREBKI $I_{ph,2}$ [kgP/leto]	VGRADI RIBA $I_{ph,3}$ [kgP/leto]	MIMO RIBE $I_{ph,4}$ [kgP/leto]	I_{Ph} skupaj [kgP/leto]
1. ribnik	0	0	0	0	0
2. ribnik	0,081	0,0945	0,081	0,0135	0,27
3. ribnik	0	0	0	0	0
4. ribnik	0,729	0,8505	0,729	0,1215	2,43
5. ribnik	0	0	0	0	0
I_{Ph} skupaj [kgP/leto]	0,81	0,945	0,81	0,135	2,7

Količina fosforja, ki se raztopi v vodi in ostane v njej, je vsota fosforja v ribjih iztrebkih in vsota fosforja iz hrane, ki jo ribe ne zaužijejo (Preglednica 20).

Preglednica 20: *Količina totalnega fosforja v ribnikih*

RIBNIK	$I_{Ph,2} + I_{Ph,4}$ [kgP/leto]
1. ribnik	0,000
2. ribnik	0,108
3. ribnik	0,000
4. ribnik	0,972
5. ribnik	0,000
I_{Ph} skupaj [kgP/leto]	1,080

Iz podatkov je razvidno, da so vrednosti fosforja zelo nizke. Vrednosti so v primerjavi s podatki, da ima ribja hrana 0,25% fosforja tudi, pričakovana.

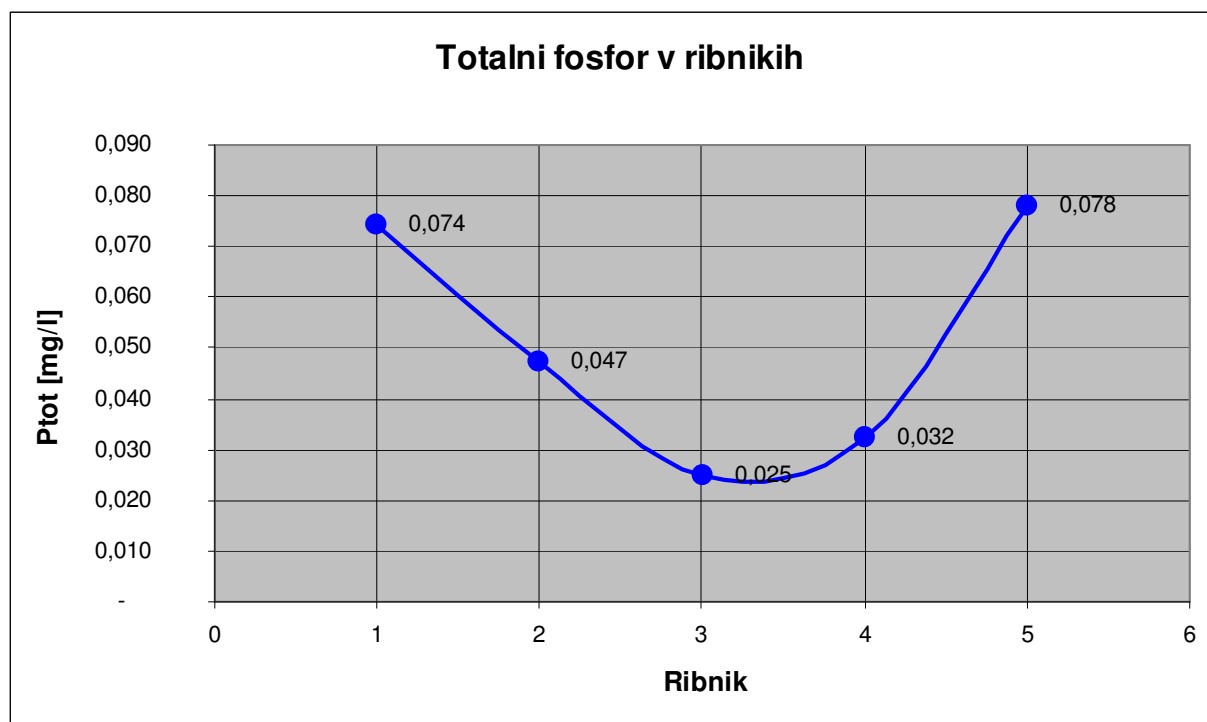
8.3 IZRAČUN KONCENTRACIJE FOSFORJA

Z uporabo pripomočka, opisanega v poglavju 6.4 smo izračunali koncentracije prikazane v spodnji preglednici. Izračun totalnega fosforja za vse ribnike je prikazan v preglednici 21 in grafično v preglednici 22. Iz grafa je razvidno, da vrednosti totalnega fosforja padajo in nato naraščajo.

