DRUŠTVO EKOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE

UDK 577.4.(05)

YU – ISSN 0352–0781

bilten

serija a

ekološke monografije

GOD. V

5

SARAJEVO, 1989.

BILTEN
DRUŠTVA EKOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE
S e r i j a A – **Ekološke monografije**

BULLETIN
OF THE ECOLOGICAL SOCIETY OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
S e r i e s A – **Ecological monographs**

БЮЛЛЕТЕНЬ
ОБЩЕСТВА ЭКОЛОГОВ СР БОСНИИ И ГЕРЦЕГОВИНЫ
Серия А–Экологические монографии

BULLETIN
DER OEKOLOGISCHES GESELLSCHAFT BOSNIENS UND DER HERZEGOVINA
S e r i a A – **Oekologische Monographien**

Glavni i odgovorni urednik

(Chief Editor)

Prof. dr Radomir LAKUŠIĆ

Izdavački savjet Biltena

DIZDAREVIĆ dr Muso
JANJIĆ dr Nikola
LAKUŠIĆ dr Radomir
MIJATOVIĆ dr Nada
MIŠKOVIĆ dr Miloš
MIŠIĆ dr Ljubomir
SIJARIĆ dr Rizo
ŠARIĆ dr Taib
ŠILIĆ dr Čedomil
ŠOLJAN dr Dubravka
TRUBELJA dr Fabijan

Tehnički urednik

(Associate Editor)
Mr Sulejman REDŽIĆ
Tiraž 500 kom.

Izdavač: Društvo ekologa Bosne i Hercegovine
71000 SARAJEVO, Vojvode R. Putnika 43-a/XI
tel. 659-377/35

Štampa:

GRAFO–ART ATELJE, SARAJEVO

Za štampariju, Džihan Bukvić, prof.
tel. 512-649, 513-712

UDK: 577.4 (05) YU ISSN 0352–0781

DRUŠTVO EKOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE

BILTEN

SERIJA A – EKOLOŠKE MONOGRAFIJE

Vol. 5.

SARAJEVO, 1989.

Redakcioni odbor

Prof. dr Muso DIZDAREVIĆ
Prof. dr Petar GRGIĆ
Prof. dr Radomir LAKUŠIĆ
Mr Dragana MURATSPAHIĆ
Mr Boro PAVLOVIĆ
Prof. dr Vitomir STEFANOVIĆ
Mr Sulejman REDŽIĆ

S. BLAGOJEVIĆ, M. DIZDAREVIĆ i B. PAVLOVIĆ

Prirodno-matematički fakultet u Sarajevu

ODNOSI IZMEĐU NEKIH BIOLOŠKIH I FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA KVALITETA VODE U TEKUĆICAMA BOSNE I HERCEGOVINE

BIBLIOTEKA
Prirodno-matematički fakultet u Sarajevu
ODSJEK ZA BIOLOGIJU
Inv.br.: 10002948 Sign.:

SADRŽAJ

1. UVOD 8
1.1. Problem 8
1.2. Dosadašnja istraživanja 9
1.3. Svrha i sadržaj rada 10

2. MATERIJAL I METODIKA 11
2.1. Izvori podataka 11
2.2. Postupak 12

3. REZULTATI I DISKUSIJA 13
3.1. Odnosi između saprobnog indeksa i nekih fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode 13
3.1.1. Saprobni indeks i rastvoreni kiseonik 14
3.1.2. Saprobni indeks i zasićenje vode kiseonikom 24
3.1.3. Saprobni indeks i utrošak kiseonika iz $KMnO_4$ 33
3.1.4. Saprobni indeks i BPK_5 43
3.2. Odnosi između relativnog boniteta i nekih fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode 52
3.2.1. Relativni bonitet i rastvoreni kiseonik 53
3.2.2. Relativni bonitet i zasićenje vode kiseonikom 62
3.2.3. Relativni bonitet i utrošak kiseonika iz $KMnO_4$ 70
3.2.4. Relativni bonitet i BPK_5 77
3.3. Frekvencija i gustina populacija nekih saprobnih indikatora u odnosu na saprobni indeks zajednica 84

4. REZIME 92

5. LITERATURA 96

6. SUMMARY 99

PREDGOVOR

Stepen ugroženosti životne sredine u Bosni i Hercegovini u cjelini je izuzetno visok, a stanje najvećeg broja tekućica na ovom području je veoma kritično.

U novije vrijeme se vrši povremeno ili kontinuirano praćenje najvažnijih fizičko-hemijskih, a sve češće i bioloških, parametara u većem broju tekućica Bosne i Hercegovine, ili bar na određenom broju najkritičnijih tačaka u tim tokovima, radi potpunijeg upoznavanja stanja i preduzimanja efikasnijih mjera u ublažavanju i otklanjanju posljedica tekućih degradacionih procesa.

Ova istraživanja su organizovana sa ciljem da se prouče i bliže naučno osvijetle geografski i regionalni aspekti odnosa između najčešće primjenjivanih pokazatelja biološkog i fizičko-hemijskog vrednovanja kvaliteta vode u našoj Republici.

Dio rezultata ovih istraživanja saopšten je i publikovan u obliku preliminarnih saopštenja (B l a g o j e v i ć et al. 1982, 1983, 1984, D i z d a r e v i ć et. al. 1985), te je na osnovu interesovanja koje su ova saopštenja izazvala zaključeno da postoji opravdanost da se rezultati ovih istraživanja publikuju kao monografska cjelina.

ODNOSI IZMEĐU NEKIH BIOLOŠKIH I FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA KVALITETA VODE U TEKUĆICAMA BOSNE I HERCEGOVINE

S. BLAGOJEVIĆ, M. DIZDAREVIĆ i B. PAVLOVIĆ

Prirodno-matematički fakultet u Sarajevu

Blagojević S., Dizdarević M. and Pavlović B. (1989): *Relations between some biological and physico-chemical parameters of water quality in running waters of Bosnia and Herzegovina.* Bilten Društva ekologa Bosne i Hercegovine, serija A – ekološke monografije, 5:

Based on the available data obtained by a several years long investigation work a comparison of the saprobiological and physico--chemical analyses results has been made with the aim of a more close scientific enlightment of the real significance and scope between the relations of these two groups of water quality parameters in the running waters of Bosnia and Herzegovina. The investigation work included the correlations between the saprobic index and the relative water quality (healthy) value, relative bonity ("RB") accompanied by simultaneously found O_2 contents values, oxygen saturation and consumption of $KMnO_4$ and BOD_5 in water. These relations were investigated in the system of rivers of Una, Vrbas, Bosna, Drina and Neretva with the Trebišnjica river – i.e. separately for each one of the rivers, as well as for all of these rivers together. In addition to this, a preliminary investigation was carried out concerning the regional adequancy of a small number of more important saprobic indicators with the aim of obtaining the basic points of the relevance and the need for a more extensive scientific engagement in that sphere.

1. UVOD

1.1. Problem

Prije 80 godina Kolkwitz i Marsson (1908, 1909) postavili su temelje saprobnog sistema. Široka praktična primjena u tom relativno dugom vremenu i obimna istraživanja potvrdili su principe i važnost ovoga ekološkog metoda. Takođe, i sve kasnije revizije i modifikacioni zahvati, kao i ponude novih saprobnih sistema (Zelinka i Marvan, 1961; Liebmann, 1962; Fjerdingstad, 1965; Sladeček, 1966, 1973), samo su potkrijepili osnove ovoga metoda. Zahtjevi za teorijskim fundiranjem i praktična primjena saprobnih sistema vrlo brzo su istakli potrebu da se kompleksne ekološke međuzavisnosti, obuhvaćene pojmom saprobiteta, razmatraju u opšterazumljivim i preglednim formama, koje, osim toga, treba da omoguće komparacije sa drugim, često egzaktnije mjerljivim, parametrima kvaliteta vode. To dovodi do razrade numeričkih i statističkih metoda u oblasti primjene saprobnih sistema (Knöpp, 1954; Pantle i Buck, 1955; Zelinka i Marvan, 1961; Rothschein, 1959).

Nakon što su obimna ispitivanja utvrdila valjanost statističkih metoda vrednovanja i prikazivanja rezultata bioloških analiza kvaliteta voda (Tümpling i Zimmermann, 1961; Tümpling, 1962; SEV, 1966), javlja se problem utvrđivanja odnosa između rezultata saprobioloških ispitivanja i istovremenih fizičko-hemijskih analiza kvaliteta voda. Ispitivanja tih odnosa nameću teorijski i praktični interesi. Komparativna istraživanja ove vrste značajna su za limnologiju, jer ona produbljuju naše uvide u složene međuzavisnosti unutar vodenih ekosistema. Za ekologe i inženjere u oblasti vodoprivrede takva ispitivanja su od posebnog značaja, jer se stanje jednog vodotoka može besprijekorno i sveobuhvatno prosuditi samo putem saglasnosti i međusobnog prožimanja rezultata svih relevantnih ispitivanja. Egzaktnost i potpunost takvih ocjena su odsudno važne za ishode planiranih i realizovanih mjera u oblasti zaštite, saniranja i korišćenja vodotoka (Tümpling, 1966). Stvarnu vrijednost zaključaka na osnovu korelacija između bioloških i hemijskih parametara kvaliteta vode nužno je utvrditi i zbog toga što su se javili pokušaji da se na bazi empirijski uočenih korelacija iz izmjerenih vrijednosti pojedinih hemijskih parametara izvode veličine bioloških pokazatelja i obrnuto (Klotter i Hantge, 1966). To je, s obzirom na prirodu tih parametara, svakako apsurdno.

Ekološka logika ukazuje, a neka dosadašnja saznanja to potvrđuju (Zimmermann, 1961; Klapper, 1963; Hynes, 1964) da odnosi između bioloških i fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode, pored ostaloga, variraju sa geografskim, fiziografskim i sezonskim uslovima vodotoka. To nalaže potrebu da se regionalno utvrde stvarna značenja i dometi tih odnosa.

Mnogi kritički komentari koji su upućivani saprobnim sistemima (Steinmann i Surbek, 1922; Gaufin i Tarzwell, 1956; Hynes, 1970) nalazili su svoj oslonac, pored ostaloga, u činjenici da se uključivanje i položaj pojedinih indikatora, čak i u istom sistemu, često koriguju od autora i revidenata saprobnih sistema (Šramek i Hušek, 1954; van Horn, 1962; Liebmann, 1962; Bick, 1968; Buck, 1971; Sladeček, 1973). Ovakvo stanje često je posljedica lokalnih prilika pod kojima je vrsta posmatrana.

Mnogo češće, međutim, ono je uzrokovano činjenicom da se neke vrste u širem području javljaju sa suviše malim frekvencijama da bi imale neku vrijednost kao indikatori. S druge strane, eurieke vrste su češće, ali se obično javljaju u širem saprobnom dijapazonu, tako da samo njihovo pojavljivanje ne može da bude isključiva osnova za uvršćivanje u saprobni sistem.

1.2. Dosadašnja istraživanja

Odnosi između bioloških i fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode bili su predmet niza istraživanja čiji je broj, ipak, daleko ispod teorijskog i praktičnog značaja problema. Tako, Mädler (1959) ispitujući stepen onečišćenja i proces samočišćenja u rijeci Parthe, dolazi do zaključka o vrlo labavoj korelaciji između saprobioloških pokazatelja i hemijskih parametara koji karakterišu režim kiseonika u vodi. Do sličnih zaključaka o odnosu saprobnih stanja biocenoza i hemijskih faktora odgovornih za režim kiseonika u tekućicama dolaze Meissner (1960, 1962) i Walter i Scharf (1961). Na osnovu istraživanja vršenih u oblasti srednje Elbe–Sud–Elbe, Klapper (1963) takođe zaključuje da su korelacije između hemijskih parametara kvaliteta vode i saprobiteta kod raznih tipova zagađenja vrlo labave, ali pri tome naglašava da kod takvih komparacija moraju biti uzeti u obzir biogeografski, regionalno-hidrografski i sezonski uslovi kao i tip voda (potok, rijeka, jezero, bara, kanal). Vrlo oštar stav u pogledu nepostojanja i nemogućnosti korelacije između kompleksa bioloških reakcija koje leže u osnovi saprobiteta i sadržaja O_2, BPK, sulfida i sl. u vodi izražava i Hynes (1964, 1970). Autor takođe naglašava da ti odnosi zavise od lokalnih i sezonskih uslova. Razmatrajući teorijske osnove saprobnog sistema sa gledišta hemije, Havranek (1966) konstatuje da ne postoje jasne korelacije između rezultata saprobioloških vrednovanja i hemijskih podataka o kvalitetu vode smatrajući to ozbiljnom slabošću saprobnog sistema. Na osnovu rezultata ispitivanja u rijeci Miljacki, Blagojević (1971) nalazi da na empirijskom nivou nema jasnih saglasnosti između pojedinačnih rezultata saprobiološke analize i podataka o sadržaju kiseonika, zasićenosti kiseonikom i BPK_5 u vodi.

Nasuprot ovim pretežno negativnim odgovorima o odnosima između bioloških i hemijskih parametara kvaliteta vode, Schräder (1959) nalazi da u akumulacijama postoji jaka zavisnost između saprobnog stanja i sadržaja kiseonika u vodi. Analizirajući rezultate mnogih ispitivanja, Tümpling (1965) nalazi vrlo labave odnose između saprobnog indeksa s jedne strane i sadržaja kiseonika, BPK_5 i utroška $KMnO_4$ u vodi s druge strane. Međutim, na primjeru rezultata dobivenih u okviru ispitivanja na rijeci Werra, autor ukazuje na dobro slaganje između saprobnog indeksa i BPK_2 kao jednog relativno kratkotrajnog testa razgradnje. Isti autor (Tümpling, 1966), na osnovu statističke valorizacije velikog broja podataka dobivenih biološkim i hemijskim ispitivanjima na rijekama Werra i Unstrut, zaključuje o postojanju besprijekorne i statistički značajne linije korelacije između saprobnog indeksa i BPK_2 izraženog kao procenat od aktuelnog sadržaja kiseonika u vodi. Klotter i Hantge (1966) predlažu novu formulu za izračunavanje "Biološkog stanja" pri čemu je numerički izraz toga stanja "z" identičan sa saprobnim indeksom Pantle–Bucka. Autori na empirijskom nivou utvrđuju postojanje pravilnog odnosa izme-

đu "z" i srednjih vrijednosti BPK_5. Analizirajući odnose između rezultata bioloških i hemijskih ispitivanja kvaliteta vode, N e h r k o r n (1967) nalazi dobru funkcionalnu zavisnost između saprobnog stepena i vrijednosti HPK.

U okvirima revizija i modifikacija saprobnih sistema, kao i pri ponudama novih sistema i klasifikacija, autori često čine pokušaje da biološke pokazatelje karakterišu fizičkim i, naročito, hemijskim parametrima kvaliteta vode. Međutim, pri tome se najčešće nude samo aproksimativne korelacije (L i e b m a n n, 1962; S l a d e - č e k, 1973; T ü m p l i n g, 1968), a ponekad se izražavaju i znatne rezerve u pogledu ponuđenih korelacija (F j e r d i n g s t a d, 1965).

1.3. S v r h a i s a d r ž a j r a d a

Saprobni sistemi se u Bosni i Hercegovini počinju šire primjenjivati u posljednjih 20 godina, i to kako u okvirima naučnih istraživanja tako i u oblasti vodoprivredne prakse. Pri tome je najčešće korišćen revidirani Kolkwitz–Marsson–Liebmann (KML) sistem koji je kao metod ušao i u republička normativna akta iz područja kontrole kvaliteta i klasifikacije voda. Gotovo svi problemi i pitanja iskrsli u svijetu u vezi sa valorizacijom saprobnih sistema javili su se takođe i u okvirima teorijskih analiza i praktične primjene tog ekološkog metoda u našoj Republici. Među njima posebno se ističu pitanja vezana za geografske i regionalne aspekte odnosa između parametara saprobiološkog vrednovanja i pokazatelja fizičko-hemijskih kvaliteta voda.

Cilj ovih istraživanja je da se na osnovu raspoloživih podataka višegodišnjih ispitivanja izvrše komparacije rezultata saprobioloških i fizičko-hemijskih analiza i da se tim putem bliže naučno osvijetle stvarno značenje i dometi odnosa između te dvije grupe parametara kvaliteta voda u tekućicama Bosne i Hercegovine. Rijeke ove republike odlikuju se nizom specifičnosti od kojih neke, kao: pretežno brdsko-planinski karakter tokova, pripadnost dvama morskim slivovima i prostiranje u dva klimata, mogu uticati na variranje odnosa pomenutih parametara kvaliteta voda. Ispitivane su korelacije saprobnog indeksa i "relativnog boniteta" sa istovremeno nađenim vrijednostima sadržaja O_2, zasićenosti sa kiseonikom, utroška $KMnO_4$ i BPK_5 u vodi. Dakle, ispitivani su odnosi između dva numerička parametra saprobiološke analize i fizičko-hemijskih pokazatelja koji odražavaju ekonomiju kiseonika i proces razgradnje organskih materija u vodi. Pomenuti odnosi ispitivani su u rijekama Uni, Vrbasu, Bosni, Drini i Neretvi sa Trebišnjicom – posebno za svaki sliv, kao i integralno za područje Bosne i Hercegovine.

Kako su saprobni indikatori teorijska i praktična osnova saprobnih sistema i od njihove valjanosti u najvećoj mjeri zavisi utemeljenost pojedinog sistema, to je u okvirima ovoga rada učinjen napor da se izvrši preliminarno ispitivanje regionalne adekvatnosti manjeg broja važnijih indikatora da bi se dobile osnovne naznake o relevantnosti i potrebi naknadnog šireg naučnog angažovanja u toj oblasti.

2. MATERIJAL I METODIKA

2.1. Izvori podataka

Istraživanja u okviru ovoga rada temelje se na dostupnim podacima o rezultatima bioloških i fizičko-hemijskih ispitivanja kvaliteta voda u Bosni i Hercegovini koja su obavile razne istraživačke organizacije ili pojedini istraživači u periodu 1966 – 1981 godine. U slučajevima kada izvorni materijali nisu sadržavali eksplicitne podatke o nekim parametrima važnim za provedene komparacije, te vrijednosti su izvedene iz odgovarajućih osnovnih podataka sadržanih u izvoru. U istraživanjima su korišćeni slijedeći izvori:

1. – Ispitivanja kvaliteta voda na teritoriji SR BiH u toku 1966. godine (Obrađivači: Lipold Nevenka, Blagojević, S., Marinković-Gospodnetić Mara). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, mart 1967. god.
2. – Ispitivanje kvaliteta voda površinskih vodotoka u SR BiH u toku 1968. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Meštrov, M., Blagojević, S.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, februara 1969. god.
3. – Ispitivanje kvaliteta površinskih vodotoka u SR BiH u toku 1969. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Meštrov, M., Blagojević, S.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, februara 1970. god.
4. – Ispitivanje kvaliteta voda površinskih vodotoka u SR BiH u toku 1970. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Meštrov, M., Blagojević, S.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, marta 1971. god.
5. – Ispitivanje kvaliteta voda površinskih vodotoka u SR BiH u toku 1972. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Momčilović, D., Meštrov, M., Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1973. god.
6. – Ispitivanje kvaliteta voda značejnijih vodotoka u SR BiH u toku 1973. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Momčilović, D., Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1974. god.
7. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1974. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Momčilović, D., Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1975. god.
8. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1975. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Momčilović, D., Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1976. god.
9. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1976. godine (Obrađivači: Dobrovoljec Ivanka, Momčilović, D., Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1976. god.
10. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1977. godine (Obrađivači: Tuhtar, D., Dobrovoljec Ivanka, Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1978. god.
11. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1979. godine (Obrađivači: Tuhtar, D., Dobrovoljec Ivanka, Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1980. god.

12. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1980. godine (Obrađivači: Tuhtar, D., Dobrovoljec Ivanka; Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1981. god.

13. – Ispitivanje kvaliteta voda značajnijih vodotoka u SR BiH u toku 1981. godine (Obrađivači: Tuhtar, D., Dobrovoljec Ivanka, Vagner, D.). – Republički hidrometeorološki zavod Sarajevo, 1982. god.

14. – Studija uticaja otpadnih voda industrije i naselja na samopročišćavanje voda u slivnom području rijeke Spreče (Obrađivači: Paulina Kovačević i saradnici). – Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja Tuzla, 1975. god.

15. – Studija ocjena saprobioloških prilika u ekosistemu rijeke Spreče na temelju analiza zajednica bentosa i obraštaja (Obrađivač: Habdija, I.). – Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja Tuzla, 1981. god.

16. – Razvoj perifitona u otvorenim uređajima vodovoda na kraškim vrelima (Doktorska disertacija S. Blagojević). – Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1974. god.

Skup izvora podataka o vodotocima Bosne i Hercegovine nastao je iz određenih interesa za proučavanje njihovog stanja. Zastupljenost tokova pojedinih rijeka je rezultat tih interesa, pa je broj posmatranja ne slučajno različit. Ova činjenica mogla je imati uticaja na strukturu uzorka u kome su više zastupljena područja većeg očekivanog antropogenog uticaja na kvalitet voda. Područja izvorišta su zastupljena proporcionalno malim brojem mjerenja analiziranih karakteristika. Dominantan udio u ukupnom broju podataka ima vodotok rijeke Bosne, preko 50% ukupnih podataka. Očekivati je da će se to odražavati i na zaključke o odnosima pojedinih pokazatelja kvaliteta voda.

2.2. Postupak

Iz navedenih izvora podataka uzimani su za analizu relevantni pokazatelji koji su obrađivani odgovarajućim statističkim metodama.