Preglednica 21: Rezultati totalnega fosforja

RIBNIK	Totalni fosfor – P_{tot} [mgP/l]
1. ribnik	0,074
2. ribnik	0,047
3. ribnik	0,025
4. ribnik	0,032
5. ribnik	0,078

Preglednica 22: Grafični prikaz rezultata totalnega fosforja



8.4 OCENA STANJA RIBNIKOV

Na podlagi meritev, ki sem jih opravila na ribnikih in Vollenweider-jevega modela so trofična stanja po OECD kriterijih prikazane v preglednici 23. V preglednici so ribniki razvrščeni po stopnji trofičnosti. Model in meritve se nekoliko razlikujejo v tretjem ribniku, v ostalih so stopnje eutrofnosti enake.

Preglednica 23: Primerjava modela z meritvami in razvrstitev ribnikov stopnjo trofičnosti

	RIBNIK	1	2	3	4	5
MERITVE	P_{tot} [µg/l]	50	50	80	30	80
MODEL	P_{tot} [µg/l]	74,16	47,18	25,01	32,19	78,1
STOPNJA TROFIČNOSTI po Vollenweider-ju	MERITVE	evtrofno – politrofno	evtrofno – politrofno	evtrofno – politrofno	mezotrofno - evtrofno	evtrofno – politrofno
	MODEL	evtrofno – politrofno	evtrofno – politrofno	mezotrofno - evtrofno	evtrofno – politrofno	evtrofno – politrofno
STOPNJA TROFIČNOSTI po klasifikaciji OECD	MERITVE	evtrofno	evtrofno	evtrofno	mezotrofno	evtrofno
	MODEL	evtrofno	evtrofno	mezotrofno	mezotrofno	evtrofno

Rezultati kažejo, da je voda v ribnikih srednje obremenjena. Iz modela je razvidno da, je v 5. ribniku – zadnjem, tudi največja količina totalnega fosforja, kar smo tudi pričakovali. Ugotovili smo tudi, da vsi dejavniki enakovredno vplivajo na količino totalnega fosforja. S pomočjo teh rezultatov razvrstimo ribnike po OECD kriterijih glede na verjetnost v trofična stanja (Preglednica 24).

Preglednica 24: Trofična stanja glede na skupni fosfor

	ultraoligotrofno	oligotrofno	mezotrofno	evtrofno	hiperevtrofno
1. ribnik	0%	1%	26%	64%	10%
2. ribnik	0%	5%	54%	40%	2%
3. ribnik	0%	25%	58%	17%	1%
4. ribnik	0%	11%	64%	25%	1%
5. ribnik	0%	1%	26%	64%	10%

Največja verjetnost je, da 2., 3. in 4. ribnik spadajo v mezotrofno stanje, prvi in zadnji ribnik v evtrofno stanje.

Na ribnikih se zaradi večje količine totalnega fosforja, v poletnih mesecih pojavi proces evtrofikacije, prikazano na sliki 26 – ribnik 3. Tudi na vseh ostalih ribnikih je situacija podobna.



Slika 26: *Evtrofikacija v 3. ribniku – alge in višje vodne rastline*

Iz rezultatov je ugotovljeno, da zadnji, 5. ribnik vsebuje največjo količino totalnega fosforja. Ta pa posledično dolvodno vpliva na prve recipiente. Iz 5. ribnika se količina fosforja $78,10 \text{ mg/m}^3$ prenese dolvodno na potoček Levi pritok Dobja. Ta količina totalnega fosforja povzroči v potoku pojav evtrofikacije. Ker pa je pretočnost vode hitrejša je tukaj tudi večja samočistilna sposobnost recipienta. Zato se količina fosforja kmalu tudi zmanjša.

9 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE STANJA GORIŠKIH RIBNIKOV IN S TEM ZMANJŠANJA VPLIVA DOLVODNO

Na prispevnem območju ribnikov bi lahko uporabimo naslednje ukrepe:

- zmanjšan vnos hranil na kmetijskih površinah
- zmanjšan vnos hranil iz komunalnih odpadnih voda

Da bi izboljšali kmetijske površine, je potrebno zmanjšati vnos dušikovih gnojil. To naredimo z manjšim vnosom dušikovih gnojil, približno $< 100 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{leto})$ in pravilno uporabo gnojil glede na hitrost rasti rastlin, ki so na določenem kmetijskem zemljišču. Gnojila naj bi se počasi razkrajala. Na njivah bi bilo potrebno zagotoviti čim krajši čas brez vegetacije, in da se gnojila ne bi uporabljala, kadar bi bila zemlja zamrznjena.

V letu 2004 je bila v naselju Proseniško, zgrajena čistilna naprava za čiščenje komunalnih odpadnih voda. Čistilna naprava mehansko biološka in ima kapaciteto 400 PE. Kanalizacijske vode so v čistilno napravo speljane iz naselja Proseniško, vendar kanalizacijske vode posameznih hiš v bližnji okolici ribnikov, niso speljane na čistilno napravo. Zato bi bilo potrebno iz naselja Cerovec in Goričica speljati kanalizacijski kolektor do čistilne naprave na Proseniškem. Za naselje bi se lahko zgradila tudi manjša čistilna naprava za približno 50 PE. Za del naselja Cerovec so primerne individualne male čistilne naprave za enodružinske hiše, s kapaciteto 2 do 4 PE. Z izgradnjo čistilnih naprav v obeh naseljih bi izboljšali kakovost vode v vseh petih ribnikih.

Vedno več pa se dandanes uporabljajo rastlinske čistilne naprave (RČN). Pri njih se odpadna voda filtrira skozi prod v katerem so posajene močvirne rastline. V našem primeru bi RČN postavili pred 1. ribnik, ker je na tem mestu že močvirje in s tem ne bi drastično posegali v naravo. Poleg tega rastejo na tem mestu že primerne rastline (trstika). Bakterije ki so prisotne na peščenem mediju in koreninah, nam čistijo organsko onesnaženje, rastline pa nam čistijo hranila (fosfor, dušik) saj jih uporabijo za svojo rast. Takšno čistilno napravo, bi lahko postavili tudi za 5. ribnikom. S tem ne bi Goriški ribniki dolvodno vplivali na potoke.

V letu 2004 se je začela operacija »Celostno urejanje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda, in varovanje vodnih virov na povodju Savinje«. Namen operacije je, da se na povodju Savinje zgradijo ustrezne čistilne naprave in kanalizacijska omrežja. Projekt je delno financirala Evropska unija iz kohezijskih skladov. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja okoljske in prometne infrastrukture, v obdobju 2007-2013. Cilji operacije se nanašajo na okolje, ki je v okviru razvojne prioritete »Varstva okolja - področje voda«. Operacija se izvaja v okviru petih projektov: Žalec, Šentjur, Laško, Celje in Mozirje. Cilji operacije se nanašajo predvsem na izboljšanje zdravja in življenjskega standarda prebivalcev, izboljšanje gospodarske infrastrukture ter zaščito naravnih virov.

V okviru operacije se je za projekt Šentjur sprejel Odlok o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode v občini Šentjur. Projekt vključuje izgradnjo kanalizacijskega sistema v dolžini približno 10.000 m in izgradnjo centralne čistilne naprave s kapaciteto 13.000 PE. Čistilna naprava je predvidena na levem bregu reke Voglajne, zahodno od mesta Šentjurju, v naselju Hruševci (Slika 27). Čistilna naprava bo imela biološko čiščenje s suspendirano biomaso. Predvideni postopki čiščenja so nitrifikacija, denitrifikacija in čiščenje fosforja. Kanalizacijske vode bodo v čistilno napravo prispele iz mesta Šentjur, in okoliških naselij: Stopče, Črnomlja, Gorica pri Slivnici, Lokarje in Vrbo.