Pri analizi odnosa bioloških prema nekim hemijskim i biohemijskim karakteristikama kvaliteta vode saprobni indeks ("S") i relativni bonitet ("RB") su tretirani kao "zavisno" promjenljive, a količina rastvorenog kiseonika (RK), stepen zasićenosti vode kiseonikom (RK%), potrošnja $KMnO_4$, te pokazatelj BPK_5 kao "nezavisno" promjenljive veličine. Podjela na "zavisno" promjenljive i "nezavisno" promjenljive veličine je uslovno uzeta da bi se ocijenila mogućnost predviđanja saprobnog indeksa i relativnog boniteta na osnovu pojedinih pokazatelja stanja vode (RK, RK%, $KmnO_4$ i BPK_5). U tu svrhu ispitivana je linearna veza među osam parova zavisno promjenljivih (Y_1 – "S", Y_2 – RB) sa nezavisno promjenljivim pokazateljima kvaliteta voda (X_1 – RK; X_2 – RK%; X_3 – potrošnja $KMnO_4$; X_4 – BPK_5), i to odvojeno za tokove Una, Vrbas, Bosna, Drina, Neretva sa Trebišnjicom, kao i za ove tokove u cjelini u Bosni i Hercegovini. Jačina veze je mjerena koeficijentom linearne korelacije (r), a

oblik veze je dat parametrima linearne regresije (a, b). Za statističku ocjenu pouzdanosti predviđanja Y_1 i Y_2 izračunati su:

$s_{y \cdot x}$ – standardno odstupanje od regresije,

s_b – standardno odstupanje uzorka od koeficijenta regresije,

t – vrijednost za test značajnosti koeficijenta regresije,

$$s_y^2\,\% = \frac{s_y^2 - s_{y \cdot x}^2 \cdot 100}{s_y^2}$$

– procenat varijacije Y koji je povezan sa linearnom regresijom po X (Snidikor, Kohren 1971).

Jedna, odnosno dvije zvjezdice uz statističke pokazatelje ukazuje na značajnost ($p < 0{,}05$) ili visoku statističku značajnost ($p < 0{,}01$).

Rezultati regresione analize predstavljeni su i grafički.

U regresionoj analizi veličina uzorka, u izvjesnim slučajevima, za isti vodotok varira zbog nedostatka mjerenja pojedinih pokazatelja kvaliteta vode. Pripadajuće srednje vrijednosti ($\bar{X}$, $\bar{Y}$) odnose se na uključeni niz podataka u regresionu analizu, a ne na ukupan broj mjerenja pokazatelja u vodotoku (iz izvora podataka).

Oblik veze saprobnog indeksa i relativnog boniteta sa restvorenim kiseonikom, stepenom zasićenosti vode kiseonikom, vrijednostima $KMnO_4$ i BPK_5 analiziran je na osnovu distribucije frekvencija ovih parametara po klasama (dvodimenzionalne tabele distribucije frekvencija odgovarajućih parametara).

Na kraju je vršena preliminarna analiza frekvencija i gustina populacija nekih saprobnih indikatora *(Synedra ulna, Cymbella ventricosa, Cladophora glomerata, Tubifex tubifex* i *Asellus aquaticus)* u odnosu na saprobni indeks zajednice u tekućicama Bosne i Hercegovine. Saprobni indeks 1,0 – 4,0 služio je kao parametar za statističku klasifikaciju, a kao interval klasa uzeto je 0,1 jedinica. Izračunavana je frekvencija (f) kod relativne abundancije h = 1, h = 3 i h = 5, te suma frekvencija i suma produkata frekvencija i relativne abundacije za svaki klasni interval. U klasnom intervalu 0,5 jedinica izračunato je procentualno učešće sume produkata *fh* u ukupnoj sumi tih produkata. I ovi rezultati su grafički prezentirani.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Odnos između saprobnog indeksa i nekih fizičko–hemijskih parametara kvaliteta vode

Saprobni indeks ("S") po Pantle – Buck – u (1955) predstavlja srednju vrijednost numeričkih izraza saprobiteta nađenih indikatorskih vrsta u zajednici. Kao takav ovaj parametar je ušao u mnoge standardne metode i široko se koristi u praksi sa preciznošću do 0,1 jedinica. U ovome radu je primjenjen "S" u rasponu 1–4 što odgovara saprobnim stupnjevima po KML sistemu. Izvršena je analiza odnosa između "S" i vrijednosti rastvorenog O_2, zasićenja vode O_2, utroška $KMnO_4$ te BPK_5.

Pri tome je ukupno područje "S" podijeljeno na 6 klasa sa intervalom 0,5 jedinica (prva klasa 0,4, posljednja 0,6).

3.1.1. Saprobni indeks i rastvoreni O_2

Količina rastvorenog kiseonika u vodi u funkcionalnoj je vezi sa obimom i intenzitetom razgradnje organske materije. To je vrlo značajan član kompleksa ekoloških faktora koji kontrolišu prisustvo i razvoj saprobnih indikatora u akvatičnim biocenozama. Za potrebe provedenih analiza vrijednosti rastvorenog O_2 su podijeljene u klase sa određenim intervalima i frekvencije njihove pojave u odnosu na klase saprobnog indeksa su tabelirane (Tabele 1–6). Za svaku klasu O_2 izračunata je srednja vrijednost "S" i označena sa $\bar{Y}$.

Una

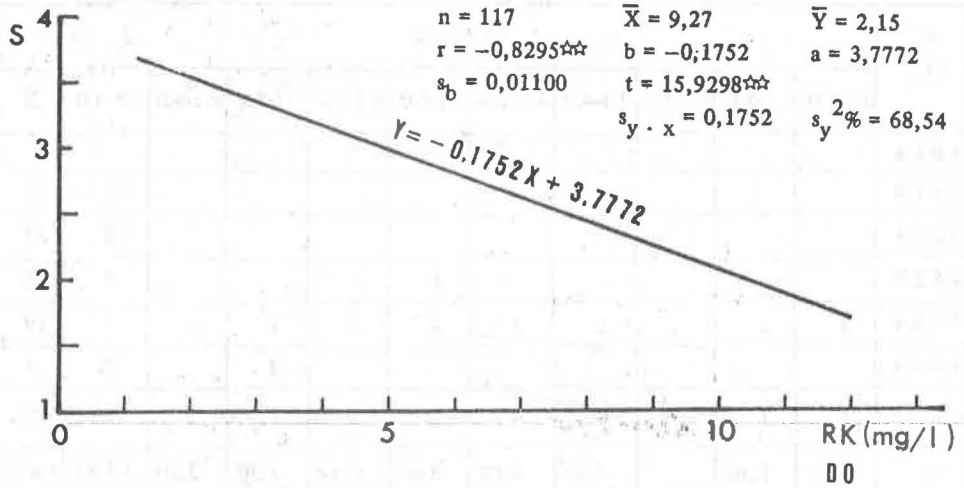
Distribucija frekvencija različitih vrijednosti saprobnog indeksa u odnosu na koncentracije rastvorenog kiseonika u rijeci Uni (Tabela 1) ukazuje na trend opadanja srednje vrijednosti saprobnog indeksa sa povećanjem koncentracije rastvorenog kiseonika. Zapaža se određena dominacija frekvencija stepena saprobiteta između 1,5 do 2,4, pri čemu na ove frekvencije otpada blizu 80% od ukupnih frekvencija, i određena koncentracija frekvencija u području relativno visokih koncentracija rastvorenog kiseonika iznad 8 mg/l na koje otpada oko 78% u odnosu na ukupan broj frekvencija. Nešto veće rasturanje frekvencija ostvareno je u okviru klasa saprobiteta između 2,5 do 3,4 što znatno utiče na opštu sliku odnosa ovih parametara iako ove obuhvataju jedva nešto više od 20% frekvencija.

Tab. 1: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Une

Tab. 1: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river system of Una

„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4										2	2
1,5-1,9										46	46
2,0-2,4							2	4	8	27	41
2,5-2,9		1		1	1		1	1	4	3	12
3,0-3,4		2	1	2	2	3	3			2	15
3,5-4,0			1								1
Σ		3	2	3	3	3	6	5	12	80	117
%		2,56	1,71	2,56	2,56	2,56	5,13	4,27	10,26	68,38	100,0
$\bar{Y}$		3,03	3,47	3,03	3,03	3,20	3,15	2,30	2,37	1,93	2,17

Veza među količinom rastvorenog kiseonika (X) i saprobnim indeksom (Y) analizirana je takođe na osnovu pokazatelja o linearnoj regresiji. (Sl. 1)



Sl. 1: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Una

Fig. 1: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen, DO–Una

Koeficijent linearne korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) statistički su visoko značajni i negativni. Oko 69% varijacije saprobnog indeksa se može objasniti linearnom regresijom po količini rastvorenog kiseonika. Za interval variranja količine rastvorenog kiseonika od 1,20 do 12,00 mg/l, koliko je konstatovano u obrađivanom uzorku sliva Une, regresijom bi se procjenjivao interval variranja saprobnog indeksa 3,57 do 1,68 (Sl.1), a u uzorku je konstatovan interval 3,5 do 1,4.

Vrbas

Na osnovu analize distribucije frekvencija različitih vrijednosti "S" u odnosu na koncentracije rastvorenog kiseonika u Vrbasu (Tabela 2) reklo bi se da u velikoj mjeri izostaje očitija i značajnija zakonitost. Naime, u okviru različitih koncentracija kiseonika od 0,0 do 8 mg/l (što obuhvata blizu 30% od ukupnih frekvencija) pravilnost u distribuciji frekvencija indeksa saprobnosti se ne uočava. Amplituda variranja srednjih vrijednosti indeksa saprobnosti ovdje je izrazito mala (3,1 do 3,5). Tek u posljednjoj koloni koja odgovara sadržaju kiseonika preko 9 mg/l dolazi do jasnije dominacije frekvencija relativno nižih klasa saprobiteta.

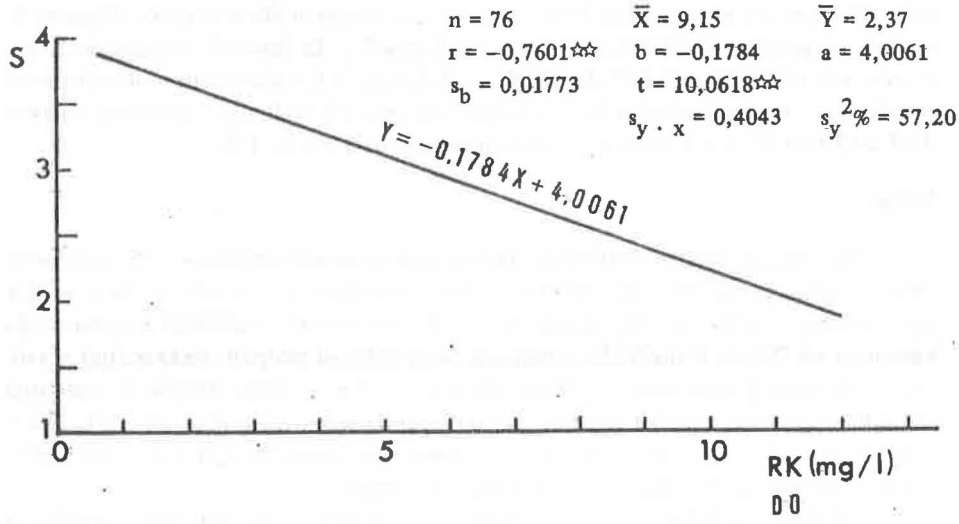
Međutim, zaključak o vezi količine rastovrenog kiseonika (X) i saprobnog indeksa (Y) poprima određenije značenje ako se posmatraju podaci o linearnoj regresiji (vidi slika 2).

Veza među ovim promjenljivim je negativna (Sl. 2). Koeficijenti linearne korelacije i regresije su statistički visoko značajni. Oko 57% varijacije saprobnog indeksa može se objasniti linearnom regresijom u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika.

Tab. 2: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Vrbasa

Tab. 2: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river system of Vrbas

„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4											
1,5-1,9										25	25
2,0-2,4									2	22	24
2,5-2,9						1				4	5
3,0-3,4	1	1		2	4	4	5	1	1		19
3,5-4,0								2		2	4
Σ	1	1		2	4	5	5	3	3	53	77
%	1,30	1,30		2,60	5,19	6,49	6,49	3,90	3,90	68,83	100,0
$\bar{Y}$	3,2	3,2		3,2	3,2	3,1	3,2	3,5	2,53	2,06	2,40



Sl. 2: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Vrbas

Fig. 2: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Vrbas

U uzorku konstatovani interval variranja RK od 0,60 do 12,00 mg/l regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa 3,90 do 1,87, a u uzorku je konstatovan interval 3,6 do 1,7.

Bosna

Distribucija frekvencija indeksa saprobiteta u odnosu na različite koncentracije kiseonika u slivu rijeke Bosne (Tabela 3) ukazuje na opšti trend opadanja srednje vrijednosti indeksa saprobiteta sa porastom količine kiseonika u vodi. Iako je rasturanje frekvencija unutar skoro svih klasa saprobiteta dosta veliko ipak se može govoriti o izvjesnoj dominaciji klasa saprobiteta između 1,5 do 2,9, na koje otpada preko 75% od svih frekvencija, kao i o izvjesnoj koncentraciji frekvencija u području većih količina kiseonika (iznad 7 mg/l) što obuhvata blizu 85% od ukupnih frekvencija.

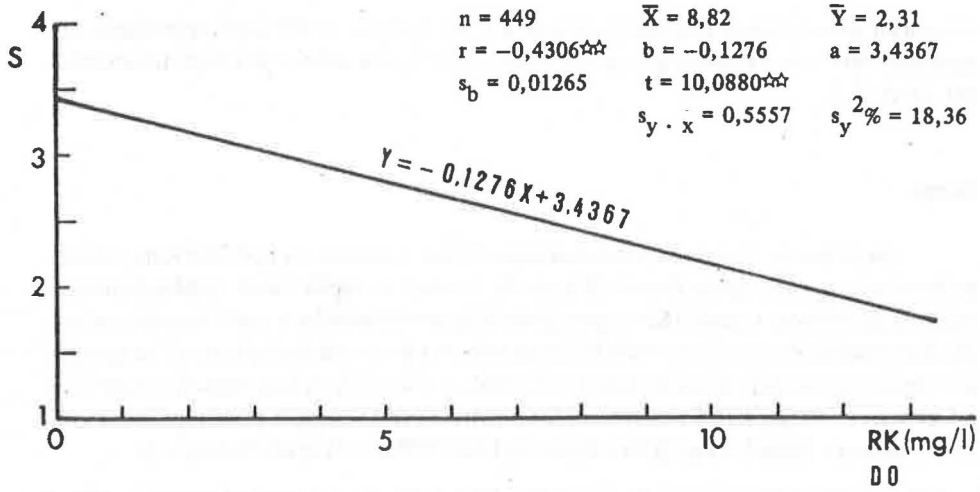
Tab. 3: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Bosne

Tab. 3: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river system of Bosna

„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4					1	1		1	2	35	40
1,5-1,9			1	1	2	3	2	9	19	56	93
2,0-2,4				1		5	3	18	32	73	132
2,5-2,9		1	1	2	1	6	11	23	28	51	124
3,0-3,4		1		1	1	5	6	10	9	8	41
3,5-4,0	1	3		3	2	1	4	2	3	1	20
Σ	1	5	2	8	7	21	26	63	93	224	450
%	0,22	1,11	0,44	1,78	1,56	4,67	5,78	14	20,67	49,78	100,0
$\bar{Y}$	3,75	3,43	2,20	2,97	2,57	2,71	2,84	2,50	2,37	2,08	2,31

Podaci o linearnoj regresiji (Sl. 3) ukazuju da ova veza, saprobnog indeksa (Y) u odnosu na količinu rastovrenog kiseonika (X), nije jaka.

Koeficijent korelacije (r) i koeficijent linearne regresije (b) su negativni i statistički visoko značajni. Uklopljenost linearne regresije, međutim, je mala. Svega 18% varijacije saprobnog indeksa se može pripisati linearnoj regresiji po količini rastvorenog kiseonika. Na osnovu regresije, iz opserviranog intervala variranja količine rastvorenog kiseonika 0,00 do 13,40 mg/l, dobija se procjena intervala saprobnog indeksa 3,44 do 1,73 (Sl. 3), a opservirani interval je bio 4,0 do 1,0.



Sl. 3: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Bosna

Fig. 3: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen DO – Bosna

Drina

Distribucija frekvencija stepena saprobiteta u odnosu na različite koncentracije kiseonika u rijeci Drini (Tabela 4) je dosta specifična. Naime, ovdje dominiraju

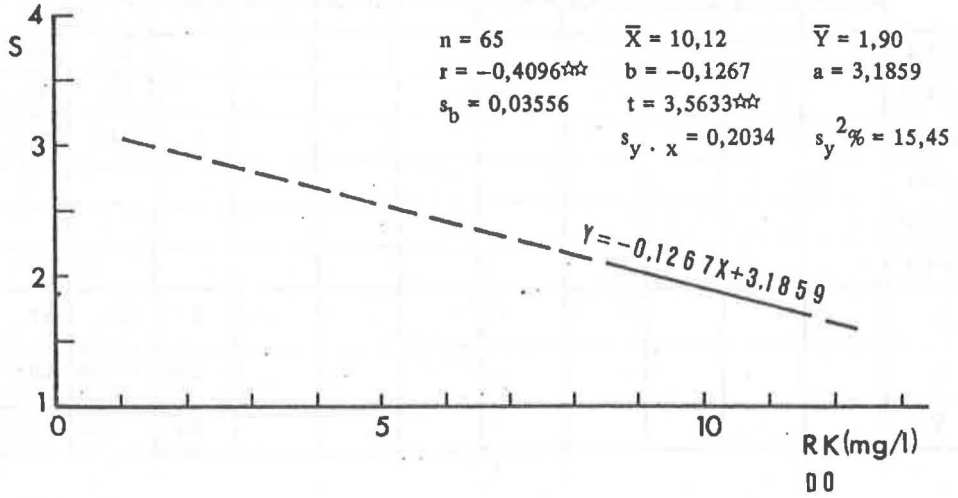
Tab. 4: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Drine

Tab. 4: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river system of Drina

„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4											
1,5-1,9									2	34	36
2,0-2,4									2	27	29
2,5-2,9										1	1
3,0-3,4											
3,5-4,0											
Σ									4	62	66
%									6,09	93,91	100,0
$\bar{Y}$									1,95	1,93	1,93

frekvencije koje se odnose na relativno uski stepen saprobiteta (1,5 do 2,4), koji obuhvata preko 98% od svih frekvencija i one su koncentrisane na količine kiseonika iznad 8 mg/l.

Linearna regresija saprobnog indeksa (Y) na osnovu količine rastvorenog kiseonika (X) računata je na osnovu uskog intervala variranja ovih promjenljivih (Sl. 4).



Sl. 4: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Drina (puna linija u opserviranom intervalu variranja RK)

Fig. 4: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Drina (the full line in the observed range od DO)

Veza je negativna i nije jaka iako su koeficijenti linearne korelacije i regresije statistički visoko značajni. Dio varijacije saprobnog indeksa koji se objašnjava linearnom regresijom po količini rastvorenog kiseonika je mali, 15%. U opserviranom intervalu količine rastvorenog kiseonika regresijom se predviđa interval saprobnog indeksa 2,11 do 1,72, a konstatovani je 2,5 do 1,5.

Neretva i Trebišnjica

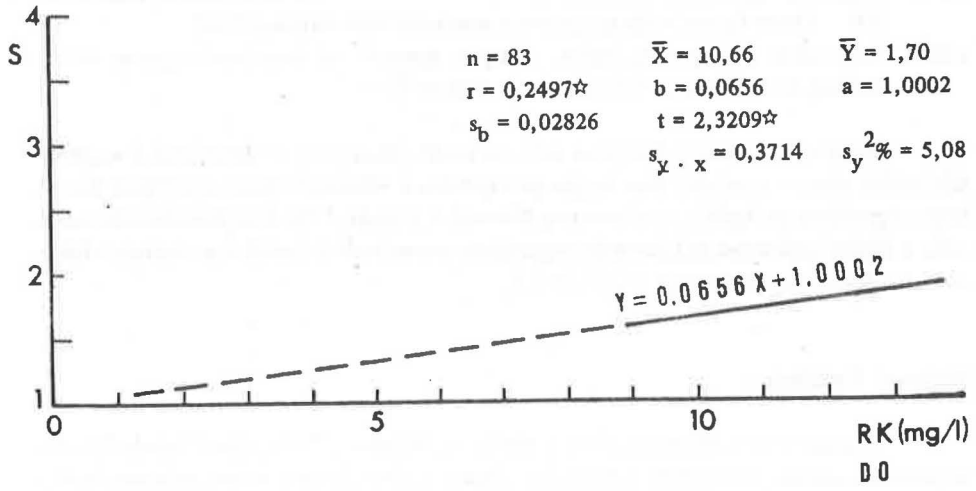
Odnos ispitivanih parametara u rijekama Neretvi i Trebišnjici (Tabela 5) jako je sličan u odnosu konstatovanom u rijeci Drini. Naime, i ovdje su konstatovani samo niži stepeni saprobnog indeksa (1,0 do 2,4) i uz zanemarljivo odstupanje javljaju se u uslovima koncentracije kiseonika iznad 9 mg/l.

Podaci uključeni u izračunavanje linearne korelacije i regresije dali su vezu količine rastvorenog kiseonika (X) i saprobnog indeksa različitu od prethodno analiziranih tokova (Sl. 5).

Tab. 5: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab. 5: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4										25	25
1,5-1,9										32	32
2,0-2,4									2	24	26
2,5-2,9											
3,0-3,4											
3,5-4,0											
Σ									2	81	83
%									2,41	97,59	100,0
$\bar{Y}$									2,2	1,69	1,71



Sl. 5: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Neretva i Trebišnjica

Fig. 5: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Neretva and Trebišnjica

Veza je slaba i to pozitivna. Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) su statistički značajni. Dio varijacije saprobnog indeksa koji se može povezati sa

linearnom regresijom u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika iznosi samo 5%. Ovakav nalaz, pored toga što se dijelom može tražiti u uskom intervalu variranja S i RK, odnosno u njihovoj varijaciji, trebalo bi razmotriti i detaljnijim uvidom u strukturu obrađenog uzorka. Obje tekućice imaju akumulaciona jezera, a u uzorak je uključeno i 24 para podataka proučavanja ovih pokazatelja u Radobolji (izvorište). Konstatovani interval variranja rastvorenog kiseonika od 8,90 do 13,70 mg/l na osnovu regresije daje interval saprobnog indeksa 1,58 do 1,90 što je znatno uže od opserviranog intervala 1,2 do 2,46.