Slika 27: Centralna čistilna naprava Šentjur in kanalizacijski sistem

Z izgradnjo centralne čistilne naprave v Šentjurju se bo izdatno povečala tudi kakovost reke Voglajne, ki posredno vpliva na povodje Savinje.

10 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil, da ugotovimo, kako fosfor vpliva na pet kaskadno povezanih ribnikov. S pomočjo Volleweider-jevega modela sem izračunala vnos fosforja v vodo v ribnikih, in vpliv ribnikov dolvodno na vodotoke.

Rezultati modela so pokazali, da so ribniki preobremenjeni s totalnim fosforjem. Razvrstili smo jih po stopnji trofičnosti po Vollenweide-ju in po OECD klasifikaciji. Tako so ribniki v eutrofnem in mezotrofnem stanju.

Rezultate smo primerjali z analizami vode, ki so potekale na vseh ribnikih, in ugotovili, da rezultati minimalno odstopajo. Tako je z modelom možno spreminjati količino vnesene hrane, oziroma vse vhodne podatke za model.

Glede na to, da spadajo Goriški ribniki v ekološko pomembno območje, se moramo zavedati, da v našem primeru ne smemo pogojevati večji vnos hrane, ali števila rib v ribnike. Tako bi namerno poslabšali kakovost vode v ribnikih, in s tem dolvodno, tudi kakovost vodotokov, ki so tudi pomembni za naravno dediščino.

V današnjem svetu nam čisto okolje pomeni privilegij, na žalost se vsi tega ne zavedamo. Razvile pa so se nove oblike očiščenja onesnaženega okolja. Med njimi je tudi ekoremediacija (ERM). ERM vključujejo sisteme in procese, ki potekajo v naravnih in umetnih ekosistemih, ter ščitijo okolje ali ga obnavljajo. Namen ERM je, da bi pravilno gospodarili z vodotoki, jezeri, močvirji in s tem omogočili sožitje med človekom in naravo. S tem bi v celoti obvarovali naravno okolje. V našem primeru bi ga uporabili za povečanje razbremenilnih, samočistilnih in habitatnih sposobnosti vodotokov, čiščenje komunalnih, živinorejskih odpadnih voda, zaščito naravovarstvenih področij. Omogoča nam uporabo blažilnih con (vegetacijski pasovi), revitalizacije (biološka obnova) degradiranih vodotokov, ribnikov, obnove ekosistemov za redke in ogrožene vrste rastlin in živali.

VIRI

Knjige:

Jeromel, T. 1975. Gojitev rib, Kmečki glas, 1975: 135 str.

Jørgensen, S.E., Vollenweider, R.A., 1988. Guidelines of lake managment, Principles of Lake Managment. Volume 1, International Lake Environment Comittee. United Nation Environment Programme: 199 str.

Mićić T., 2006. Matematični model kakovosti treh ribnikov v mariborskem Mestnem parku. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani: 81 str.

Poročilo o kontroli površinskih voda na območju mestne občine Celje. 2002. Zavod za zdravstveno varstvo Celje

Povž M., 1999. Ključ za določanje vretenčarjev Slovenije. Ljubljana, DZS: 544 str.

Ribiška družina Celje, 2008. Gojitveni načrt.

Skalin B., 1993. Ribogojstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 191 str.

Svetina M., 1982. Sladkovodno ribištvo na Slovenskem, Ribiški zbornik. Ljubljana, RZSlovenije: 343 str.

Tarman, K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije

Toman, M. J. 2001. Osnove ekologije celinskih voda. Skripta pri predmetu Osnove vodne mikrobiologije, drugi letnik študija Vodarstva in komunalnega inženirstva.