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Na osnovu analize distribucije frekvencija različitog indeksa saprobiteta u odnosu na različite koncentracije kiseonika u svim ispitivanim tokovima kao cjelini (Tabela 6) moguće je uočiti slijedeće karakteristike:

Tab. 6: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivovima rijeka Bosne i Hercegovine

Tab. 6: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to dissolved oxygen in the river systems in Bosnia and Herzegovina

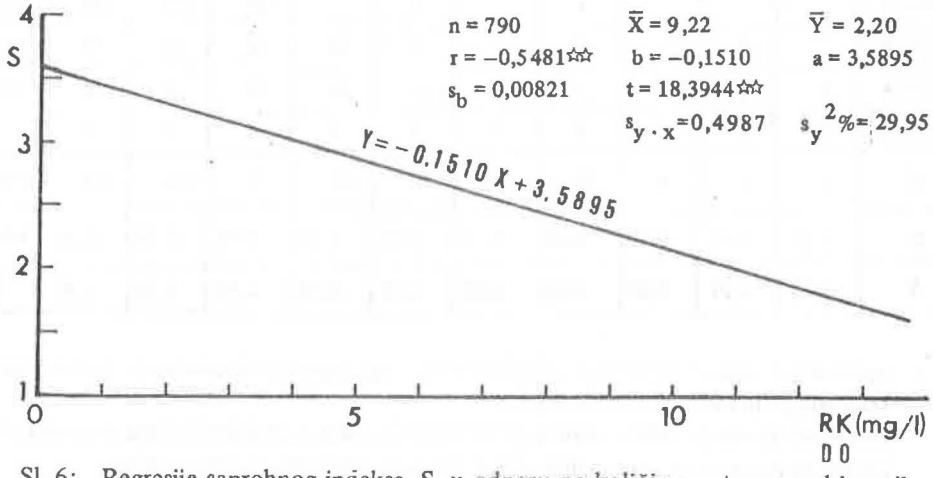
„S" (Y)	O_2 (mg/l)										
	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0	Σ
1,0-1,4					1	1		1	2	62	67
1,5-1,9			1	1	2	3	2	9	21	193	232
2,0-2,4				1		5	5	22	46	173	252
2,5-2,9		2	1	3	2	7	12	24	32	59	142
3,0-3,4	1	4	1	5	7	12	14	11	10	10	75
3,5-4,0	1	3	1	3	2	1	4	4	3	3	25
Σ	2	9	4	13	14	29	37	71	114	500	793
%	0,25	1,13	0,50	1,64	1,77	3,66	4,67	8,95	14,38	63,05	100,0
$\bar{Y}$	3,72	3,27	2,84	3,02	2,85	2,70	2,88	2,53	2,36	1,97	2,20

- opšti trend opadanja srednje vrijednosti indeksa saprobiteta praćen je povećanjem koncentracije rastvorenog kiseonika;
- ostvareno je dosta veliko rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa saprobiteta, pri čemu je rasturanje u pravilu veće u klasama većeg stepena saprobiteta;
- u izvjesnom smislu moguće je govoriti o dominaciji frekvencija koje odgovaraju indeksu saprobiteta između 1,5 do 2,9 na koje otpada oko 80% od ukupnog broja, i o izvjesnoj koncentraciji frekvencija u području većih količina rastvorenog kiseonika (iznad 7 mg/l) što takođe obuhvata oko 80% od ukupnih frekvencija.

Analiza distribucije frekvencija saprobnog indeksa u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika u vodi (praćeno po klasama) u pojedinim tokovima kao i u svim tokovima zajedno ukazuje na određene zajedničke karakteristike kao i na izvjesne osobenosti svojstvene za samo neke od ispitivanih tekućica. Naime, u većini tokova opadanje srednje vrijednosti saprobnog indeksa praćeno je povećanjem koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi, iako se javljaju izvjesna odstupanja u pravilu sa izrazito niskim frekvencijama zbog čega im se ne mora pridavati naročiti značaj. Rasturanje frekvencija unutar pojedinih stepena saprobiteta u pravilu raste sa porastom saprobnog indeksa.

Osobenosti po pojedinim rijekama se naročito manifestuju u apsolutnoj vrijednosti saprobnog indeksa, u dominaciji određenog stepena saprobiteta i u koncentraciji frekvencija na odgovarajuće dijapazone koncentracije kiseonika u vodi. U tom pogledu stanje je slijedeće:

- srednje vrijednosti stepena saprobiteta za sve tokove kao cjelinu je 2,2, pri čemu su odgovarajuće vrijednosti u slivu rijeke Bosne i Vrbasa veće od ove, a u rijekama Uni, Drini i Neretvi niže;
- u razmatranim tokovima kao cjelini najveća je dominacija frekvencija koje odgovaraju stepenu saprobiteta od 1,5 – 2,9 što obuhvata oko 80% svih frekvencija, dok su razlike u pojedinim rijekama u tom pogledu dosta velike. Tako, na primjer, klasa koja odgovara saprobnom indeksu 3,0 – 3,4 u Vrbasu učestvuje u ukupnoj sumi frekvencija sa 25%, u Uni sa 12%, u Bosni sa 9% dok se u Drini i Neretvi uopšte ne javlja;
- koncentracija frekvencija u svim tokovima kao cjelini je opet dosta različita u odnosu na pojedine rijeke. Tako na područje koje odgovara koncentracijama kiseonika iznad 9 mg/l u svim tokovima kao cjelini otpada oko 63%, dotle u rijeci Bosni na ovo područje otpada svega oko 50% a u rijeci Neretvi na ovo područje otpada čak oko 80%.



Sl. 6: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig. 6: Regression of saprobic index, S, upon quantity of dissolved oxygen, DO – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

Objedinjavanjem svih podataka izračunata je regresija (Sl. 6) saprobnog indeksa (Y) na osnovu količine rastvorenog kiseonika (X).

Očekivati je da dominantan uticaj, na zaključak iz zbirnih rezultata, ima stanje ispitivanih područja sliva rijeke Bosne koja je u podacima za izračunavanje parametara regresije zastupljena sa 449 parova podataka od ukupno 790. Koeficijent linearne korelacije je statistički visoko značajan i negativan. Kada se uporedi ovaj koeficijent sa onim kod pojedinih tekućica vidi se da je negativna korelaciona veza ukupnih podataka srednje jaka, nešto jača kod tokova Bosne i Drine, a slabija nego kod tokova Vrbasa i Une. Kod posljednja dva toka jaka negativna korelaciona veza saprobnog indeksa sa količinom rastvorenog kiseonika je posljedica pojave "ugnježđivanja" rezultata u suprotnim područjima od njihovih aritmetičkih sredina: nizak saprobni indeks i visoka količina rastvorenog kiseonika dominirajuća skupina i suprotna nešto manje dominantna skupina opservacija sa visokim saprobnim indeksom i malom količinom rastvorenog kiseonika. Tokovi Neretve i Trebišnjice (objedinjeno) imaju pozitivnu korelacionu vezu S i RK, ali njihovo učešće u ukupnim podacima je malo, pa i uticaj na izračunate pokazatelje. Na osnovu parametara regresije vidi se da Vrbas i Una međusobno imaju više sličnosti, a druga skupina su Bosna i Drina, između njih je regresiona linija ukupnog uzorka vodotokova BiH.

Ukupno konstatovani interval variranja količine rastvorenog kiseonika u vodama Bosne i Hercegovine od 0,00 do 13,70 mg/l regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa od 3,59 do 1,52, a opservirani "S" je bio 4,0 do 1,0. Izuzev vodotoka Vrbasa, u pojedinačnim vodotocima, kao i u vodotocima Bosne i Hercegovine zajedno, regresijom procjenjeni interval saprobnog indeksa, na osnovu opserviranog intervala količine rastvorenog kiseonika, je uži od opserviranog. Jedino regresiona linija izračunata za Vrbas daje mogućnost pojave "S" = 4. Količine rastvorenog kiseonika koje na regresijonim linijama procjenjuju "S" = 1 su veće od najveće opsevirane (13,70 mg/l), ako se izuzme regresiona linija Neretve i Trebišnjice koja je u posmatranom području dala pozitivnu vezu saprobnog indeksa sa količinom rastvorenog kiseonika (Sl. 1 do 6). Količine rastvorenog kiseonika, iz tih regresija koje korespondiraju saprobnom indeksu 1 su između 15,85 i 19,10, odnosno za vodotoke BiH zajedno ta vrijednost je 17,15 mg/l, što bi podrazumijevalo visoku i nerealnu prezasićenost vode rastvorenim kiseonikom. Poređenje graničnih vrijednosti količine rastvorenog kiseonika koje odgovaraju granicama stupnjeva saprobiteta:

	Rastvoreni kiseonik (mg/l)			
Y: – regresija vodotoci	14,40	7,22	0,59	
BiH ukupno	13,00	5,41	–2,48	
– minimalna vrijednost (regresija toka)	(Una)	(Drina)	(Drina)	
Saprobni indeks	1,5	2,5	3,5	
Saprobni stepen	oligo–s.	beta–m.s.	alfa–m.s.	poli–s,
Rastvoreni kisik (mg/l)	6	4	2	
Sladeček (1965, 1973)	6	4	3	
Tumpling (1968) ("S")	(1,75)		(3,25)	

ukazuju u prvom redu na razlike uopštavanja baziranih na različitim izvorima podataka (različiti tokovi u Bosni i Hercegovini, Neretva i Trebišnjica su izuzete iz pregleda). Sladeček (1965, 1973) i Tumpling (1968) daju donje vrijednosti rastvorenog kiseonika za pojedine saprobne stupnjeve, odnosno odgovarajuće najveće saprobne indekse. Pomak u količinama rastvorenog kiseonika između tih graničnih vrijednosti RK je manji nego što je dat na osnovu linija regresije u vodotocima BiH. Objašnjenje male promjene saprobnog indeksa u vezi sa promjenom količine rastvorenog kiseonika (nizak regresioni koeficijent, b apsolutno od 0,0656 do 0,1784) može se tražiti u osobenostima tokova pojedinih rijeka i ukupnog područja. U nizu faktora pretpostavlja se i uticaj dominantno turbulentnog strujanja vode u zoni ritrona kojoj pripada najveći dio ispitivanih tokova. Sistematsko odstupanje rubnih vrijednosti saprobnog indeksa kod svih regresija upućuje na mogućnost postojanja krivolinijske veze sa količinom rastvorenog kiseonika. Na to upućuju i razlike među regresionim koeficijentima tokova sa različitim intervalima saprobnog indeksa i količine rastvorenog kiseonika.

3.1.2. Saprobni indeks i zasićenje vode kiseonikom

Zasićenost (saturacija) vode kiseonikom, zajedno sa aktuelnom količinom rastvorenog kiseonika, direktni je pokazatelj ekonomije toga ekološki važnoga gasa u vodi. Vrijednosti zasićenja, za razliku od aktuelne količine, iskazuju uticaj temperature na bilans kiseonika u vodi što je za saprobiološka razmatranja vrlo važan podatak. U okviru provedenih ispitivanja vrijednosti zasićenja vode kiseonikom su podijeljene u klase sa određenim intervalima i frekvencije njihove pojave u odnosu na klase saprobnog indeksa su tabelirane (Tabele 7–12). Za svaku klasu zasićenja kiseonikom izračunata je srednja vrijednost "S" koja je označena sa $\overline{Y}$. Takođe su izračunati kvantitativni pokazatelji linearne veze saprobnog indeksa u odnosu na procenat zasićenosti vode sa rastvorenim kiseonikom. (Sl. 7–11)

Una

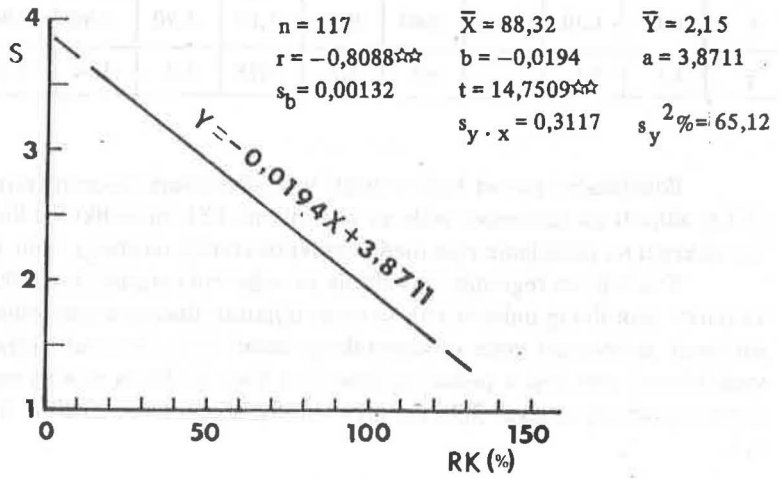
Distribucija frekvencija različitog indeksa saprobiteta u odnosu na različite stepene zasićenosti vode kiseonikom u rijeci Uni (Tabela 7) ukazuje da je najniža srednja vrijednost saprobnog indeksa pri najvećem stepenu zasićenosti (preko 90%) sa naglašenim trendom rasta u slučajevima niže zasićenosti vode kiseonikom. Ta pravilnost je naročito dobro izražena unutar klasa nižeg saprobnog indeksa, dok je unutar klasa većeg saprobnog indeksa rasturanje frekvencija veće i pravilnosti u odnosima skoro da i nema.

Pokazatelji o linearnoj regresiji (Sl. 7) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X) ukazuju na postojanje veze. Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) statistički su visoko značajni i negativni. Oko 69% varijacije saprobnog indeksa može se povezati sa linearnom regresijom po procentu zasićenosti vode sa rastvorenim kiseonikom. Konstatovani interval procenta rastvorenog kiseonika 13 do 120 regresijom bi procjenjivao interval saprobnog indeksa 3,62 do 1,54. U odnosu na opservirani interval 3,5 do 1,4 regresijom se procjenjuje veća gornja, a i donja granica saprobnog indeksa.

Tab. 7: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Une

Tab. 7: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Una

„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4										2	2
1,5-1,9									1	45	46
2,0-2,4							1	5	9	26	41
2,5-2,9		1			2		1	1	5	2	12
3,0-3,4		2	1	2	2	3	2	1	1	1	15
3,5-4,0			1								1
Σ		3	2	2	4	3	4	7	16	76	117
%		2,56	1,71	1,71	3,42	2,56	3,42	5,98	13,68	64,96	100,0
$\bar{Y}$		3,03	3,47	3,20	2,95	3,2	2,82	2,41	2,11	1,88	2,16



Sl. 7: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Una

Fig. 7: Regression of saprobic index, S, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Una

Vrbas

U rijeci Vrbas (Tabela 8) najniža srednja vrijednost saprobnog indeksa konstatovana je u klasi najveće zasićenosti kiseonikom i odnosi se na blizu 70% ukupnih frekvencija, pri čemu dominira saprobnost 1,5 i 2,4. Unutar klase većeg saprobnog indeksa, naprotiv, prije je izražen suprotan odnos pri čemu je i rasturanje frekvencija veliko, a njihove apsolutne vrijednosti dosta netipične.

Tab. 8: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Vrbasa
Tab. 8: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Vrbas

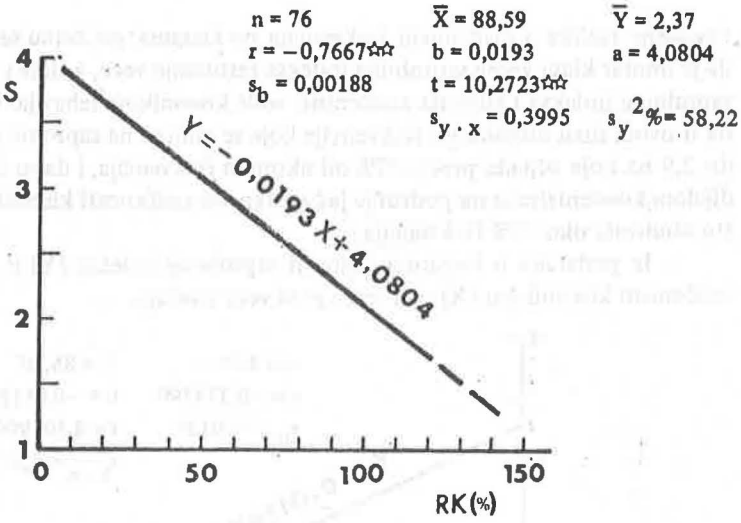
„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4											
1,5-1,9										26	26
2,0-2,4										23	23
2,5-2,9						1				4	5
3,0-3,4	1	1		2	7	3	3	1	1		19
3,5-4,0								2	2		4
Σ	1	1		2	7	4	3	3	3	53	77
%	1,30	1,30		2,60	9,09	5,19	3,90	3,90	3,90	68,83	100,0
$\bar{Y}$	3,2	3,2		3,2	3,2	2,95	3,2	3,52	3,57	1,80	2,39

Pojedinačni parovi koji su uzeti u izračunavanje regresije saprobnog indeksa (Y) u odnosu na zasićenost vode sa kiseonikom (X), za razliku od klasiranih podataka, ukazuju na postojanje veze među ovim pokazateljima stanja vode. (Sl. 8)

Koeficijenti regresije i korelacije su negativni i statistički visoko značajni. Dio varijacije saprobnog indeksa koji se može objasniti linearnom regresijom u odnosu na procenat zasićenosti vode sa kiseonikom iznosi 58%. Interval varijacije zasićenosti vode kiseonikom koji u podacima iznosi od 6 do 120% na osnovu regresije daje procjenu saprobnog indeksa 3,96 do 1,77 (Sl. 8), a opservirani "S" je bio između 3,6 i 1,7.

Bosna

U praćenju ovih parametara u slivu rijeke Bosne (Tabela 9) zapažen je opšti trend opadanja srednje vrijednosti saprobnog indeksa sa porastom stepena zasićenosti vode kiseonikom. Iako je rasturanje frekvencija, uzeto u cjelini, dosta veliko ipak su



Sl. 8: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Vrbas (puna linija u opserviranom intervalu variranja RK (%)

Fig. 8: Regression of saprobic index, S, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Vrbas (the full line in the observed range of DO (%)

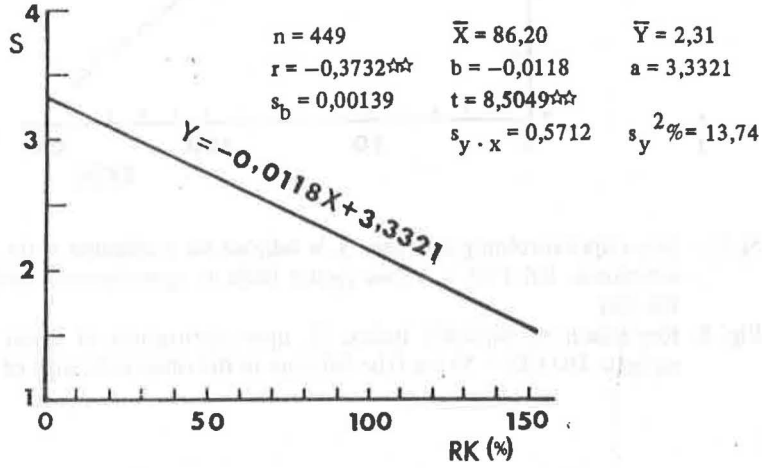
Tab. 9: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Bosne

Tab. 9: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Bosna

„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4						1	1		5	33	40
1,5-1,9						2	2	6	23	61	94
2,0-2,4					1	1	6	13	28	82	131
2,5-2,9		1	1	2	3	4	13	15	39	46	124
3,0-3,4		1		1	1	6	5	11	10	5	40
3,5-4,0	1	3		3	2	2	3	3	2	1	20
Σ	1	5	1	6	7	16	30	48	107	228	449
%	0,22	1,11	0,22	1,34	1,56	3,56	6,68	10,69	23,83	50,78	100,0
Ȳ	3,75	3,43	2,7	3,31	3,00	2,76	2,67	2,62	2,35	1,99	2,30

naglašene razlike u distribuciji frekvencija po klasama, pri čemu se očituje pravilnost da je unutar klasa većeg saprobnog indeksa rasturanje veće, a time i opšta veza odnosa saprobnog indeksa i stepena zasićenosti vode kiseonikom labavija. Uz to treba dodati da u ovom slivu dominiraju frekvencije koje se odnose na saprobni indeks između 1,5 do 2,9 na koje otpada preko 77% od ukupnih frekvencija, i da su frekvencije dobrim dijelom koncentrisane na područje jačeg stepena zasićenosti kiseonikom (iznad 81%), što obuhvata oko 75% frekvencija.

Iz podatka o linearnoj regresiji saprobnog indeksa (Y) u odnosu na stepen zasićenosti kiseonikom (X) vidi se da je ta veza značaja.



Sl. 9: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Bosna

Fig. 9: Regression of saprobic index, S, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Bosna

Koeficijent linearne korelacije (r) i regresioni koeficijent su negativni i statistički visoko značajni. Mali procenat varijacije saprobnog indeksa (14%) i niska apsolutna vrijednost koeficijenta linearne korelacije ukazuju na labavu vezu sa procentom zasićenja vode kiseonikom. Interval variranja ovog procenta od 0 do 152 (Sl. 9), koliko je konstatovano prema korištenim izvorima podataka, regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa od 3,33 do 1,53, a opserviran je ukupno mogući interval 4 do 1.

Drina

Iako je ukupan broj proba na osnovu kojih je praćena distribucija frekvencija različitog stepena saprobiteta u odnosu na stepen zasićenosti vode kiseonikom u rijeci Drini (Tabela 10) ipak se nameće jedan opšti zaključak da su ovdje dominantni niski indeksi saprobiteta (praktično između 1,5 do 2,4 saprobnog indeksa) i da su sa preko 90% slučajeva nađeni u vodi čiji je procenat zasićenosti kiseonikom veći od 90.

Na osnovu raspoloživih podataka izračunati su pokazatelji linearne regresije saprobnog indeksa (Y) po procentu zasićenosti vode kiseonikom (X):

$n = 65$ $\bar{X} = 96,74$ $\bar{Y} = 1,90$

$r = -0,1096^{-}$ $b = -0,0049$ $a = 2,3731$

$s_b = 0,00555$ $t = 0,8751^{-}$

Nije ustanovljena statistički značajna veza među ovim pokazateljima stanja vode. Opservirani interval zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom je 88–110%, a saprobnog indeksa 1,5 – 2,5.

Tab.10: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Drine

Tab.10: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Drina

„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4											
1,5-1,9									4	31	35
2,0-2,4									2	28	30
2,5-2,9										1	1
3,0-3,4											
3,5-4,0											
Σ									6	60	66
%									9,09	90,90	100,0
$\bar{Y}$									1,87	1,95	1,94

Neretva i Trebišnjica

Distribucija frekvencija saprobnog indeksa u rijeci Neretvi sa Trebišnjicom je ograničena na područje variranja zasićenosti vode kiseonikom iznad 80% (Tabela 11), pri čemu se čak preko 93% frekvencija javlja u području zasićenosti kiseonikom iznad 90%. Sve to ukazuje na malo rasturanje frekvencija kako unutar pojedinih klasa saprobnog indeksa tako i u ovim rijekama kao cjelini.

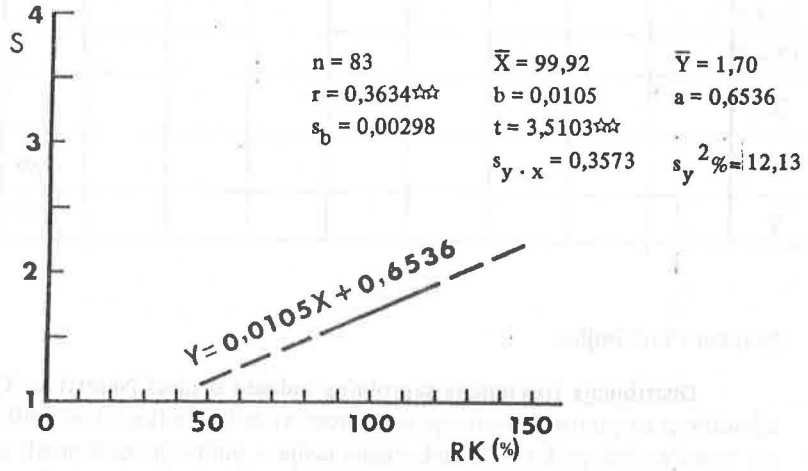
Podaci o liniji regresije (Sl. 10) ukazuju na postojanje veze između saprobnog indeksa (Y) i procenta zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom (X).

Kao i u slučaju količine rastvorenog kiseonika i regresija saprobnog indeksa u odnosu na zasićenost vode kiseonikom ima pozitivan regresioni koeficijent, suprotno nalazima za ostale tokove i suprotno očekivanom opštem odnosu ovih pokazatelja stanja vode. Veza nije jaka: mali je koeficijent linearne korelacije (ali statistički viso-

Tab.11: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab.11: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4										25	25
1,5-1,9									4	29	33
2,0-2,4									2	23	25
2,5-2,9											
3,0-3,4											
3,5-4,0											
Σ									6	77	83
%									7,23	92,77	100,0
$\bar{Y}$									1,87	1,69	1,7



Sl. 10: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Neretva i Trebišnjica

Fig.10: Regression of saprobic index, S, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Neretva and Trebišnjica

kao značajan) i mali dio varijacije saprobnog indeksa je povezan sa regresijom (12%). Opservirani interval procenta zasićenja vode sa kiseonikom od 84 do 121 regresijom

daje procjenu saprobnog indeksa od 1,53 do 1,92, a opservirani interval je 1,2 do 2,46.

Ovakav oblik veze saprobnog indeksa sa stepenom zasićenja vode sa kiseonikom može biti samo poseban sluačj i vezan samo za uži interval variranja ovih činilaca.

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Na osnovu analize distribucije frekvencija različitog indeksa saprobiteta u odnosu na različite nivoe zasićenosti vode kiseonikom u svim analiziranim tokovima uzetim kao cjelina (Tabela 12) mogu se zapaziti slijedeće karakteristike:

- gotovo apsolutna pravilnost u trendu rasta srednje vrijednosti indeksa saprobiteta sa opadanjem stepena zasićenosti vode kiseonikom,
- rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa saprobiteta opada sa intenzitetom saprobnosti (najveće je u okviru klase 3,5 do 4,0 a najmanje unutar klase 1,0 do 1,4),
- područje dominacije frekvencija odnosi se na stepene saprobiteta između 1,5 do 2,9 indeksa saprobnosti što obuhvata oko 80% od svih frekvencija, a što se tiče stepena zasićenosti vode kiseonikom mogu se izdvojiti dvije kolone koje se odnose na područje iznad 80% zasićenosti u okviru kojeg pada oko 80% frekvencija.

Analiza distribucije frekvencija stepena saprobiteta u odnosu na stepen zasićenosti vode kiseonikom (izražen u %) ukazuje uglavnom na iste zakonitosti odnosa ovih parametara kao i u slučaju odnosa saprobnog indeksa prema količini rastvorenog kiseo-

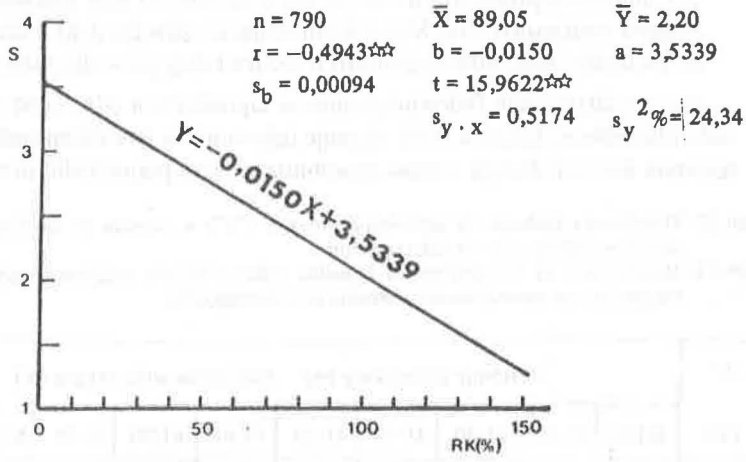
Tab.12: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini

Tab.12: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to saturation of water with oxygen in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„S"	Zasićenje kiseonikom (%) Saturetion with oxygen (%)										
(Y)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	> 90	Σ
1,0-1,4						1	1		5	60	67
1,5-1,9						2	2	6	32	192	234
2,0-2,4					1	1	7	18	41	182	250
2,5-2,9		2	1	2	5	5	14	16	44	53	142
3,0-3,4	1	4	1	5	10	12	10	13	12	6	74
3,5-4,0	1	3	1	3	2	2	3	5	4	1	25
Σ	2	9	3	10	18	23	37	58	138	494	792
%	0,25	1,14	0,38	1,26	2,27	2,90	4,67	7,32	17,42	62,37	100,0
$\bar{Y}$	3,47	3,27	3,21	3,26	3,07	2,88	2,74	2,64	2,34	1,96	2,20

nika. Izvjesne neznatne razlike se javljaju po osnovi apsolutne nepodudarnosti klasa koje odražavaju količinu kiseonika u vodi, odnosno stepena zasićenosti vode kiseonikom.

Regresija saprobnog indeksa (Y) u odnosu na stepen zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom (X), računata na osnovu podataka svih posmatranih tekućica Bosne i Hercegovine (Sl. 11), ukazuje na značajnu linearnu vezu ovih promjenljivih. Koeficijent linearne korelacije je statistički visoko značajan i negativan. Na osnovu njegove veličine vidi se da je korelacija različito izražena u različitim tokovima. Čvrstina veze je najveća kod vodotoka Une zatim slijedi Vrbas, ukupno vodotoci BiH i Bosna. U vodotoku Drine nije konstatovana statistički značajna veza, a Neretva sa Trebišnjicom ima pozitivnu vezu saprobnog indeksa sa procentom zasićenja vode sa rastvorenim kiseonikom. Uklopljenost regresije vodotoka Bosne i Hercegovine je manja nego za vodotok Une i Vrbasa, a veća nego kod ostalih pojedinačnih vodotoka. Regresijom objašnjeni dio varijacije saprobnog indeksa iznosi 24%. Ukupno konstatovani interval variranja zasićenja vode rastvorenim kiseonikom je od 0 do 152%. Ovaj interval regresijom daje procjenu intervala variranja saprobnog indeksa od 3,53 do 1,25 što je nešto uže od mogućeg i opserviranog intervala 4 do 1.



Sl. 11: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig. 11: Regression of saprobic index, S, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – the river systems of Bosna and Hercegovina together

Procjenama saprobnog indeksa 4 i 1 na regresiji vodotoka Bosne i Hercegovine odgovarale bi vrijednosti zasićenja kiseonikom – 31 i 169% koje su jasno nerealne. Slična situacija u procjeni krajnjih vrijednosti saprobnog indeksa regresijom na osnovu zasićenja vode kiseonikom je i kod regresija izračunatih za pojedinačne vodotoke (Sl. 7 do 10). Najbliže realnim mogućnostima su krajnje procjene iz regresije vodotoka Vrbasa i Une. Nešto povoljnija predviđanja su u užem području što se vidi iz procenta zasićenja vode kiseonikom koji procjenjuju saprobni indeks na granicama stupnjeva saprobiteta:

RK (%)			
Y: – regresija vodotoci			
BiH ukupno	135,99	68,92	2,25
– minimalna vrijednost	122,30	70,52	–14,23
(regresija toka)	(Una)	(Bosna)	(Bosna)
Saprobni indeks	1,5	2,5	3,5

Saprobni stepen	oligo–s.	beta–m.s.	alfa–m.s.	poli–s.
Sladeček (1965)				
RK (%)	50	40	20	
Tumpling (1968)				
RK (%)	70	30		
"S"	(1,75)	(3,25)		

Ta predviđanja daju manji porast saprobnog indeksa u vezi sa povećanjem zasićenosti kiseonikom nego što bi proisticalo iz nekih definisanih vrijednosti procenta zasićenja vode kiseonikom vezanih za određene saprobne indekse (Tumpling 1968). Sladeček (1965) i Tumpling (1968) daju veću graničnu vrijednost procenta zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom između alfa-mezosaprobnog i polisaprobnog stupnja. Nasuprot tome, donja vrijednost zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom oligosaprobnog i beta-mezosaprobnog stupnja, prema ovim autorima, je znatno manja nego prema procjenama na osnovu regresija vodotoka Bosne i Hercegovine. Objašnjenja bi uglavnom odgovarala onim datim u vezi sa količinom rastvorenog kiseonika, s tim što se tu upliću i temperaturne odlike ispitivanih vodotoka.

3.1.3. Saprobni indeks i potrošnja kiseonika iz $KMnO_4$

Potrošnja kiseonika iz $KMnO_4$ determiniše količinu tim putem hemijski oksidabilnih organskih materija u vodi. To je dostupan i široko primijenjivan metod za određivanje količine zagađujućih organskih materija. Zbog toga je utvrđivanje odnosa ovog pokazatelja prema biološkim parametrima kvaliteta vode vrlo značajno za saprobiološku praksu i za teorijske analize u toj oblasti. Za potrebe provedenih analiza vrijednosti utroška kiseonika iz $KMnO_4$ su podijeljene u klase sa određenim intervalima i frekvencije njihove pojave u odnosu na klase saprobnog indeksa su tabelirane (Tabele 13–18). Za svaku klasu utroška kiseonika iz $KMnO_4$ izračunata je srednja vrijednost "S" koja je označena kao $\bar{Y}$. Linije regresije saprobnog indeksa u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ računata je po pojedinim tokovima i ukupno za vodotoke Bosne i Hercegovine na osnovu parova izvornih (neklasiranih) podataka. (Sl. 12–17).

Una

U rijeci Uni (Tabela 13) zapaža se jasna pravilnost u porastu srednje vrijednosti indeksa saprobnosti sa porastom potrošnje $KMnO_4$ unutar nižih vrijednosti $KMnO_4$ čime je obuhvaćeno preko 80% od ukupnih frekvencija, pri čemu su najveće učešće imale klase saprobiteta između 1,5 do 2,4. Rasturanje frekvencija je naročito veliko pri srednjem stepenu saprobiteta (između 2,0 do 3,4).

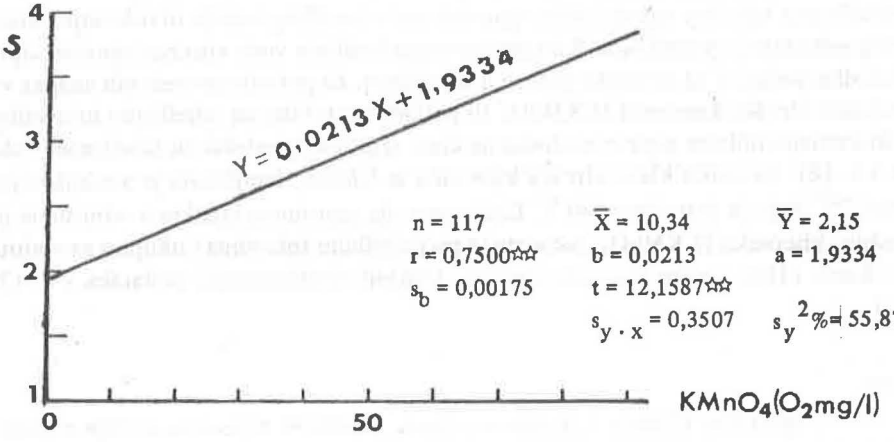
Podaci o liniji regresije saprobnog indeksa (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KKnO_4$ (X) ukazuju na postojenje veze.

Koeficijent korelacije i regresioni koeficijent su statistički značajni. Oko 56% varijacije saprobnog indeksa je povezano sa regresijom u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$. Interval variranja potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ u korištenim podacima je 0,35 do 90,80 mg/l (Sl. 12) što daje procjenu intervala saprobnog indeksa 1,94 do 3,87. I gornja i donja granica regresijom procijenjenog intervala su više od opserviranih 1,4 do 3,5.

Tab.13: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Une

Tab.13: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Una

„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(Y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4	2									2
1,5-1,9	41	5								46
2,0-2,4	17	9	7	3	1		1	2	1	41
2,5-2,9			2	1	2	1	1	3	2	12
3,0-3,4		1		2	2	2		1	7	15
3,5-4,0									1	1
Σ	60	15	9	6	5	3	2	6	11	117
%	51,28	12,82	7,69	5,13	4,27	2,56	1,71	5,13	9,40	100,0
$\bar{Y}$	1,82	2,1	2,31	2,62	2,80	2,87	2,45	2,61	3,07	2,18



Sl. 12: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Una

Fig.12: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Una

Vrbas

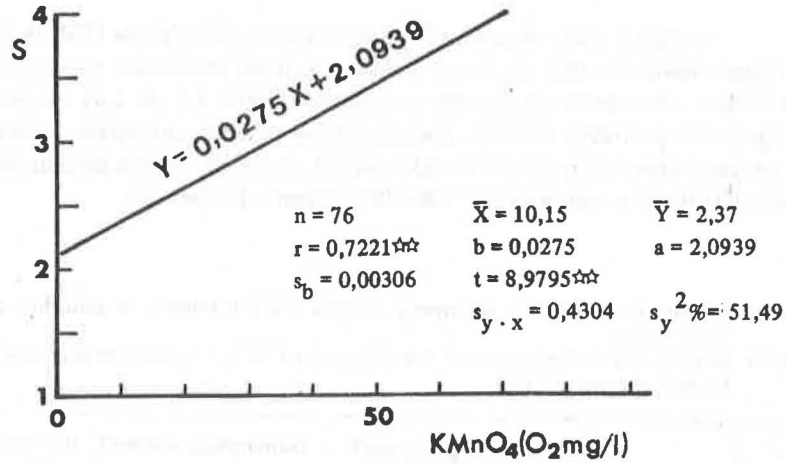
U opštoj slici odnosa ovih parametara u rijeci Vrbasu (Tabela 14) zapaža se izvjesni diskontinuitet, pri čemu u području nižih vrijednosti potrošnje $KMnO_4$ dominiraju niži indeksi saprobiteta (uglavnom između 1,5 do 2,4) a u području većih vrijednosti potrošnje $KMnO_4$ dominiraju viši indeksi saprobiteta. Gledano u cjelini, rasturanje frekvencija je dosta veliko tako da se skoro nikakva zakonitost ne bi mogla izdvojiti što bi se odnosilo na preko 70% ukupnih frekvencija.

Tab.14: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Vrbasa
Tab.14: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consuption of $KMnO_4$ in the river system of Vrbas

„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(Y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4										
1,5-1,9	22	2	1							25
2,0-2,4	18	5	1							24
2,5-2,9	4					1				5
3,0-3,4				3	2	3	1	1	9	19
3,5-4,0								2	2	4
Σ	44	7	2	3	2	4	1	3	11	77
%	57,14	9,09	2,60	3,90	2,60	5,19	1,30	3,90	14,29	100,0
$\bar{Y}$	2,00	2,06	1,95	3,20	3,20	3,07	3,2	3,57	3,3	2,40

Regresija saprobnog indeksa (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X) ukazuje na postojanje značajne linearne veze.

Koeficijenti korelacije i regresije su statistički visoko značajni. Procenat varijacije saprobnog indeksa koji je povezan sa linijom regresije je 51. Interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ koji je prema podacima opserviran u vodotoku Vrbasa 0,84 do 90,80 mg/l, regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa od 2,12 do 4,59 (Sl. 13), što je pomjereno ka većim vrijednostima od opserviranog intervala 1,7 do 3,6.



Sl. 13: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Vrbas

Fig.13: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Vrbas

Bosna

Stanje odnosa ovih parametara u slivu rijeke Bosne (Tabela 15) ukazuje da je opšti trend rasta srednjih vrijednosti saprobnog indeksa praćen rastom potrošnje $KMnO_4$, a da je istovremeno najveća koncentracija frekvencija u ovoj rijeci ostvarena u relativno uskom dijapazonu variranja potrošnje $KMnO_4$ između 0,0 do 7,5 (preko 80% od svih frekvencija) i da je najviše zastupljena saprobnost između 1,5 do 2,9 (preko 75% od svih frekvencija). Pravilnost u odnosu praćenih parametara očito opada sa porastom stepena saprobiteta u ovom slivu.

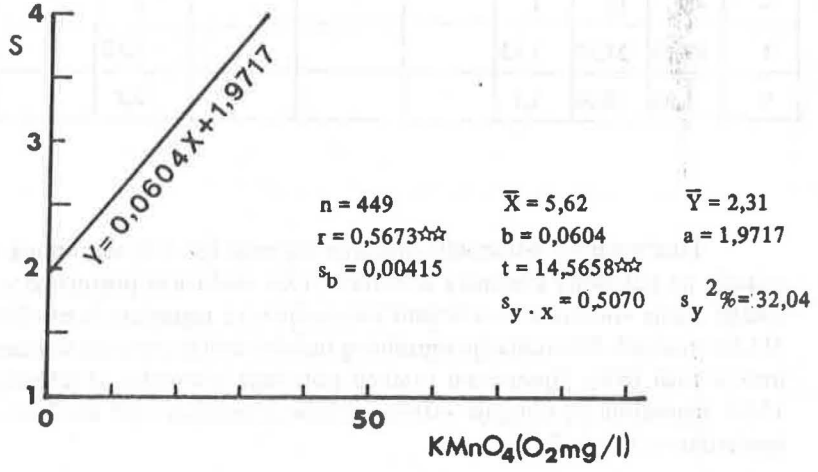
Linija regresije saprobnog indeksa (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X), iako obuhvata samo dio opserviranih vrijednosti potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$, odnosno saprobnog indeksa, ipak na osnovu izračunatih pokazatelja ukazuje na postojanje veze među ovim promjenljivim. (Sl. 14)

Koeficijent linearne korelacije (r) i koeficijent linearne regresije (b) su statistički značajni. Svega 32% varijacije saprobnog indeksa je povezano sa regresijom. Opservirani interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,20 do 47,68 regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa od 1,98 do 4,85 što je pomjereno ka višem nivou u odnosu na opservirani interval 1,0 do 4,0.

Tab.15: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Bosne

Tab.15: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Bosna

„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(Y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4	40									40
1,5-1,9	42	49	3							94
2,0-2,4	25	67	26	11	2				1	132
2,5-2,9	5	53	34	15	6	6	1	3		123
3,0-3,4		6	14	6	3	7	3	1	1	41
3,5-4,0		2	3	3		3		3	6	20
Σ	112	177	80	35	11	16	4	7	8	450
%	24,89	39,33	17,78	7,78	2,44	3,56	0,89	1,56	1,78	100,0
$\bar{Y}$	1,67	2,26	1,88	2,72	2,95	3,12	3,07	3,22	3,49	2,30



Sl. 14: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Bosna

Fig.14: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Bosna

Drina

U rijeci Drini (Tabela 16) sa neznatnim odstupanjima može se govoriti o dominaciji klase saprobiteta od 1,5 do 2,4 te o odgovarajućoj koncentraciji frekvencija na područje niskih vrijednosti potrošnje $KMnO_4$. Iako je u ovom slučaju u pitanju relativno mali broj uzoraka, ipak ova zakonitost u odnosu na stepen saprobiteta prema potrošnji $KMnO_4$ može služiti kao okvirna karakteristika ove rijeke i njenog mjesta u kontekstu ispitivanih tokova u Bosni i Hercegovini.

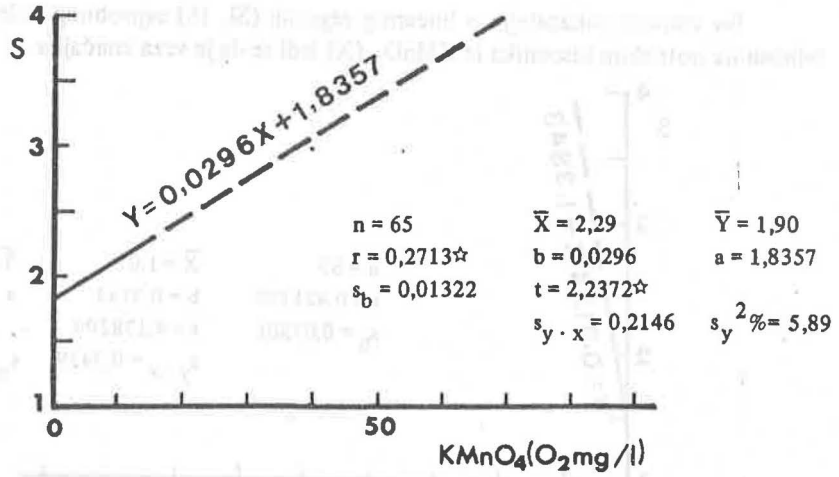
Tab.16: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Drine
Tab.16: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Drina

„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(Y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4										
1,5-1,9	28	6	1							35
2,0-2,4	18	11					1			30
2,5-2,9		1								1
3,0-3,4										
3,5-4,0										
Σ	46	18	1				1			66
%	69,70	27,27	1,52				1,52			100,0
$\bar{Y}$	1,90	2,06	1,7				2,2			1,94

Izračunati su pokazatelji linearne regresije (Sl. 15) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X). Uočava se postojanje veze ovih pokazatelja stanja vodotoka. Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) statistički su značajni. Dio varijacije saprobnog indeksa koji je povezan sa linearnom regresijom je mali (6%). Opservirani interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,32 do 15,84 regresijom procjenjuje raspon saprobnog indeksa 1,85 do 2,30, što je uže od opserviranog 1,5 do 2,5.