Urbanič G., Toman J. Mihael, 2003. Varstvo celinskih voda, skripta, Ljubljana

Valč P. 2008. Hranjenje rib. Glasilo Ribič 12/2008, članek

Elektronski viri:

ARSO 2008. Monitoring kakovosti jezer v letu 2006. Poročilo. 2007, Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje:

http://www.arso.gov.si/vode/jezera/porocilo_jezera2006.pdf (15.5.2008)

ARSO 2008. Monitoring kakovosti voda za življenje sladkovodnih vrst rib za leto 2006. Poročilo. 2007, Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje:

http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Porocilo_ribe_2006.pdf (15.5.2008)

ARSO 2008. Monitoring kakovosti površinskih vodotokov v Sloveniji v letu 2006. Poročilo 2008, Republike Slovenije za okolje:

http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Porocilo_reke_2006.pdf (15.5.2008)

ARSO 2008. Meteorološki podatki, Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje:

<http://www.arso.gov.si/> (20.8.2008)

ARSO 2008. Hidrografija območja ribnikov. Agencija Republike Slovenije za okolje – atlas okolja:

<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/> (20.8.2008)

ARSO 2008. Podatki o naravnih vrednotah in ekološko pomembnih območjih. Agencija Republike Slovenije za okolje – atlas okolja:

<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/> (17.10.2008)

in Zavod RS za varstvo narave - naravovarstveni atlas:

<http://www.naravovarstveni-atlas.si/ISN2KJ/profile.aspx?id=EPO@ZRSVN> (17.10.2008)

IZVRS 2008. Predstavitev rezultatov študije pomembnih zadev upravljanja voda za površinske vode. Inštitut za vode RS, Ljubljana:

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/rezultati_studije_upravljanja_voda.pdf (20.8.2008)

NATURA 2000:

<http://www.natura2000.gov.si/> (20.8.2008)

Operacija »Celostno urejanje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda in varovanje vodnih virov na povodju Savinje«:

<http://www.povodje-savinje.si/> (10.10.2008)

Podatki o prebivalstvu. Portal iobcina. Občina Šentjur:

<http://gis.kaliopa.si/obcinaSentjur> (20.8.2008)

Ribiška družina Celje:

<http://www.ribiskadruzina-celje.si/>

Ribiška zveza Slovenije:

<http://www.ribiska-zveza.si/rzs/>

Slike eutrofikacije:

<http://www.uwsp.edu/cnr/uwexlakes/ecology/classification/default.asp> (25.7.2008)

Slika hranjenja rib:

<http://www.fao.org/docrep/t0581e/T0581E4A.GIF> (23.7.2008)

Slika centralne čistilne naprave:

<http://www.povodje-savinje.si> (10.10.2008)

Zavod RS za varstvo narave:

<http://www.zrsvn.si/sl/>

Zavod za ribištvo Slovenije:

<http://www.zzrs.si/>

Zakoni, pravilniki, uredbe in odloki:

Zakon o sladkovodnem ribištvu. Uradni list SRS, št. 25/76

Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67/02

Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 32/93

Zakon o ohranjanju narave. Uradni list RS, št. 96/04

Pravilnik o ribiško-gojitvenih načrtih ter o evidenci izvrševanja. Uradni list RS št. 68/00

Pravilnik o ribiškem katastru. Uradni list SRS, št. 7-430/78

Statut RDC, 2006

Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih rib. Uradni list RS, št. 46/02

Uredba o kemijskem stanju površinskih voda. Ur. l. RS št. 11/2002

Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Uradni list RS, št. 49/04

Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000), Uradni list RS, št. 110/04.