Neretva i Trebišnjica

Najtipičnija karakteristika distribucije frekvencija saprobnog indeksa u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u rijekama Neretvi i Trebišnjici (Tabela 17) je u tome što je izražena jasna koncentracija frekvencija na izuzetno usko područje dijapazona po-



Sl. 15: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Drina (puna linija u opserviranom intervalu variranja potrošnje kiseonika)

Fig.15: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Drina (the full line in the observed range of oxygen consumption)

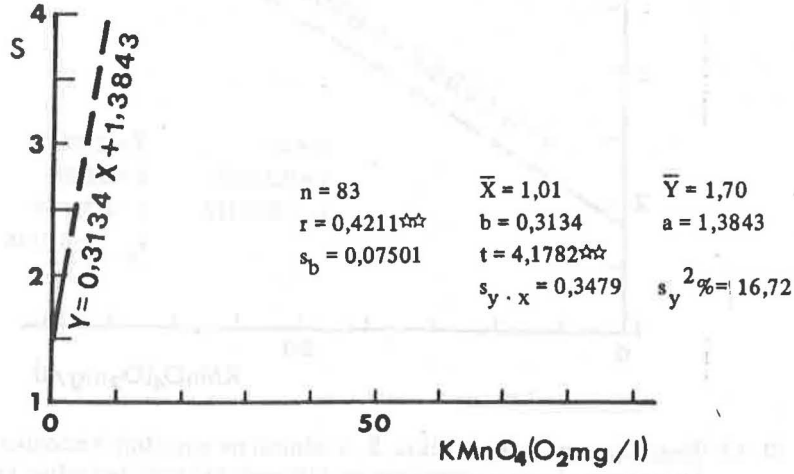
Tab.17: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab.17: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Neretva and Trebišnjica

„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4	25									25
1,5-1,9	31	2								33
2,0-2,4	22	3								25
2,5-2,9										
3,0-3,4										
3,5-4,0										
Σ	78	5								83
%	93,98	6,02								100,0
$\bar{Y}$	1,68	2,00								1,70

trošnje $KMnO_4$ (od 0,0 do 5,0), pri čemu se javljaju isključivo niži indeksi saprobiteta unutar klase od 1,0 do 2,4.

Na osnovu pokazatelja o linearnoj regresiji (Sl. 16) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X) vidi se da je veza značajna.



Sl. 16: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Neretva i Trebišnjica (puna linija u opserviranom intervalu variranja potrošnje kiseonika, početni dio linije)

Fig.16: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Neretva and Trebišnjica (the full line in the observed range of oxygen consumption, start of the line)

Koeficijent regresije (b) i korelacije (r) su statistički visoko značajni. Dio varijacije saprobnog indeksa koji je povezan sa linearnom regresijom u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ relativno je mali (17%). Interval podataka o potrošnji kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,30 do 2,60 daje iz regresije procjenu intervala saprobnog indeksa od 1,48 do 2,20, što je uže od opserviranog intervala, 1,2 do 2,46.

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Na osnovu analize distribucije frekvencija različitih saprobnih indeksa u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ u ispitivanim tokovima u cjelini (Tabela 18) mogu se izdvojiti slijedeće karakteristike:

- opšti trend rasta srednje vrijednosti indeksa saprobiteta praćen je porastom potrošnje $KMnO_4$ u što se uklapa preko 90% od ukupnih frekvencija,
- ukupno rasturanje frekvencija je dosta veliko, a naročito kod viših stepena saprobiteta (iznad 1,9),
- zapaža se jasna dominacija srednjih klasa saprobiteta (između 1,5 do 2,9) na koje otpada preko 78% od ukupnog broja frekvencija,
- najveći broj frekvencija koncentrisan je na područje nižih vrijednosti potrošnje $KMnO_4$ od 0,0 do 7,5 na što otpada preko 80% ukupnih frekvencija.

Tab.18: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini

Tab.18: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river systems in Bosnia and Herzegovina

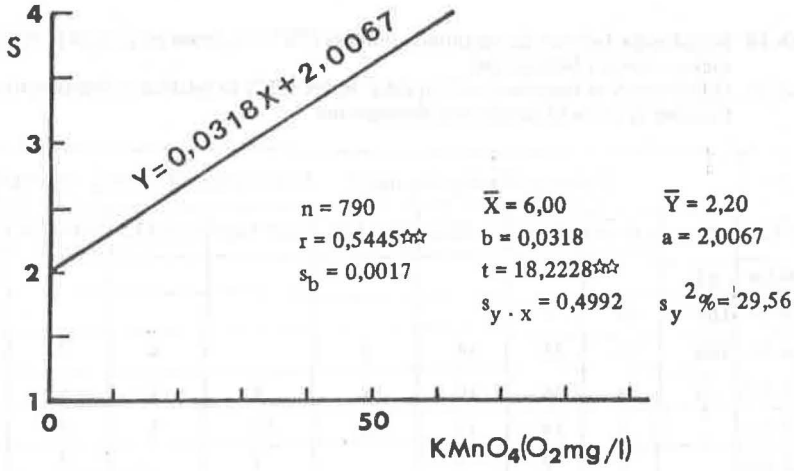
„S"	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(Y)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
1,0-1,4	67									67
1,5-1,9	164	64	5							233
2,0-2,4	100	95	34	14	3		2	2	2	252
2,5-2,9	9	54	36	16	8	8	2	6	2	141
3,0-3,4		7	14	11	7	12	4	3	17	75
3,5-4,0		2	3	3		3		5	9	25
Σ	340	222	92	44	18	23	8	16	30	793
%	42,88	28,00	11,60	5,55	2,27	2,90	1,00	2,00	3,78	100,0
$\bar{Y}$	1,77	2,22	2,57	2,74	2,81	3,10	2,82	3,06	3,26	2,21

Analiza distribucije frekvencija saprobnog indeksa u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u pojedinim rijekama kao i u svim tokovima zajedno ukazuje da trend rasta srednjih vrijednosti saprobnog indeksa prati rast potrošnje $KMnO_4$. Rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa saprobnog indeksa je u pravilu najveće unutar klasa srednjeg stepena saprobiteta, a nešto je manje kako pri najnižim, odnosno najvišim vrijednostima saprobnog indeksa.

Specifičnosti po pojedinim rijekama se mogu svesti na razlike u apsolutnim srednjim vrijednostima saprobnog indeksa te u izvjesnim razlikama u dominaciji frekvencija različitih stepena saprobiteta i razlikama koncentracije frekvencija na različita područja potrošnje $KMnO_4$. Tako su najniže srednje vrijednosti saprobnog indeksa konstatovane u Drini i Neretvi, a najveće u Vrbasu i Bosni. Istovremeno u Drini i Neretvi dominiraju klase saprobnog indeksa do 2,4 dok u Bosni, Vrbasu i Uni više klase saprobnog indeksa značajnije učestvuju u ukupnom broju frekvencija.

Linearna regresija (Sl. 17) saprobnog indeksa (Y) na osnovu potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ (X) ukazuje na vezu ovih promjenljivih, što se vidi iz izračunatih pokazatelja.

Koeficijent linearne korelacije je statistički visoko značajan. U odnosu na pojedine rijeke korelaciona veza u okviru vodotoka Bosne i Hercegovine je srednje jaka, slabija od one u vodotoku Une i Vrbasa, bliska vezi unutar vodotoka Bosne, a jača nego u okviru vodotoka Neretve sa Trebišnjicom i Drine. Promjena saprobnog indeksa je melena u vezi sa promjenom potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$. Koeficijent regresije (b) je značajan. Raspon ovog koeficijenta u regresijama vodotoka pojedinih rijeka je 0,0213 (Una) do 9,3134 (Neretva i Trebišnjica). Veza je u svim analiziranim uzorcima pozitivna. Procenat ukupne varijacije saprobnog indeksa koji je povezan sa po-



Sl. 17: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig. 17: Regression of saprobic index, S, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

trošnjom kiseonika iz $KMnO_4$ iznosi za vodotoke BiH oko 30. Uklopljenost linije regresije je bolja kod podataka vodotoka Une, Vrbasa i Bosne. Konstatovani interval variranja potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ u vodotocima BiH 0,20 do 90,80 mg/l regresijom bi davao procjenu saprobnog indeksa 2,01 do 4,90. Kao i u slučaju regresija vodotoka pojedinih rijeka i regresija svih vodotoka BiH ne daje na liniji regresije procjenu najmanjih indeksa, a gornje vrijednosti potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ regresijom procjenjuju saprobne indekse veće od gornjeg definisanog (4). Izrazito velika potrošnja kiseonika iz $KMnO_4$ po određenim regresionim linijama ukazivala bi na stanja koja izlaze izvan definisanog područja saprobnog indeksa, što upućuje na zakrivljenost (konveksnu) regresione linije u gornjem području ili moguće na potrebu drukčijeg definisanja saprobnog indeksa.

Iz primijenjenih načina proučavanja odnosa ovih pokazatelja u vodotocima BiH uočava se široka lepeza specifičnosti vodotoka pojedinih tekućica što daje različite granične veze za definisanje saprobnih stupnjeva na osnovu linije regresije:

Potrošnja O_2 iz $KMnO_4$ (mg/l)				
Y: – regresija vodotoci BiH ukupno	–16,56	15,51	46,96	
– maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	0,63 (Neretva i Trebišnjica)	26,60 (Una)	73,55 (Una)	
Saprobni indeks	1,5	2,5	3,5	
Saprobni stepen	oligo–s.	beta–m.s.	alfa–m.s.	poli–s.

O odnosu saprobnog indeksa i potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ uglavnom se ističe da je labav (Klapper 1963, Tumpling 1965) pa se i ne definišu granične vrijed-

nosti pojedinih saprobnih stupnjeva. Međutim, Nehkorn (1967) nalazi dobru funkcionalnu zavisnost saprobnog stepena i HPK.

3.1.4. Saprobni indeks i BPK_5

Biohemijska potreba kiseonika (BPK) predstavlja količinu kiseonika potrebnu za biološku razgradnju organskih materija u vodi pod optimalnim uslovima, tj. kada se dekompozicija vrši pri optimalnoj temperaturi, u aerobnoj sredini i uz isključenje toksičnih uticaja. Ovakav karaktet pokazatelja treba imati u vidu prilikom eksploatisanja podataka. Za praktične svrhe biohemijska potreba kiseonika se obično mjeri u trajanju od pet dana (BPK_5). Biohemijska dekompozicija organskih materija u vodi je proces koji vrlo snažno (obično indirektno) kontroliše pojavu i razvoj saprobnih indikatora u akvatičnim zajednicama. Zbog toga mnogi pokazatelji koji se odnose na taj proces, a posebno potrošnja kiseonika, imaju ogromni značaj za saprobiološka razmatranja. U okviru provedenih ispitivanja vrijednosti BPK_5 su podijeljene u klase sa određenim intervalima i frekvencije njihove pojave u odnosu na klase "S" su tabelirane (Tabele 19–24). Za svaku klasu BPK_5 izračunata je srednja vrijednost "S" koja je označena kao Y. Na osnovu izvornih podataka su određeni parametri linearnih regresija vodotoka pojedinih rijeka i posmatranih vodotoka Bosne i Hercegovine ukupno. (Sl. 18–23)

Una

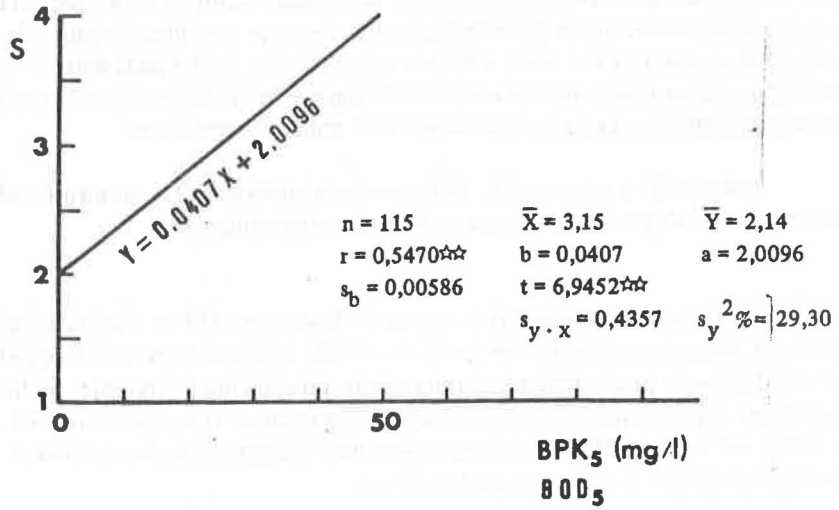
Najizrazitija karakteristika distribucije frekvencija različitog saprobiteta u odnosu na vrijednost petodnevne biohemijske potrebe kiseonika u rijeci Uni (Tabela 19) vidljiva je u dominaciji dvije klase saprobiteta (između 1,5 do 2,4) na koje otpada preko 75% od svih frekvencija i da se one neznatnim odstupanjem nalaze pri najnižim vrijednostima biohemijske potrebe kiseonika. Dosta je upadljiva činjenica da je rasturanje frekvencija u okviru klase saprobiteta između 3,0 do 3,4 jako veliko i uprkos tome da ova klasa učestvuje sa samo 12% u ukupnoj sumi frekvencija očite su posljedice na opštu sliku kretanja srednjih vrijednosti indeksa saprobiteta.

Pokazatelji o regresiji (Sl. 18) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ukazuju na značajnu linearnu vezu među ovim promjenljivim.

Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) su statistički značajni i pozitivni. Regresija siječe Y–osu dosta visoko (Sl. 18) tako da se saprobni indeks manji od dva može predvidjeti samo intervalnim procjenama iz regresije. Sa linearnom regresijom je povezano 29% varijacije saprobnog indeksa. Opservirani interval varijacije BPK_5 od 0,20 do 50,01 mg/l regresijom daje procjenu saprobnog indeksa od 2,02 do 50,01, a raspon podataka je od 1,4 do 3,5.

Tab.19: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Une
Tab.19: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river system of Una

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4	1	1								2
1,5-1,9	29	18								47
2,0-2,4	17	19	2			1				39
2,5-2,9	1	2	6	2						11
3,0-3,4	2	1	1	3	1	2	1	2	1	14
3,5-4,0								1		1
Σ	50	41	9	5	1	3	1	3	1	114
%	43,84	35,96	7,89	4,39	0,88	2,63	0,88	2,63	0,88	100,0
$\bar{Y}$	1,34	2,0	2,89	3	3,2	2,87	3,2	3,38	3,2	2,16



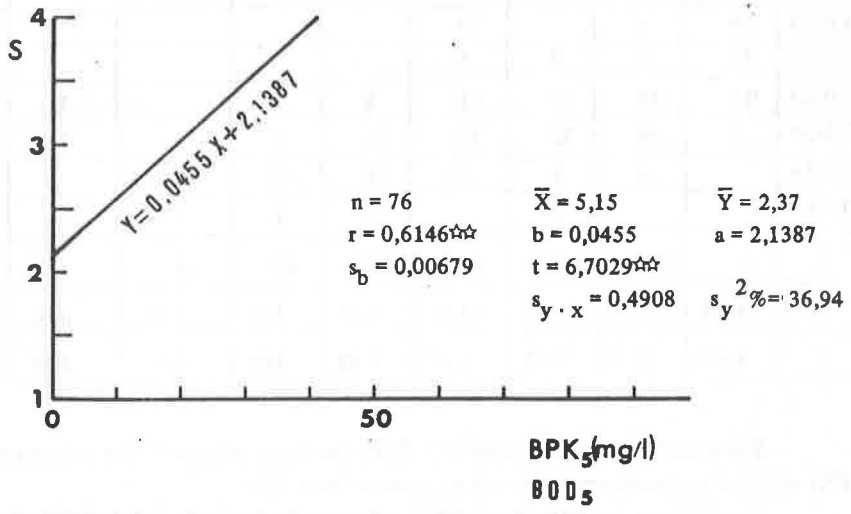
Sl. 18: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – Una
Fig.18: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – Una

Vrbas

U rijeci Vrbas (Tabela 20) najveću frekvenciju je imala klasa čiji je prosječni indeks saprobiteta oko 2, na koju otpada oko 65% od ukupnog broja frekvencija. Dosta je visoko učešće (oko 25%) saprobne klase 3,0 – 3,4 koja se javljala u okviru relativno širokog dijapazona vrijednosti BPK_5 (1,26 do 25,0) i bez izrazite pravilnosti što znatno utiče na opštu sliku odnosa između parametara koji su ovdje praćeni.

Tab.20: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Vrbasa
Tab.20: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river system of Vrbas

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4										
1,5-1,9	9	13	1							23
2,0-2,4	12	10		1	1					24
2,5-2,9	1	2	1				1			5
3,0-3,4		1	3	6	2	4	2			18
3,5-4,0						1	3			4
Σ	22	26	5	7	3	5	6			74
%	29,73	35,14	6,76	9,46	4,05	6,76	8,11			100,0
$\bar{Y}$	2,02	2,03	2,8	3,06	2,87	3,31	3,39			2,41



Sl. 19: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – Vrbas
Fig.19: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – Vrbas

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 19) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ukazuju na dosta dobru vezu ovih promjenljivih.

Koeficijenti linearne korelacije i regresije su pozitivni i statistički visoko značajni. Sa regresijom je povezano 37% varijacije saprobnog indeksa. Interval varijacije podataka o BPK_5 od 0,20 do 48,20 (mg/l) regresijom daje procjenu intervala saprobnog indeksa od 2,15 do 4,33. Obje granice su pomjerene prema gore u odnosu na granice iz podataka 1,7 do 3,6. Donje ekstremene vrijednosti saprobnog indeksa i gornje ekstremne vrijednosti BPK_5 uvijek bi predstavljale jednostrano odstupanje, od linije regresije.

Bosna

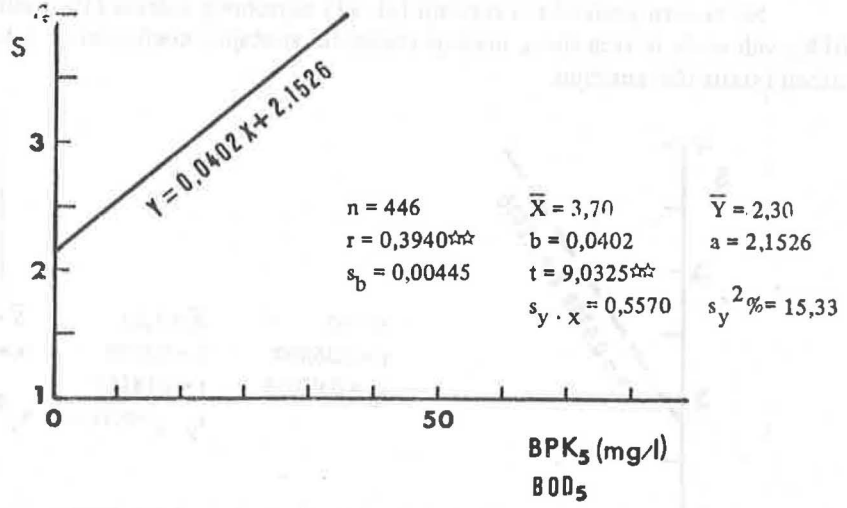
Distribucija frekvencija saprobnog indeksa u odnosu na vrijednosti BPK_5 u slivu rijeke Bosne (Tabela 21) pokazuje jasan trend porasta srednjih vrijednosti saprobnog indeksa sa porastom vrijednosti BPK_5. Zapaža se izvjesna dominacija srednjih klasa indeksa saprobiteta, pri čemu na tri klase saprobiteta između 1,5 do 2,9 otpada blizu 80% od ukupnog broja frekvencija. Rasturanje frekvencija je najveće kod indeksa saprobiteta između 2,0 do 3,0 i smanjuje se kako u nižim tako i u višim intenzitetima.

Tab.21: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Bosne
Tab.21: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river system of Bosna

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4	34	4		2						40
1,5-1,9	42	37	8	6						93
2,0-2,4	17	57	29	11	8	1		1		124
2,5-2,9	2	29	32	32	16	7	5	1		124
3,0-3,4		6	3	8	11	4	8		1	41
3,5-4,0			1		3	5	7	1		17
Σ	95	133	73	59	38	17	20	3	1	439
%	21,64	30,30	16,63	13,44	8,66	3,87	4,56	0,68	0,23	100,0
$\bar{Y}$	1,63	2,33	2,42	2,52	2,82	3,09	3,2	2,88	3,2	2,29

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 20) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ukazuju na postojanje veze, ali je ta veza dosta slaba.

Koeficijenti linearne korelacije i regresije su pozitivni i statistički visoko značajni. Svega 15% varijacije saprobnog indeksa je povezano sa regresijom u odnosu na BPK_5. Interval podataka o BPK_5 od 0,13 do 96,60 (mg/l) regresijom daje interval saprobnog indeksa od 2,16 do 6,04, a opservirani je 1,0 do 4,0.