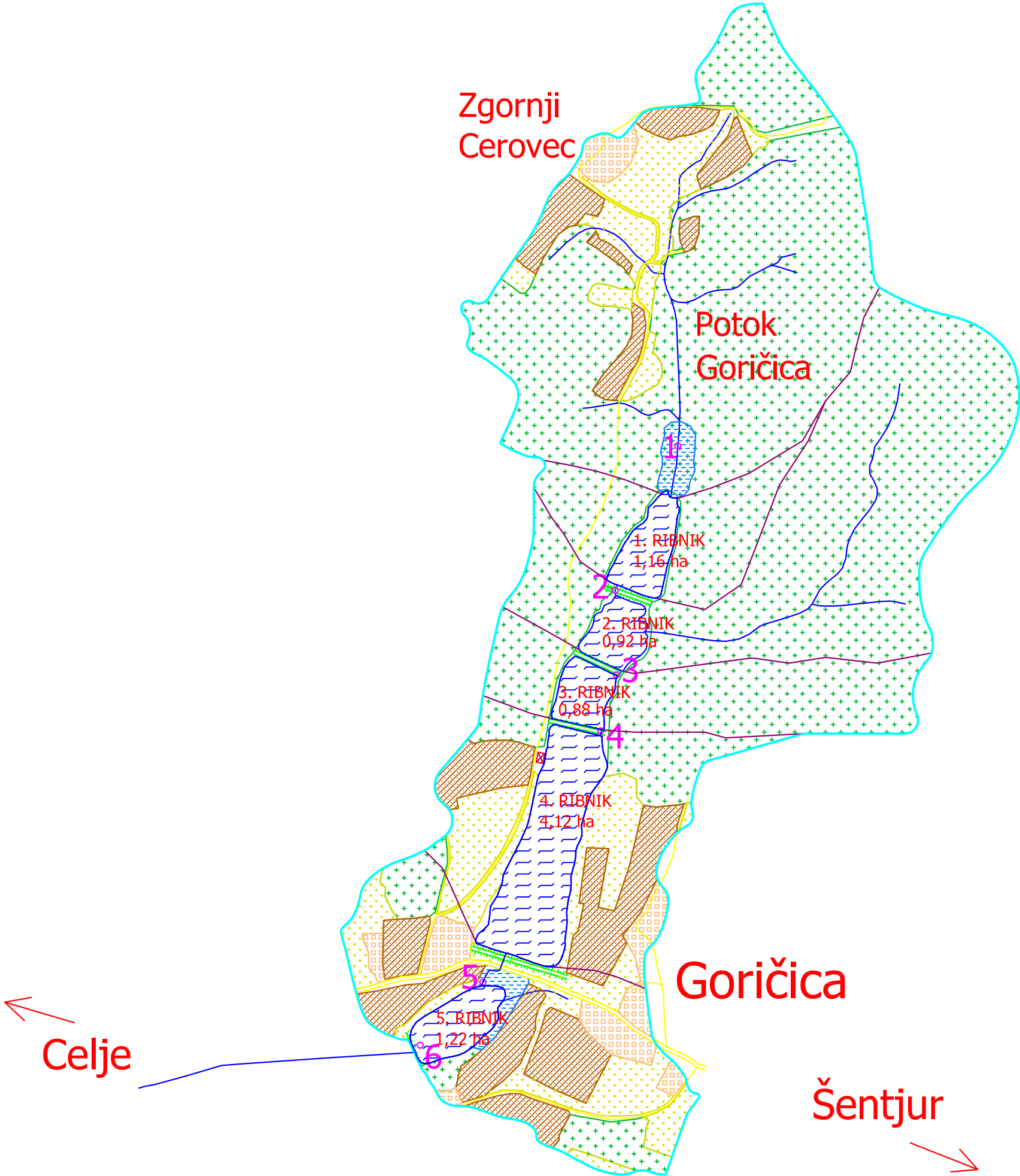
Uredba o ekološko pomembnih območjih

Odlok o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode v občini Šentjur

Pravilnikom o določitvi in varstvu naravnih vrednot. Uradni list RS, 111/04 in 70/06

LEGENDA

- GOZD
- MOČVIRJE
- RIBNIK
- POSELITEV
- KMETIJSKE POVRŠINE
- TRAVNIK
- POTOK
- PRISPEVNA POVRŠINA CELOTNEGA OBMOČJA
- PRISPEVNA POVRŠINA POSAMEZNEGA RIBNIKA
- MERILNA MESTA
- PREGRADA
- CESTA
- RIBIŠKA KOČA