Sl. 20: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – Bosna
Fig.20: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – Bosna

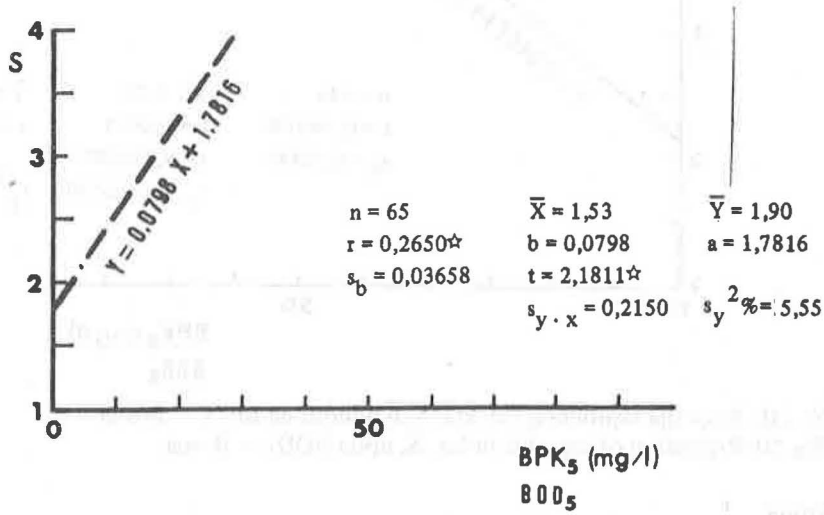
Drina

Za odnos saprobnog indeksa prema biohemijskoj potrebi kiseonika u rijeci Drini (Tabela 22) treba istaći da je karakterističan uzak dijapazon saprobnog indeksa (uglavnom između 1,5 do 2,4) praćen relativno niskim vrijednostima BPK_5 (0,0 do 3,75). Iako je ukupan broj proba na osnovu kojih je praćen ovaj odnos dosta mali ipak se dobija prilično jasna predstava odnosa ovih paremetara kao i neki opšti uvid stanja u ovoj rijeci.

Tab.22: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Drine
Tab.22: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river system of Drina

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4										
1,5-1,9	16	16	3							35
2,0-2,4	8	18	4							30
2,5-2,9		1								1
3,0-3,4										
3,5-4,0										
Σ	24	35	7							66
%	36,36	53,03	10,61							100,0
$\bar{Y}$	1,87	1,99	1,98							1,94

Na osnovu podataka o regresiji (Sl. 21) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 vidi se da je veza slaba, mada je statistički značajna, koeficijenti r i b su pozitivni i statistički značajni.



Sl. 21: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – Drina (puna linija u opserviranom intervalu variranja BPK_5, samo početak linije)

Fig.21: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – Drina (the full line in the observed range of BOD_5, start of the line only)

Dio varijacije saprobnog indeksa koji je povezan sa regresijom u odnosu na BPK_5 je mali, samo 6%. Interval opserviranih vrijednosti BPK_5 je malen 0,20 do 3,20 mg/l što na osnovu linije regresije daje interval saprobnog indeksa od 1,80 do 2,04. Procjenjeni interval ovog indeksa je uži od opserviranog koji iznosi od 1,5 do 2,5.

Neretva i Trebišnjica

Odnos indeksa saprobiteta prema vrijednosti BPK_5 u ovim rijekama (Tabela 23) se odlikuje izrazitom domincijom nižih klasa saprobiteta koje su nađene u relativno uskom dijapazonu variranja vrijednosti BPK_5 (0,0 do 5,0). Posebno je karakteristično da skoro oko 70% od svih frekvencija ima srednju vrijednost saprobnog indeksa 1,6 i da se odnose na najnižu vrijednost BPK_5 od 0,0 do 1,25.

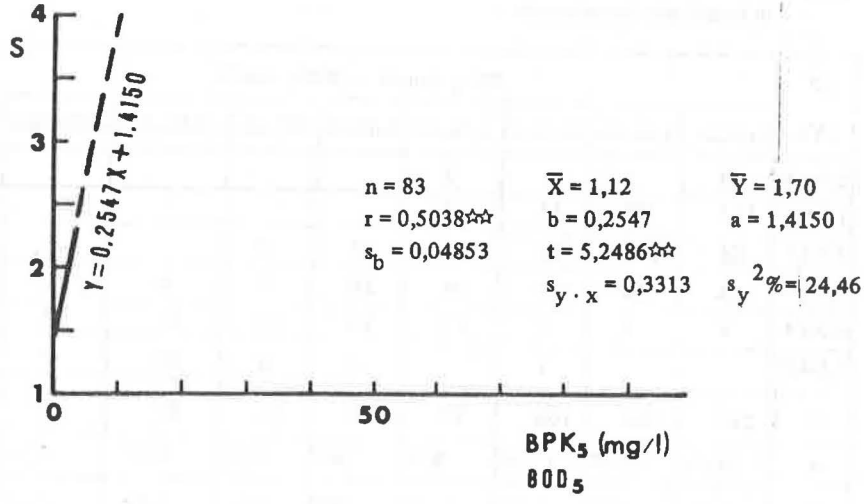
Podaci o linearnoj regresiji (Sl. 22) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ilustruju prisustvo veze među ovim promjenljivim.

Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) su statistički visoko značajni. Oko 24% varijacije saprobnog indeksa je povezano sa regresijom u odnosu na BPK_5. Opservirani interval BPK_5 od 0,10 do 3,50 regresijom daje procjenu saprobnog indeksa od 1,44 do 2,31, a opservirani je 1,2 do 2,46.

Tab.23: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab.23: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4	25									25
1,5-1,9	17	13	2	1						33
2,0-2,4	14	6	4							24
2,5-2,9										
3,0-3,4										
3,5-4,0										
Σ	56	19	6	1						82
%	68,29	23,17	7,32	1,22						100,0
$\bar{Y}$	1,60	1,86	2,03	1,7						1,69



Sl. 22: Regresija saprobnog indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – Neretva i Trebišnjica (puna linija u opserviranom intervalu variranja BPK_5)

Fig.22: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – Neretva and Trebišnjica (the full line in the observed range of BOD_5)

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Na osnovu analize distribucije frekvencija indeksa saprobiteta prema klasama različitih vrijednosti biohemijskih potreba kiseonika u naznačenim rijekama kao cjelini (Tabela 24) moguće je istaći slijedeće najvažnije karakteristike:

- opšti trend rasta srednjih vrijednosti saprobnog indeksa praćen je rastom vrijednosti BPK_5, u što se uklapa preko 98% od ukupnog broja frekvencija,
- izražena je izvjesna pravilnost u porastu rasturanja frekvencija sa porastom saprobnog indeksa sve do klase 3,0 do 3,4 da bi u klasi 3,5 do 4,0 bilo ponovo nešto niže,
- određena koncentrácija i dominacija frekvencija odnosi sé na klase saprobiteta između 1,5 do 2,9 (oko 80% od ukupnih frekvencija), odnosno na dijapazon vrijednosti BPK_5 između 0,0 do 3,75 (preko 75% od ukupnih frekvencija).

Analiza distribucije saprobnog indeksa u odnosu na BPK_5 ukazuje uglavnom na iste karakteristike odnosa ovih parametara kao i u slučaju odnosa saprobnog indeksa prema potrošnji $KMnO_4$. Izvjesne neznatne razlike u tim odnosima ne utiču na opšte pravilnosti i zakonitosti koje su konstatovane kako za ove rijeke pojedinačno tako i za njih kao cjelinu.

Tab.24: Distribucija frekvencija saprobnog indeksa ("S") u odnosu na BPK_5 u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini
Tab.24: Distribution of frequencies of saprobic index ("S") in relation to BOD_5 in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„S"	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(Y)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
1,0-1,4	60	5		2						67
1,5-1,9	113	97	14	7						231
2,0-2,4	68	110	39	12	9	2		1		241
2,5-2,9	4	34	39	34	16	7	6	1		141
3,0-3,4	2	8	7	17	14	10	11	2	2	73
3,5-4,0			1		3	6	10	2		22
Σ	247	254	100	72	42	25	27	6	2	775
%	31,87	32,77	12,90	9,29	5,42	3,23	3,48	0,77	0,26	100
$\bar{Y}$	1,74	2,09	2,43	2,60	2,83	3,11	3,29	3,13	3,2	2,19

Podaci o liniji regresije (Sl. 23) saprobnog indeksa (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ukazuju na postojanje veze.

Koeficijent korelacije (r) u vodotocima Bosne i Hercegovine ukupno nije visok, niži je od onih kod pojedinačnih vodotoka Vrbasa, Une i Neretve sa Trebišnjicom, a viši nego u vodotocima Bosne i Drine. Nagib linije regresije, odnosno regresioni koeficijent ukupnih vodotoka BiH, veoma je blizak onom kod vodotoka Vrbasa, Une i Bosne pojedinačno, razlikuje se od onog kod Drine, a još više od Neretve sa Trebišnjicom. Kao i kod regresija saprobnog indeksa u odnosu na BPK_5 tokova pojedinih rijeka, tako i u regresiji vodotoka BiH zajedno odsječak na Y–osi je dosta velik (parametar a) pa saprobni indeksi manji od 2 leže ispod regresione linije. Regresione linije Drine i Neretve sa Trebišnjicom (Sl. 21 i 22) pokazuju da je regresioni koeficijent ukoliko se ide ka nižim područjima BPK_5 veći, što upućuje na krivolinijsku vezu. Sličan zaključak bi slijedio i iz probijanja linija regresije kroz gornju moguću vrijednost saprobnog indeksa ukoliko je BPK_5 velika (Sl. 18 do 23). Dio varijacije saprobnog indeksa koji se može objasniti linearnom regresijom u odnosu na BPK_5 ukupnih podataka o vodotocima BiH je dosta mali (22%) što se vidi i iz raspona ovog pokazatelja kod pojedinačnih vodotoka 6 do 37% (Drina i Vrbas).

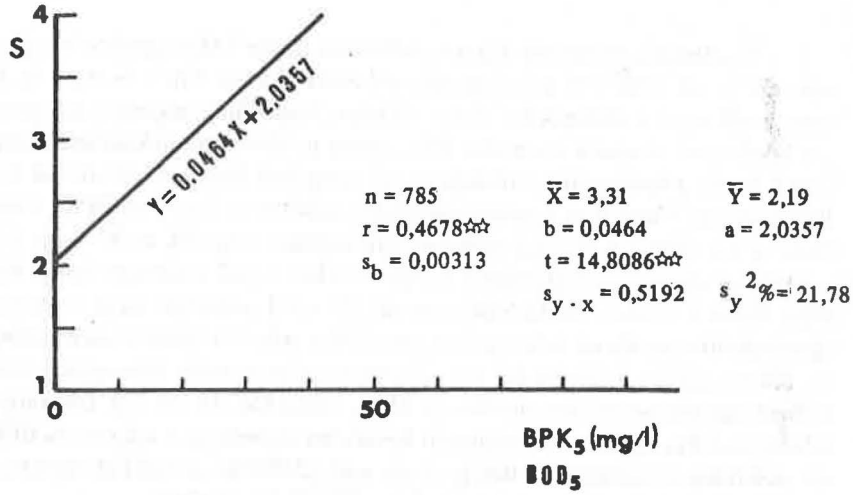
Davanje vrijednosti BPK_5 koje bi procjenjivale granični saprobni indeksi među pojedinim saprobnim stupnjevima manje su pouzdane ukoliko se udaljavaju od aritmetičkih sredina ($\overline{X}$ i $\overline{Y}$) pojedinih regresija:

BPK_5 (mg/l)

Y: – regresija vodotoci BiH ukupno	–11,91	10,01	31,56
– maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	0,56 (Neretva i Trebišnica)	12,05 (Una)	36,62 (Una)

Saprobni indeks	1,5	2,5	3,5	
Saprobni stepen	oligo–s.	beta–m.s.	alfa–m.s.	poli–s.
Sladeček (1965)	2,5 (4)	4 (6)	7(9)	
(1968)	2,5	5,0	10,0	
Klotter i Hantge (1966)	3	5,5	14	
Tumpling (1966)	4	8	17	
("S")	(1,75)		(3,25)	

U odnosu na podatke ispitivanja, koji se odnose uglavnom na srednju Evropu, regresijom procjenjeni granični saprobni indeks koji bi odvajao oligosaprobni stupanj od beta-mezosaprobnog trebao bi imati nižu BPK_5, dok bi graničnim indeksima između beta– i alfa-mezosaprobnog, kao i alfa-mezosaprobnog i polisaprobnog stupnja korespondirale veće vrijednosti BPK_5 u vodama Bosne i Hercegovine.



Sl.23: Regresija saprobnog Indeksa, S, u odnosu na BPK_5 – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig.23: Regression of saprobic index, S, upon BOD_5 – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

3.2. Odnos između relativnog boniteta i nekih fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode

Relativni bonitet "RB" po Knopp-u (1954/55) je biološki pokazatelj kvaliteta vode kojim se izražava procentualni odnos između zastupljenosti indikatora nižih stepena saprobiteta i svih saprobnih indikatora u zajednici. Kao takav ovaj parametar obično se koristi za preliminarne ocjene saprobnog stanja vodene sredine. U ovome radu vršena je analiza odnosa između "RB" i količine rastvorenog kiseonika, zasićenja vode sa O_2, utroška kiseonika iz $KMnO_4$, te BPK_5. Ukupno područje "RB" uvijek je dijeljeno na 5 klasa sa intervalima od 20 jedinica. Vrijednosti svih ispitivanih fizičko-hemijskih parametara dijeljeni su u klase kao i kod komparacija sa saprobnim indeksom. Frekvencije pojave datih fizičko-hemijskih parametara u odnosu na izabrane klase "RB" su tabelirane za svaki ispitivani riječni sliv posebno i za sve rijeke zajedno (Tabele 25–48). Takođe je za svaku klasu datog fizičko-hemijskog parametra izračunata srednja vrijednost "relativnog boniteta" koja je označena kao $\bar{Y}$. Svi raspoloživi parovi pokazatelja, čija je povezanost ispitivana, uključeni su u određivanje parametara linija regresije po pojedinačnim vodotocima i ukupno za Bosnu i Hercegovinu. (Sl. 24–42)

3.2.1. Relativni bonitet i rastvoreni kiseonik

Una

Odnosi nađenih vrijednosti "RB" i rastvorenog kiseonika po klasama i slivu rijeke Une pokazuju trend porasta srednjeg "RB" sa povećanjem koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi (Tabela 25). Znatnija odstupanja od opšteg trenda javljaju se u klasama sa nižim vrijednostima O_2 koje pojedinačno obuhvataju manje od 5% ukupne frekvencije, ali unutar kojih su često vrijednosti koje čine značajan dio u ukupnoj frekvenciji određenih, naročito nižih, klase "RB". Najveću frekvenciju imaju vrijednosti iz najviše klase "RB" koje čine 66% ukupnih frekvencija i koje su uglavnom koncentrisane u klasu najviših vrijednosti rastvorenog kiseonika. U srednjim i naročito u nižim klasama "RB" zabilježeno je znatno rasturanje frekvencija u odnosu na količine rastvorenog kiseonika.

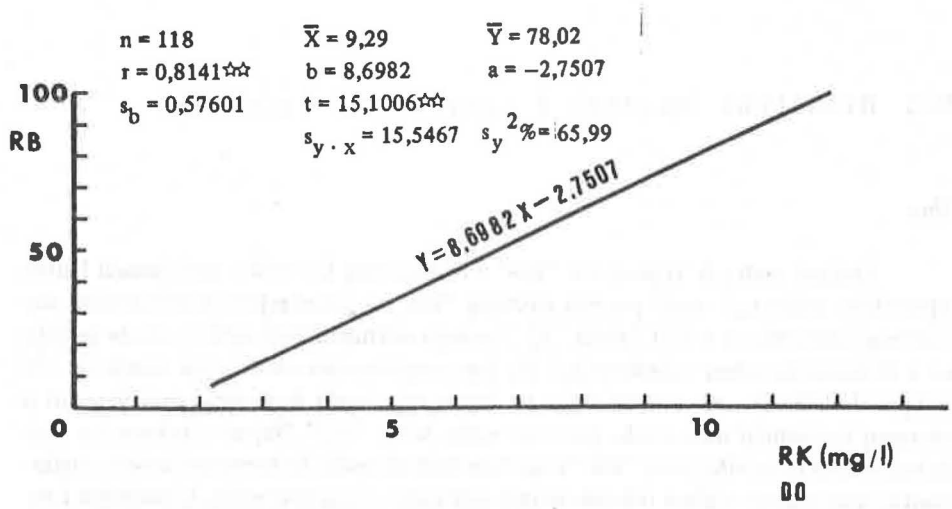
Pokazatelji o linearnoj regresiji (Sl. 24) relativnog boniteta (Y) po količini rastvovrenog kiseonika (X) ukazuju na jaku vezu među ovim promjenljivim.

Koeficijent korelacije (r) i regresioni koeficijent (b) su statistički visoko značajni. Veza je pozitivna. Veliki dio varijacije saprobnog indeksa (66%) je povezan sa linearnom regresijom. Raspon količine rastvorenog kiseonika od 1,20 do 12,00 (mg/l), koliko je konstatovano u izvorima podataka, regresijom daje raspon relativnog boniteta od 7,69 do 101,63, a opservirano je 14,00 do 100.

Tab. 25: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Une

Tab. 25: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river system of Una

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20		1	2				2				5
21 - 40		2		3	2	3		1		3	14
41 - 60					1		1		5	1	8
61 - 80							2	3	3	4	12
81 - 100								1	4	74	79
Σ		3	2	3	3	3	5	5	12	82	118
%		2,5	1,7	2,5	2,5	2,5	4,3	4,3	10,2	69,5	100,0
$\bar{Y}$		23	10	30	37	30	42	66	68	85	75



Sl.24: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Una

Fig.24: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen DO – Una

Vrbas

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na koncentraciju rastvorenog O_2 po klasama u slivu rijeke Vrbasa pokazuje da preko 7/10 ukupne frekvencije otpada na klasu sa više od 9,0 mg/l kiseonika. Toj klasi pripada i najviša (80%) vrijednost srednjeg "RB" (Tabela 26). U ostalim klasama rastvorenog O_2 srednja vrijednost "RB" oscilira. Pri tome neke od tih klasa obuhvataju više od 5% ukupne frekvencije, a poje-

Tab. 26: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Vrbasa

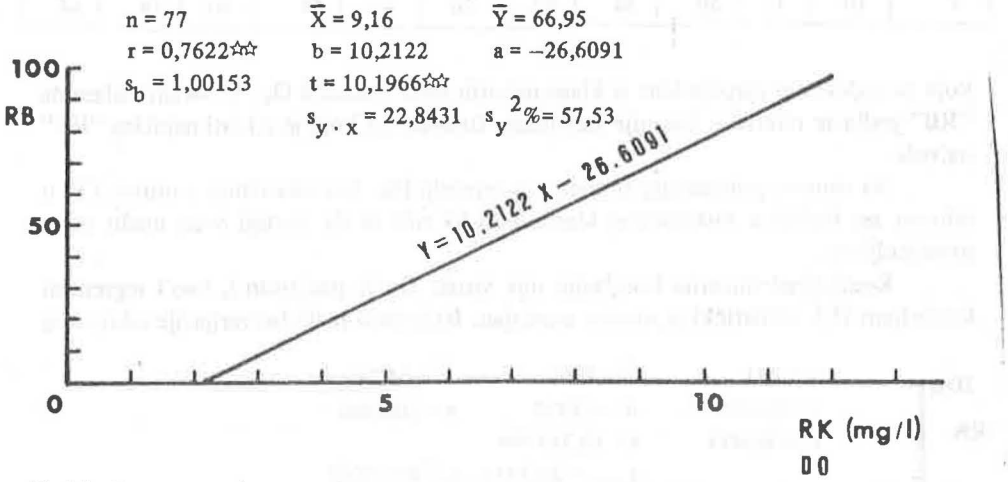
Tab. 26: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river system of Vrbas

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20	2			1	1	1	4	3	1	3	16
21 - 40				1	3	4	1			1	10
41 - 60										1	1
61 - 80										11	11
81 - 100										40	40
Σ	2			2	4	5	5	3	1	56	78
%	2,6			2,6	5,1	6,4	6,4	3,8	1,3	71,8	100,0
Ȳ	10			20	25	26	14	10	10	80	62

dine vrijednosti unutar njih često čine znatan udio u ukupnoj pojavi određenih klasa "RB". Koncentracija viših vrijednosti "RB" u klasi najvećih koncentracija O_2 ukazuje da u tom području kvaliteta vode postoji određena veza između ovih parametara u slivu Vrbasa, dok je ta veza u ostalim klasama koncentracije kiseonika O_2 sasvim nejasna.

Linearna regresija (Sl. 25) relativnog boniteta (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X), na osnovu izračunatih pokazatelja ukazuje na značajnu vezu među ovim karakteristikama vodotoka.

Koeficijenti r i b su stastistički visoko značajni. Odsječak na Y-osi (parametar: a) je negativan što ukazuje na sistematsko odstupanje od regresije onih tačaka kod kojih je količina rastvorenog kiseonika bliska nuli. Preko polovine varijacija relativnog boniteta (58%) može se objasniti linearnom regresijom po količini rastvorenog kiseonika. Opservirani interval rastvorenog kiseonika od 0,60 do 12,00 mg/l regresijom procjenjuje interval relativnog boniteta od –20,48 do 95,94, a opservirani je 0,00 do 100.



Sl. 25: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Vrbas

Fig.25: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Vrbas

Bosna

Srednje vrijednosti "RB" po klasama rastvorenog kiseonika u slivu rijeke Bosne pokazuju opšti trend porasta sa povećanjem količine rastvorenog kiseonika u vodi (Tabela 27). Pri tome se kontinuirani porast srednjeg "RB" javlja samo u posljednje četiri klase koje odgovaraju koncentracijama kiseonika većim od 7,0 mg/l, dok se u ostalom dijelu klasnog niza kiseonika srednji "RB" koleba. Iako frekvencije iz tih klasa pojedinačno i ukupno čine manji dio cjelokupne frekvencije one često uključuju vrijednosti koje čine znatan dio frekvencija određenih, naročito nižih, klasa "RB". Relativno veća koncentracija frekvencija javlja se u klasi najvećih vrijednosti "RB",

Tab. 27: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Bosne

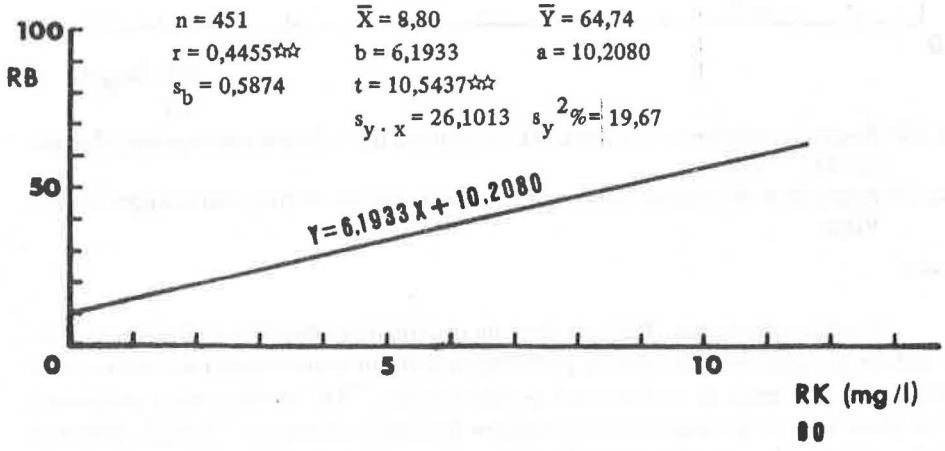
Tab. 27: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river system of Bosna

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20	1	4		3	1	5	6	6	10	2	38
21 - 40		2	1	3		3	9	14	7	19	58
41 - 60					2	5	6	15	28	41	97
61 - 80			1			3	2	12	19	34	71
81 - 100				2	3	5	4	15	29	127	185
Σ	1	6	2	8	6	21	27	62	93	223	449
%	0,2	1,3	0,5	1,8	1,3	4,7	6,0	13,8	20,7	49,7	100,0
$\bar{Y}$	10	17	50	38	63	50	42	55	61	74	64

koje su uglavnom raspoređene u klase najviših koncentracija O_2. U ostalim klasama "RB" javlja se relativno znatnije rasturanje frekvencija koje je u klasi najnižeg "RB" najveće.

Na osnovu pokazatelja o linearnoj regresiji (Sl. 26) relativnog boniteta (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X) vidi se da postoji veza među ovim promjenljivim.

Koeficijent linearne korelacije nije visok. On je pozitivan i, kao i regresioni koeficijent (b), statistički je visoko značajan. Relativno mali dio varijacije relativnog



Sl. 26: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastovrenog kiseonika, RK – Bosna

Fig.26: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Bosna

boniteta je povezan sa linearnom regresijom u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (20%). Interval variranja rastvorenog kiseonika, koji je konstatovan prema izvorima podataka, od 0,00 do 13,40 mg/l, regresijom daje procjenu intervala relativnog boniteta od 10,21 do 93,20, što je uže od opserviranog, od 0 do 100.

Drina

Ukupna frekvencija vrijednosti "RB" u rijeci Drini distribuirana je samo na dvije klase rastvorenog kiseonika koje obuhvataju koncentracije veće od 8,0 mg/l O_2 (Tabela 28). Srednji "RB" nešto je veći u klasi sa nižim koncentracijama kiseonika, ali kako klasa sa višim koncentracijama O_2 obuhvata 94% ukupne frekvencije to navedeni odnos nije od većeg značaja. Pri datoj klasifikaciji veza između ovih parametara u Drini ogleda se u koncentraciji najviših vrijednosti "RB", koje obuhvataju 87% ukupne frekvencije, u klasi najvećih koncentracija rastovrenog kiseonika.

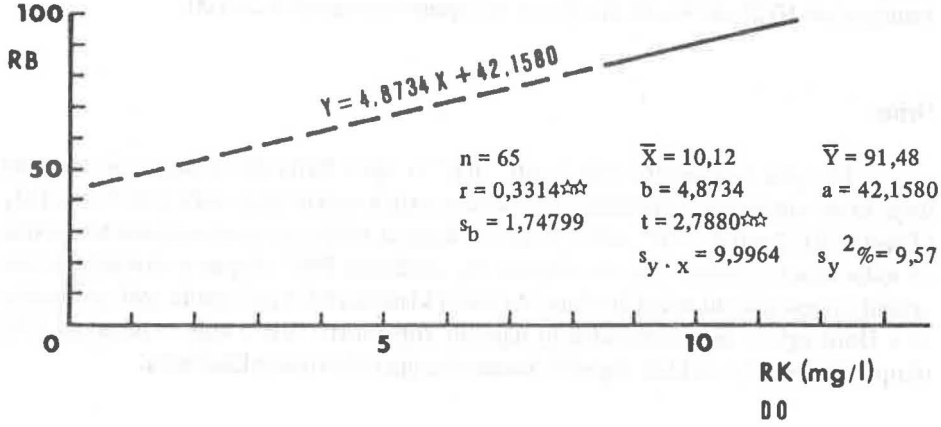
Tab. 28: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivu rijeke Drine
Tab. 28: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river system of Drina

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20											
21 - 40											
41 - 60										2	2
61 - 80										5	5
81 - 100									4	54	58
Σ									4	61	65
%									6,0	94,0	100,0
$\bar{Y}$									90	88	88

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 27) relativnog boniteta (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X), izračunati na osnovu uskog intervala variranja podataka, daju informaciju o postojanju veze među ovim promjenljivim.

Koeficijenti linearne korelacije i regresije su pozitivni i statistički visoko značajni. Mali dio varijacije relativnog boniteta je povezan sa regresijom u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (10%). Opservirani interval rastvorenog kiseonika od 8,50 do 11,60 mg/l na osnovu regresije daje procjenu relativnog boniteta 83,58 do 98,69, a opservirani je 48 do 100. Na osnovu regresije male vrijednosti relativnog boniteta mogle bi se dobiti samo procjenama intervala (velik regresioni parametar a),

odnosno javljalo bi se pretežno jednostrano odstupanje tačaka od regresije ukoliko bi količina rastvorenog kiseonika bila mala.



Sl. 27: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Drina (puna linija u opserviranom intervalu variranja RK)

Fig.27: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen DO – Drina (the full line in the observed range od DO)

Neretva i Trebišnjica

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na koncentraciju O_2 po klasama u rijekama Neretvi i Trebišnjici (Tabela 29) vrlo je slična sa distribucijom u rijeci Drini. Ukupna frekvencija "RB" takođe je raspoređena samo u dvije klase rastvorenog kiseonika koje obuhvataju koncentracije veće od 8,0 mg/l O_2. Srednji "RB" takođe je veći u klasi sa manjim koncentracijama kiseonika, ali taj odnos nije od većeg značaja s obzirom da jedna klasa obuhbata 97% ukupne frekvencije. I ovdje su najviše vrijednosti "RB", koje čine pretežan dio ukupne frekvencije, koncentrisane u klasi najvećih koncentracija O_2.

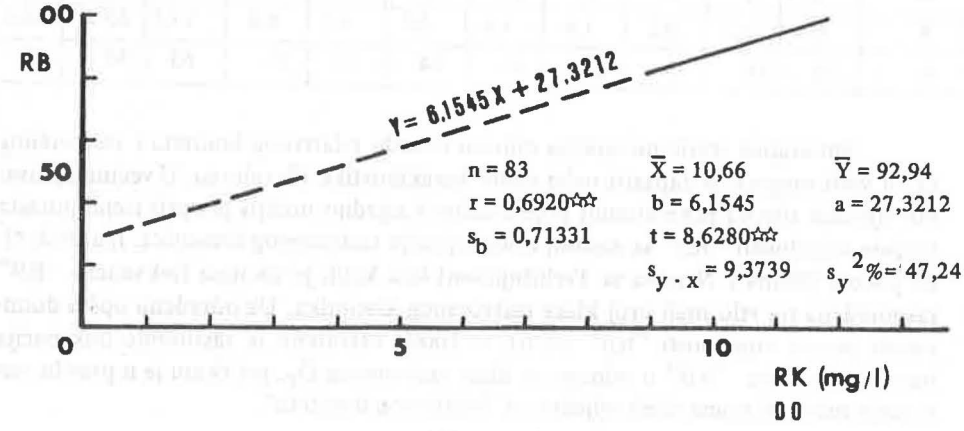
Pokazatelji o linearnoj regresiji (Sl. 28) relativnog boniteta (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X) ukazuju na postojanje dobre veze među ovim promjenljivim.

Koeficijenti korelacije (r) i regresije (b) su statistički visoko značajni. Skoro polovina (47%) varijacije relativnog boniteta je povezana sa linearnom regresijom u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika. Interval variranja količine rastovrenog kiseonika, koji je registrovan u izvorima podataka, je uzak, od 8,90 do 13,70 mg/l. Na osnovu njega regresijom se dobije procjena intervala relativnog boniteta od 82,10 do 111,64. Gornja granica ovog intervala izlazi iz definisanog područja ovog pokazatelja, a ni donja granica ne odgovara onoj u opserviranom intervalu relativnog boniteta (od 58 do 100). Visina na kojoj linija regresije siječe Y-osu (a) je dosta velika, što može biti posljedica odstupanja izračunatih parametara regresije u slučaju kada uzorak obuhvata parove podataka sa uskim intervalima variranja.

Tab. 29: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab. 29: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20											
21 - 40											
41 - 60										1	1
61 - 80										6	6
81 - 100									3	73	76
Σ									3	80	83
%									3,4	96,6	100,0
$\bar{Y}$									90	88	89



Sl. 28: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – Neretva i Trebišnjica (puna linija u opserviranom intervalu RK)

Fig.28: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen, DO – Neretva and Trebišnjica (the full line in the observed range of DO)

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Odnos nađenih vrijednosti "RB" i rastvorenog kiseonika po klasama u svim ispitivanim rijekama posmatrano zajedno, pokazuje opšti trend porasta srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem koncentracije rastvorenog kiseonika (Tabela 30). Odstupanje od opšteg trenda javlja se u dvije klase (4,1 – 6,0 mg/l O_2) u kojima je pojedina-

čno raspoređeno manje od 5% ukupne frekvencije, ali uključuju i vrijednosti koje unutar nižih klasa "RB" čine znatan dio ukupne pojave. Kod dvije više klase "RB" ispoljena je relativna koncentracija frekvencija u klasu najvećih koncentracija O_2, dok je u dvije najniže klase "RB" ispoljeno jako rasturanje frekvencija u odnosu na količine rastvorenoga kiseonika u vodi.

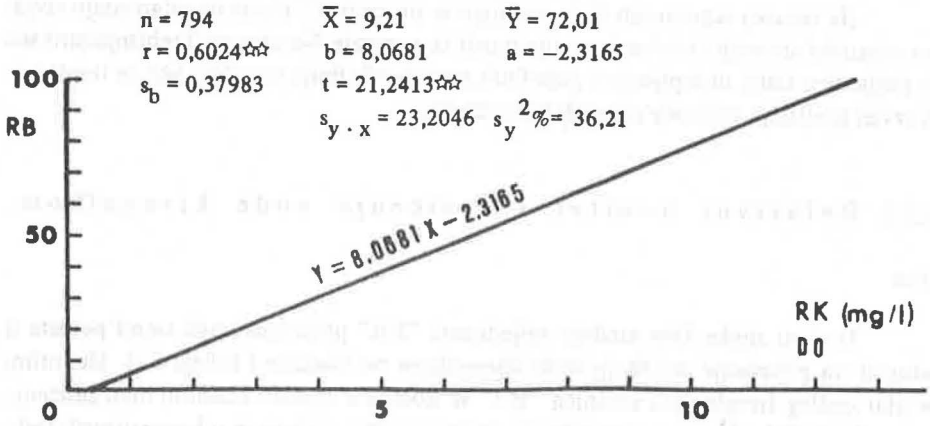
Tab. 30: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na rastvoreni kiseonik u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini
Tab. 30: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to dissolved oxygen in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„RB" (Y)	O_2 (mg/l)										
(%)	0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	>9,0	Σ
0 - 20	3	5	2	4	2	6	12	9	11	5	59
21 - 40		4	1	7	5	10	10	15	7	23	82
41 - 60					3	5	7	15	33	46	109
61 - 80			1			3	4	15	22	60	105
81 - 100				2	3	5	4	16	40	368	438
Σ	3	9	4	13	13	29	37	70	113	502	793
%	0,4	1,2	0,5	1,6	1,6	3,7	4,7	8,8	14,2	63,3	100,0
$\bar{Y}$	10	19	30	33	45	44	38	54	63	80	70

Sumirajući rezultate analiza odnosa između relativnog boniteta i rastovrenog O_2 u vodi moguće je zapaziti neke opšte karakteristike tih odnosa. U većini ispitivanih riječnih slivova posmatranih pojedinačno i zajedno uočljiv je opšti trend porasta srednje vrijednosti "RB" sa rastom koncentracije rastvorenog kiseonika. Izuzetak čine tokovi (Drina i Neretva sa Trebišnjicom) kod kojih je ukupna frekvencija "RB" raspoređena na vrlo mali broj klasa rastvorenog kiseonika. Uz određenu opštu dominaciju pojava vrijednosti "RB" od 61 – 100%, ostvareno je rasturanje frekvencija unutar svih klasa "RB" u odnosu na klase rastvorenog O_2, pri čemu je u pravilu rasturanje veće u klasama nižih vrijednosti "relativnog boniteta".

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 29) relativnog boniteta (Y) u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika (X), izračunati na osnovu podataka za sve tokove Bosne i Hercegovine, ukazuju na postojanje ovakvog oblika veze među posmatranim promjenljivim.

Koeficijent linearne korelacije je pozitivan i statistički visoko značajan. Kada se uporedi koeficijent linearne korelacije (r) vodotoka Bosne i Hercegovine u cjelini sa onim pojedinih rijeka, vidi se da je on manji nego kod Une, Vrbasa i Neretve sa Trebišnjicom, a veći nego kod Bosne i Drine. Nagib linije regresije, određen koeficijentom b, je najveći u regresiji sliva Vrbasa, zatim slijede vodotoci Une, Bosne i Hercegovine ukupno, Bosne, Neretve sa Trebišnjicom i Drine. Regresija vodotoka



Sl. 29: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, RK – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig.29: Regression of relative bonity, RB, upon quantity of dissolved oxygen, DO – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

Bosne i Hercegovine daje dosta dobre šanse za predviđanja svih definisanih mogućnosti relativnog boniteta, što nije slučaj sa regresijama vodotoka pojedinih rijeka (uporediti parametar a). Pri tome treba istaći da je uklopljenost linije regresije vodotoka Bosne i Hercegovine bolja nego kod slivova Drine i Bosne. Dio varijacije relativnog boniteta u vodotocima Bosne i Hercegovine u cjelini, koji je povezan sa linijom regresije u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika, iznosi 36%, dok je ovaj procenat kod vodotoka Neretve sa Trebišnjicom, Vrbasa i Une veći (47 do 66). Ukupno opservirani interval variranja rastvorenog kiseonika u vodotocima Bosne i Hercegovine je 0,00 do 13,70 mg/l. Ovaj interval odgovarajućom regresijom daje srednju procjenu intervala relativnog boniteta od –2,32 do 108,22, što je šire od opserviranog, odnosno teorijskog, intervala 0 do 100. Ovo odstupanje procjenjenog intervala je maleno u usporedbi sa odstupanjima na osnovu regresija pojedinih tokova.

O vezi količine rastvorenog kiseonika sa relativnim bonitetom nema podataka u konsultovanim literaturnim izvorima, pa će na osnovu pretpostavljenih linearnih relacija, ovdje biti date vrijednosti količine rastvorenog kiseonika koje bi na linijama regresije korespondirale relativnom bonitetu koji predstavlja granice među klasama boniteta (Tabele 25 do 48):

RK (mg/l)

Y: – Regresija vodotoka BiH ukupno	2,77	5,41	7,72	10,20
– Minimalna vrijednost (regresija vodotoka)	–4,55	–0,74	3,66	7,77
	(N e r e t v a	s a	T r e b i š n j i c o m)	
– Maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	4,56	6,52	8,48	11,27
	(V r b a s)		(B o s n a)	
Relativni bonitet	20	40	60	80

Na osnovu regresionih linija dobijaju se procjene (Y) koje ne odgovaraju stvarno mogućoj situaciji (minimalne vrijednosti iz regresije Neretve sa Trebišnjicom) što je posljedica slabe uklopljenosti pojedinih regresionih linija naročito ako se uopštavaju izvan područja variranja mjernih pokazatelja.

3.2.2. Relativni bonitet i zasićenje vode kiseonikom

Una

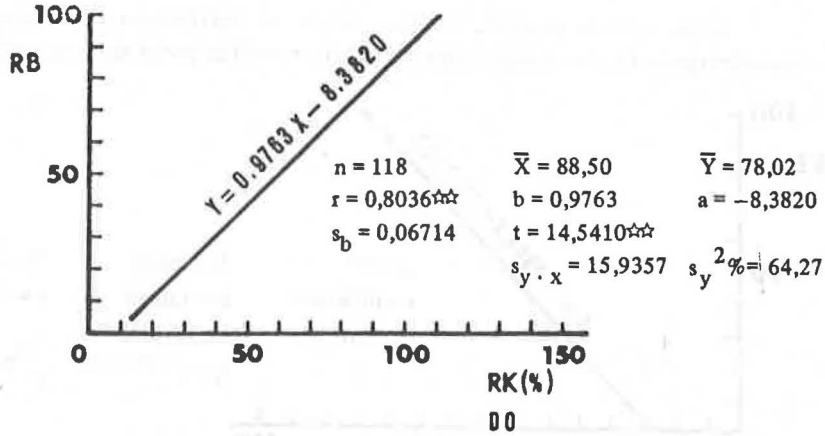
U slivu rijeke Une srednje vrijednosti "RB" pokazuju opšti trend porasta u odnosu na povećanje zasićenja vode kiseonikom po klasama (Tabela 31). Međutim, unutar opšteg trenda nivo srednjeg "RB" se koleba u cijelom klasnom nizu zasićenja kiseonikom. Određena veza između ova dva parametra uočava se u koncentraciji frekvencija iz klase najviših vrijednosti "RB", na koju otpada najveći dio ukupne frekvencije, u području najvećeg zasićenja kiseonikom. U ostalim klasama "RB" dolazi do znatnog rasturanja frekvencija.

Podaci o liniji regresije (Sl. 30) relativnog boniteta (Y) u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom (X) ukazuju na jaku vezu ovih promjenljivih.

Tab. 31: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Une
Tab. 31: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Una

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20		1	2				1	1			5
21 - 40		2		2	3	3	1		2	1	14
41 - 60					1		1		6		8
61 - 80							1	4	2	5	12
81 - 100								2	6	71	79
Σ		3	2	2	4	3	4	7	16	77	118
(%)		2,5	1,7	1,7	3,4	2,5	3,4	5,9	13,6	65,3	100,0
$\bar{Y}$		23	10	30	35	30	40	68	65	88	74

Koeficijenti linearne korelacije i regresije su statistički visoko značajni. Veza je pozitivna a koeficijent linearne regresije je blizak jedinici. Veći dio varijacije relativnog boniteta (64%) je povezan sa linearnom regresijom u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom. Interval variranja rastvorenog kiseonika, koji je konstatovan na osnovu izvora podataka, (13 do 12%), daje regresijom procjenu intervala relativnog boniteta od 4,31 do 108,77, što je šire od opserviranog 14 do 100.



Sl. 30: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Una

Fig.30: Regression of relative bonity, RB, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Una

Vrbas

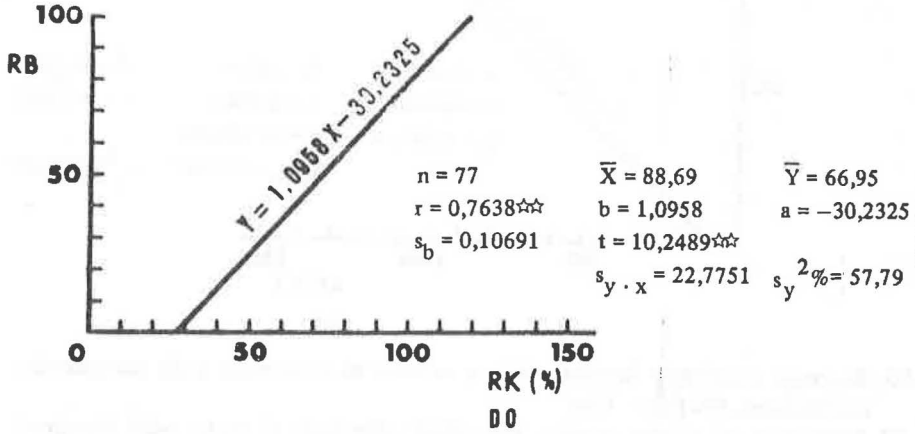
U slivu rijeke Vrbasa oko 7/10 ukupne frekvencije nalazi se u klasi najviših vrijednosti zasićenja vode kiseonikom. Tu je takođe i srednja vrijednost "RB" (84%) najveća (Tabela 32). U ostalim klasama zasićenja kiseonikom nivo srednjeg "RB" varira. Učešće frekvencija iz tog područja u ukupnoj pojavi je relativno malo, ali je njihov udio u frekvenciji nižih klasa "RB" često značajan. To govori o znatnom rasturanju frekvencija nižih vrijednosti "RB" u odnosu na klase zasićenja vode kiseonikom.

Tab. 32: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Vrbasa

Tab. 32: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Vrbas

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20	1	1			2	3	2	3	3	1	16
21 - 40				2	5	1	1				9
41 - 60										1	1
61 - 80										11	11
81 - 100										41	41
Σ	1	1		2	7	4	3	3	3	54	78
(%)	1,3	1,3		2,6	9,0	5,1	3,8	3,8	3,8	69,3	100,0
$\bar{Y}$	10	10		30	24	15	17	10	10	84	64

Linearna veza procenta zasićenosti vode sa rastvorenim kiseonikom (X) i relativnog boniteta (Y) je statistički značajna, što se vidi iz podataka o regresiji (Sl. 31).



Sl. 31: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Vrbas

Fig.31: Regression of relative bonity, RB, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Vrbas

Koeficijenti korelacije (r) i regresije (b) su pozitivni i statistički su visoko značajni. Znatan dio varijacije relativnog boniteta je povezan sa regresijom po procentu zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom. Interval variranja ovog procenta u korištenim podacima je 6 do 120 što regresijom daje procjenu intervala relativnog boniteta od –23,66 do 101,26, a opservirani interval je 0 do 100. Iz procjenjenog intervala kao i na osnovu parametra regresije a vidi se da u području nižih procenata zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom procjene regresijom su nerealne, one izlaze izvan mogućih vrijednosti relativnog boniteta. Dominiranje parova podataka, visoki relativni bonitet i visok procenat zasićenosti vode kiseonikom i različit oblik veze u različitim područjima (krivolinijska veza) dovode do ovakvih odstupanja.