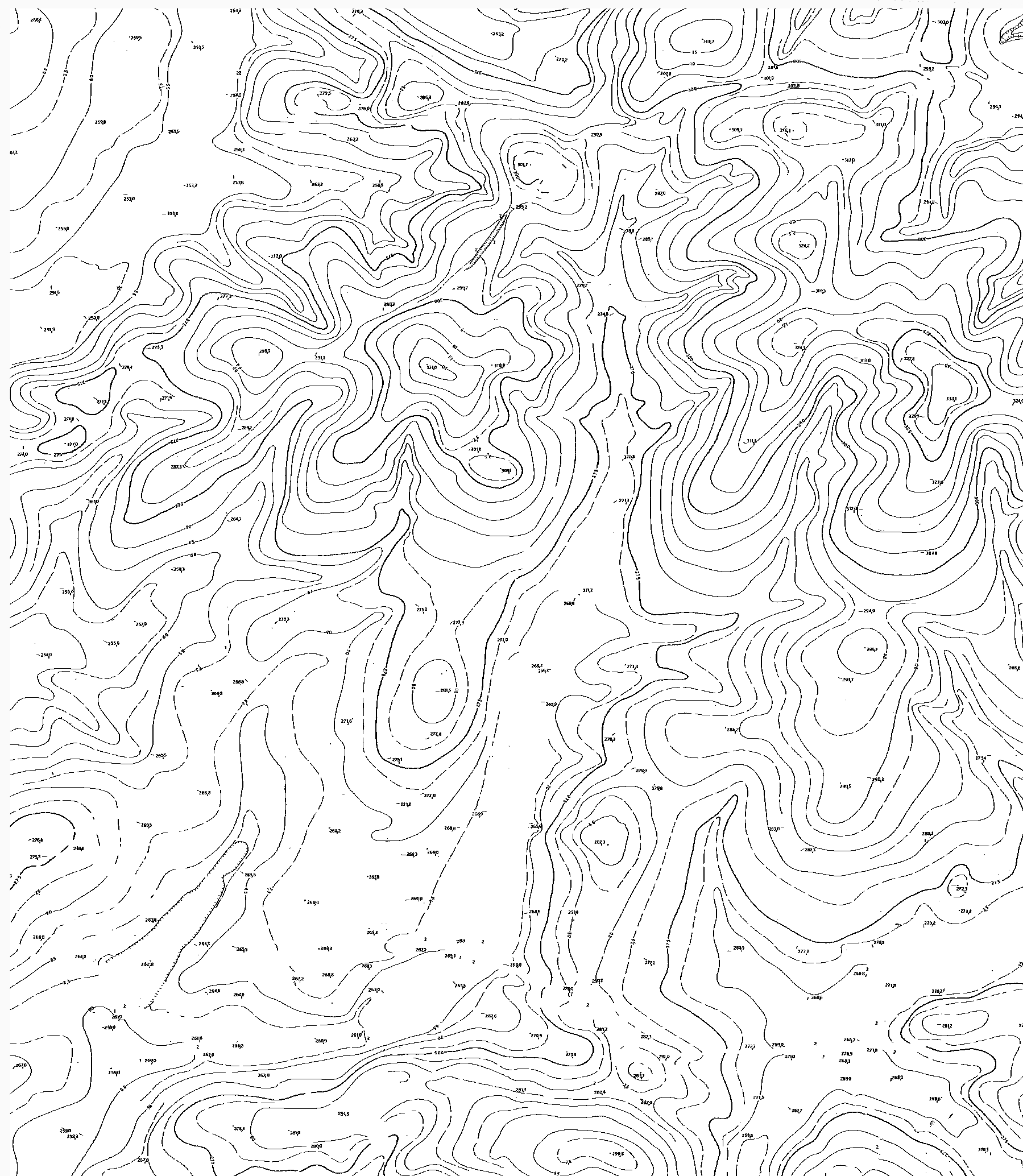


UNIVERZA V LJUBLJANI - FGG	
Diploma :	Vpliv gojitvenih ribnikov na eutrofikacijo površinskih voda
Mentor :	izr. prof. dr. Boris Kompare
Projekt :	Priloga A
Vsebina :	SITUACIJA GORIŠKIH RIBNIKOV
Izdela :	Sabina Arh
Datum :	5.2.2009
Merilo :	M 1 : 75.000



UNIVERZA V LJUBLJANI - FGG

Diploma :	Vpliv gojitvenih ribnikov na eutrofikacijo površinskih voda
Mentor :	izr. prof. dr. Boris Kompare
Projekt :	Priloga B
Vsebina :	LETALSKI POSNETEK OBMOČJA RIBNIKOV
Izdela :	Sabina Arh
Datum :	5.2.2009
Merilo :	M 1 : 75.000



UNIVERZA V LJUBLJANI - FGG

Diploma :	Vpliv gojitvenih ribnikov na eutrofikacijo površinskih voda
Mentor :	izr. prof. dr. Boris Kompare
Projekt :	Priloga C
Vsebina :	PLASTNICE OBMOČJA
Izdela :	Sabina Arh
Datum :	5.2.2009
Merilo :	M 1 : 75.000

**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO
VARSTVO KRANJ**

Laboratorij za sanitarno kemijo Gosposvetska ul. 12, KRANJ



Datum : 13.8.2008
Vzorec : 0800172

KEMIJA prot.št.: 172 Ž
Živila Datum izvida: 13.8.2008

**POROČILO O PRESKUSU ŽIVILA
Obrok**

UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN JAMOVA ULICA 2 1000 LJUBLJANA	Deklarirano ime: RIBJA HRANA
---	---------------------------------

Naročnik: UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN, INŠTITUT ZA ZDRAVSTVENO HIDROTEHNIKO, HAJDRIHOVA 28, LJUBLJANA
Lastnik: UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN, JAMOVA ULICA 2, 1000 LJUBLJANA
Odvzemno mesto: INŠTITUT ZA ZDRAVSTVENO HIDROTEHNIKO, HAJDRIHOVA 28, LJUBLJANA
Proizvajalec: UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN, JAMOVA ULICA 2, 1000 LJUBLJANA
INŠTITUT ZA ZDRAVSTVENO HIDROTEHNIKO, HAJDRIHOVA 28, LJUBLJANA
Odvzel: Naročnik
Datum odvzema: 10.7.2008
Datum sprejema: 10.7.2008 ob 08:00
Ocenjeno do: 11.8.2008

Poslano :	lastniku , arhiv
Plačnik :	UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN, JAMOVA ULICA 2, 1000 LJUBLJANA

OPOMBE:

*Analize so opravljene v originalnem vzorcu.
Analizo žvepla so opravili na RTCT, Regionalni tehnološki center Zasavje.*


Odgovorni analitik:
Mojca Fister univ.dipl.inž.
spec. san.kemije




Vodja laboratorija:
Mojca Fister, univ. dipl. inž.
spec. san. kemije

Datum : 13.8.2008
Vzorec : 0800172

KEMIJA prot.št.: 172 Ž
Živila Datum izvida: 13.8.2008

OPIS IN DEKLARACIJA:

Vzorec ribje hrane je prinesen v steklenem kozarčku, zaprt s pokrovčkom na navoj.

SENZORIČNE LASTNOSTI:

VIDEZ: vzorec predstavlja mešanica žit.

REZULTATI:

št.	PREISKAVA	METODA	ENOTA	REZULTAT	Prav/čl.	
1.	Suha snov	SIST EN 14346 2007 metoda A	%	88,7		
2.	TOC	SIST ISO 10694, 10693	%	43,3		
3.	Organski dušik	ISO 5663:1984 (e) mod.	%	1,3		
4.	Fosfor - celotni	SIST ISO 6878-1:1996	%	0,25		
5.	Kalij	ISO 9964-1:1986(E)	mg/kg	3100		
6.	Žveplo	SIST ISO 351-fot. titr.	mg/kg	800		
7.	Kalcij	ISO 6058:1984(E)	mg/kg	140		
8.	Magnezij	ISO 6058:1984(E)	mg/kg	1000		
9.	Železo	SIST ISO 8288:1996	mg/kg	23		
10.	Cink	ISO 8266:1986	mg/kg	22		
11.	Baker	SIST ISO 8288:1996	mg/kg	1,8		

Preiskave označene z * niso v skladu s predpisi