Bosna

Distribucija vrijednosti "RB" po klasama u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Bosne pokazuje u cjelini trend porasta srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem zasićenja vode kiseonikom (Tabela 33). Kontinuirani porast sa značajnijim amplitudama po klasama javlja se tek u području sa zasićenjima većim od 70% O_2 koje obuhvata više od 4/5 ukupne frekvencije. U klasama nižeg zasićenja sa O_2 variranje srednjeg "RB" je neravnomjerno uz mjestimično odstupanje od opšteg trenda. U cjelini, rasturanje frekvencija u ovome slivu prisutno je u svim klasama, ali je ono izraženije kod nižih vrijednosti relativnog boniteta.

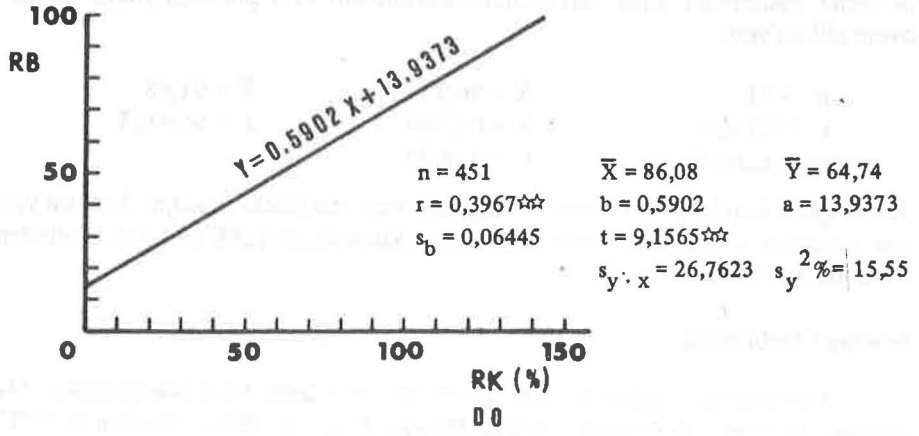
Podaci o regresiji (Sl. 32) relativnog boniteta (Y) u odnosu na zasićenje vode kiseonikom (X) ukazuju na postojanje veze.

Tab. 33: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Bosne

Tab. 33: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Bosna

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20	1	3	1	3	1	5	6	8	7	3	38
21 - 40		2	1	3	1	2	8	11	14	16	58
41 - 60					4	4	9	11	32	37	97
61 - 80						1	3	10	17	40	71
81 - 100					1	4	3	9	36	132	185
Σ	1	5	2	6	7	16	29	49	106	228	449
(%)	0,2	1,1		0,4	1,3	3,6	6,5	10,9	23,6	50,8	100,0
$\bar{Y}$	10	18	20	20	47	46	46	51	62	75	64

Koeficijent linearne korelacije nije velik, iako je statistički visoko značajan, kao i regresioni koeficijent. Samo 16% varijacije relativnog boniteta se može objasniti regresijom po procentu zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom. Interval relativnog boniteta, procjenjen regresijom na osnovu opserviranog intervala zasićenosti vode sa rastvorenim kiseonikom (do 152%), iznosi 13,94 do 103,64, a podaci obuhvataju cjelokupno definisano područje relativnog boniteta od 0 do 100. Sistematsko (jednostrano) odstupanje podataka od regresije može se očekivati u donjem području zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom.



Sl. 32: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Bosna

Fig.32: Regression of relative bonity, RB, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Bosna

Drina

Slično kao kod komparacija sa rastvorenim kiseonikom, ukupna frekvencija "RB" u rijeci Drini distribuirana je u odnosu na zasićenje vode sa O_2 samo na dvije klase koje obuhvataju zasićenja veća od 80% O_2 (Tabela 34). Razlike srednjeg "RB" po klasama zasićenja O_2 su neznatne. Izrazita je dominacija frekvencija iz najviše klase "RB" čiji je najveći dio (91%) koncentrisan u klasi najvećeg zasićenja kiseonikom.

Tab. 34: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivu rijeke Drine
Tab. 34: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river system of Drina

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20											
21 - 40											
41 - 60										2	2
61 - 80									1	4	5
81 - 100									5	53	58
Σ									6	59	65
(%)									9,2	90,8	100,0
$\bar{Y}$									87	88	88

Izračunati pokazatelji o linearnoj regresiji relativnog boniteta (Y) u odnosu na procenat zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom nisu potvrdili pretpostavku o ovom obliku veze:

$n = 65$ $\bar{X} = 96,73$ $\bar{Y} = 91,48$
$r = 0,1328^{-}$ $b = 0,2798$ $a = 64,4115$
$s_b = 0,26298$ $t = 1,0639^{-}$

Koeficijenti korelacije (r) i linearne regresije nisu statistički značajni. Interval variranja podataka o zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom je 88 do 110%, a relativnog boniteta 48 do 100.

Neretva i Trebišnjica

Distribucija vrijednosti "RB" po klasama u odnosu na zasićenje vode sa O_2 u rijekama Neretvi i Trebišnjici (Tabela 35) takođe je vrlo slično distribuciji "RB" u odnosu na koncentracije rastovrenog kiseonika u tim rijekama. Ovdje oko 91% ukupne frekvencije otpada na klasu najviših vrijednosti "RB" od kojih je više od 9/10 koncentrisano u klasi najvećih zasićenja kiseonikom.

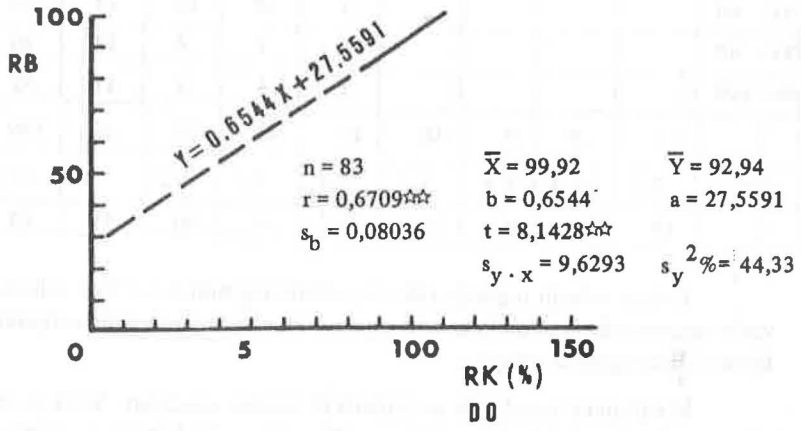
Tab. 35: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab. 35: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20											
21 - 40											
41 - 60										1	1
61 - 80										6	6
81 - 100									5	71	76
Σ									5	78	83
(%)									6,0	94,0	100,0
$\bar{Y}$									90	88	89

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 33) relativnog boniteta (Y) u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom (X) ukazuju na značajnu vezu među ovim varijablama.

Koeficijenti linearne regresije i korelacije su pozitivni i statistički visoko značajni. Sa regresijom je povezano 44% varijacije relativnog boniteta. Opservirani interval variranja zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom od 84 do 121%, regresijom procjenjuje interval variranja saprobnog indeksa od 82,53 do 106,74, a opservirani je 58 do 100.



Sl. 33: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – Neretva i Trebišnjica (puna linija u opserviranom intervalu variranja RK (%)

Fig.33: Regression of relative bonity, RB, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – Neretva and Trebišnjica (the full line in the observed range of DO (%)

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Odnos nađenih vrijednosti "RB" i zasićenja vode kiseonikom po klasama u svim ispitivanim rijekama zajedno, pokazuje jasan trend porasta srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem zasićenja vode kiseonikom (Tabela 36). Odstupanje od opšteg trenda javlja se samo u jednoj klasi zasićenja kiseonikom koja obuhvata svega 0,9 ukupne frekvencije. U klasnom nizu koji obuhvata zasićenja kiseonikom od 0 – 70% porast srednjeg "RB" je dosta blag, dok se veće stope porasta javljaju tek kod viših klasa zasićenja kiseonikom. To je posljedica većeg rasturanja frekvencija u području nižih klasa relativnog boniteta na koje, inače, otpada manji dio ukupne frekvencije.

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na zasićenje vode sa O_2 u ispitivanim tokovima ukazuje, uglavnom, na vrlo slične relacije ova dva parametra kao i u slučaju odnosa "RB" prema količini rastvorenog kiseonika u vodi. Uočeni trend odnosa i odstupanja od njega tiču se istih tokova, a rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa "RB" na klase zasićenja vode kiseonikom i ovdje opada sa porastom relativnog boniteta.

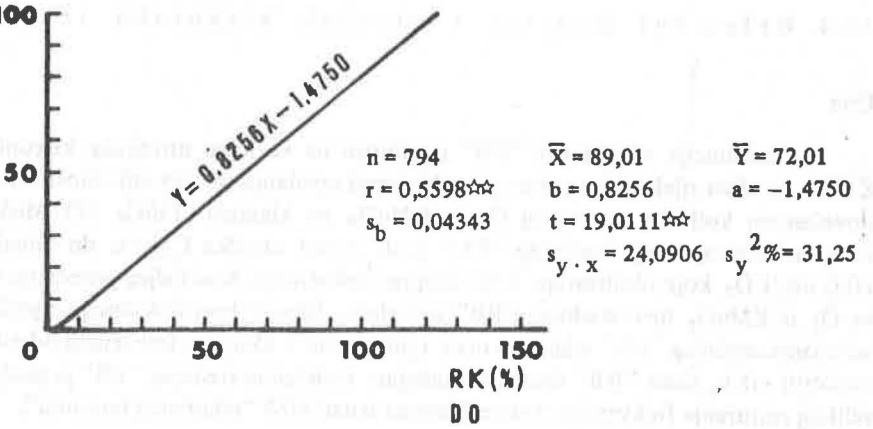
Tab. 36: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na zasićenje vode kiseonikom u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini

Tab. 36: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to saturation of water with oxygen in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„RB" (Y)	Zasićenje kiseonikom (%) – Oxygen saturation (%)										
(%)	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>90	Σ
0 - 20	2	5	3	3	3	8	9	12	10	4	59
21 - 40		4	1	7	9	6	10	11	16	17	81
41 - 60					5	4	10	11	38	41	109
61 - 80						1	4	14	20	66	105
81 - 100					1	4	3	11	52	368	439
Σ	2	9	4	10	18	23	36	59	136	496	793
(%)	0,2	1,1	0,5	1,2	2,4	2,9	4,5	7,4	17,2	62,6	100,0
$\bar{Y}$	10	19	15	24	36	39	40	51	63	82	70

Podaci o liniji regresije (Sl. 34) relativnog boniteta (Y) u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom ukazuju na značajnu vezu ovih varijabli u vodotocima Bosne i Hercegovine ukupno.

Koeficijent korelacije je statistički visoko značajan. Veza je srednje jaka, slabija nego kod vodotoka Une, Vrbasa i Neretve sa Trebišnjicom, a jača nego kod sliva Bosne (u vodotoku Drine veza nije statistički značajna). Regresioni koeficijent je veći nego kod vodotoka Bosne i Neretve sa Trebišnjicom, a manji nego kod Une i Vrbasa. Dio varijacije ukupnih podataka o relativnom bonitetu vodotoka Bosne i Hercegovine za 31% je povezan odgovarajućom linijom regresije. Uklopljenost linija regresija



Sl. 34: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na zasićenost vode rastvorenim kiseonikom, RK (%) – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig.34: Regression of relative bonity, RB, upon saturation of water with dissolved oxygen, DO (%) – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

slabija je samo kod sliva Bosne, u odnosu na liniju regresije ukupnih podataka. Linija regresije relativnog boniteta u odnosu na zasićenost vode kiseonikom (vodotoci BiH ukupno), među izračunatim regresijama, pruža najbolju šansu za uklapanje najnižih vrijednosti parova vrijednosti razmatranih varijabli. U gornjem području zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom procijenjeni relativni bonitet izlazi iz definisanog područja. Opservirani interval svih podataka zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom od 0 do 152% regresijom procjenjuje interval relativnog boniteta od −1,47 do 124,01, što izlazi iz definisanog i opserviranog područja od 0 do 100. Korespondirajući procenti zasićenosti vode rastvorenim kiseonikom koji bi procjenjivali (na linijama regresije) granični relativni bonitet među klasama bili bi slijedeći:

RK %				
Y: – regresija vodotoka BiH ukupno	26,01	50,40	74,46	98,69
– minimalna vrijednost (regresija vodotoka)	−11,55 (Neretva i Trebišnjica)	19,01 (Neretva i Trebišnjica)	49,57 (Neretva i Trebišnjica)	80,14 (Neretva i Trebišnjica)
– maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	45,84 (Vrbas)	64,16 (Vrbas)	82,34 (Vrbas)	111,93 (Bosna)
Relativni bonitet	20	40	60	80

Iz uporednih razmatranja o karakteristikama regresionih linija je izuzet vodotok Drine (među pojedinačnim vodotocima) pošto u njemu nije potvrđeno postojanje linearne veze ovi varijabli.

3.2.3. Relativni bonitet i utrošak kiseonika iz $KMnO_4$

Una

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na količine utrošenog kiseonika iz $KMnO_4$ u slivu rijeke Une pokazuje opšti trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem količine utrošenog O_2 iz $KMnO_4$ po klasama (Tabela 37). Međutim, kontinuirano opadanje srednjeg "RB" prati porast utroška $KMnO_4$ do vrijednosti 10,0 mg/l O_2 koje obuhvataju 77% ukupne frekvencije. Kod daljeg povećanja utroška O_2 iz $KMnO_4$ nivo srednjeg "RB" se koleba. Iako je broj frekvencija u području kolebanja srednjeg "RB" relativno mali, njihov udio u ukupnoj frekvenciji određenih, naročito nižih, klasa "RB" često je značajan. Kolebanje srednjeg "RB" je posljedica velikog rasturanja frekvencija u svim klasama iznad 60% "relativnog boniteta".

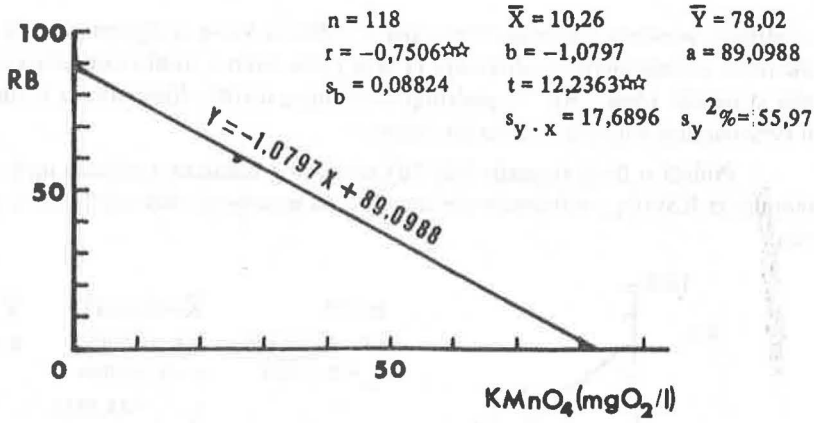
Tab. 37: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Une

Tab. 37: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Una

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20			1	1					3	5
21 - 40		1		3	1	1		2	6	14
41 - 60			1		2	2	1		1	7
61 - 80	2	2	1		1		1	3	1	11
81 - 100	59	12	5	2	1					79
Σ	61	15	8	6	5	3	2	5	11	116
%	52,6	12,9	6,9	5,2	4,3	2,6	1,7	4,3	9,5	100,0
$\bar{Y}$	90	81	73	47	58	43	60	54	28	75

Podaci o liniji regresije (Sl. 35) relativnog boniteta (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika ih $KMnO_4$ (X) ukazuju da je veza negativna i dosta čvrst.

Koeficijenti linearne korelacije su statistički visoko značajni. Dio varijacije relativnog boniteta koji je povezan sa regresijom u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ je srednje visok (56%). Interval variranja potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$, konstatovan u izvorima podataka, od 0,35 do 90,80 regresijom daje procjenu relativnog boniteta od 88,72 do –8,94, a opservirani interval je 100 do 14. Na osnovu ovoga i parametra a vidi se da postoje sistematska odstupanja procjena na rubovima intervala potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$.



Sl. 35: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Una

Fig.35: Regression of relative bonity, RB, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Una

Vrbas

Odnos vrijednosti "RB" i količina utrošenog kiseonika iz $KMnO_4$ u slivu rijeke Vrbasa pokazuje takođe trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem količine utrošenog O_2 iz $KMnO_4$ po klasama (Tabela 38). Međutim, u cijelom klasnom nizu utroška O_2 iz $KMnO_4$ nivo srednjeg "RB" podložan je jasnom kolebanju unutar opšteg trenda opadanja. Kolebanje nivoa srednjeg "RB" zahvata oko 44% ukupne frekvencije pri čemu pojedine od tih frekvencija čine značajan dio ukupne pojave određenih klasa "RB". To ukazuje da u slivu ove rijeke postoji veza između

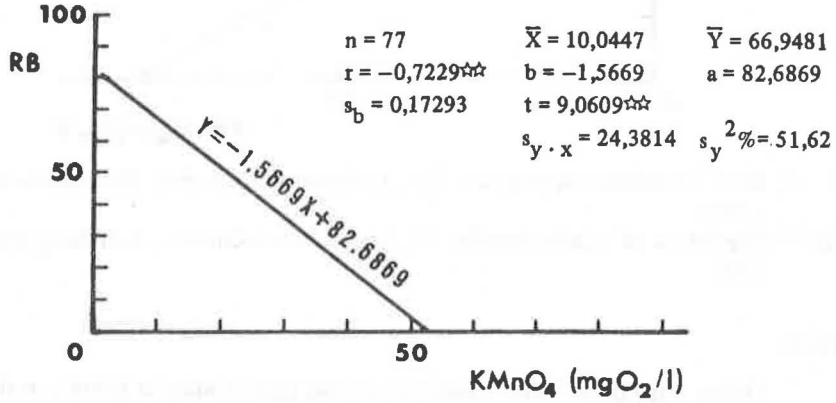
Tab. 38: **Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Vrbasa**

Tab. 38: **Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Vrbas**

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20	1				2	1	1	2	8	15
21 - 40				2	1	3		1	3	10
41 - 60	1									1
61 - 80	10	1								11
81 - 100	32	6	2	1						41
Σ	44	7	2	3	3	4	1	3	11	78
%	56,4	9,0	2,6	3,8	3,8	5,2	1,3	3,8	14,1	100,0
Ȳ	83	87	90	50	17	25	10	17	16	64

relativnog boniteta i utroška kiseonika iz $KMnO_4$ samo u opštem trendu, ali da je u okvirima primijenjene klasifikacije ta veza jasna samo u smislu koncentracija frekvencija iz najviše klase "RB" u području najmanjeg utroška kiseonika iz $KMnO_4$, dok je u svim ostalim klasama ona sasvim labava.

Podaci o liniji regresije (Sl. 36) relativnog boniteta u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ nedvosmisleno upućuju na postojanje veze među ovim promjenljivim.



Sl. 36: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Vrbas

Fig.36: Regression of relative bonity, RB, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Vrbas

Keoficijenti korelacije (r) i regresije (b) su negativni i statistički su visoko značajni. Oko 52% varijacije relativnog boniteta je povezano sa linearnom regresijom u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$. Konstatovani interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,84 do 90,80 mg/l regresijom procjenjuje interval relativnog boniteta od 81,37 do –59,59, a opservirani interval je 0 do 100. U području izraženije potrošnje kiseonika regresija izlazi iz definisanog područja, a u području male potrošnje ne dostiže gornje moguće vrijednosti relativnog boniteta te tako dovodi do sistematskog odstupanja regresije. To upućuje na potrebu iznalaženja drugog oblika veze među ovim pojavama.

Bosna

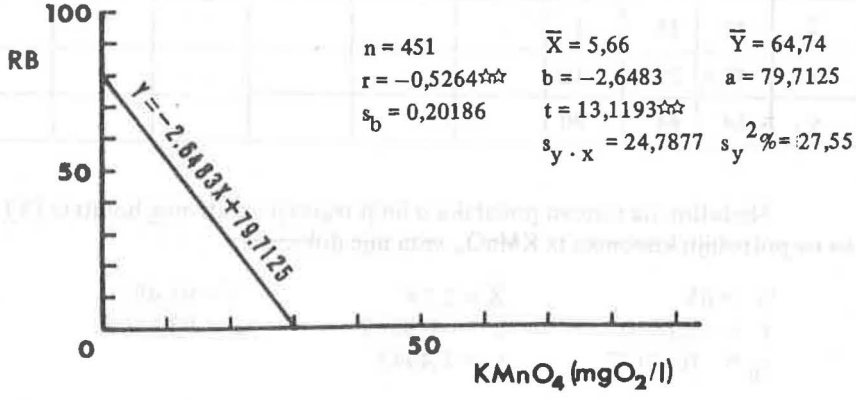
Srednje vrijednosti "RB" u slivu rijeke Bosne pokazuju jasan trend opadanja sa povećanjem količine utrošenog O_2 iz $KMnO_4$ po klasama (Tabela 39). Izuzetak čini samo jedna klasa koja obuhvata svega 0,9% od ukupne frekvencije. U klasnom nizu do 7,5 mg/l utrošenog O_2, što čini preko 72% ukupne frekvencije, stopa opadanja srednjeg "RB" je dosta visoka i prati redosljed klasa "RB", dok je u klasnom nizu iznad te vrijednosti opadanje srednjeg "RB" blaže uz izvjesno kolebanje nivoa. Kolebanje srednjeg "RB" u području viših vrijednosti utroška O_2 iz $KMnO_4$ posljedica je velikog rasturanja frekvencija u klasama sa relativnim bonitetom manjim od 61%.

Tab. 39: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Bosne

Tab. 39: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Bosna

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20		7	12	7		4		3	5	38
21 - 40	1	22	14	8	5	4	2	1	1	58
41 - 60	5	34	31	9	5	9	2	2		97
61 - 80	12	37	11	9				1	1	71
81 - 100	94	75	14	2						185
Σ	112	175	82	35	10	17	4	7	7	449
%	24,9	38,9	18,3	7,8	2,2	3,8	0,9	1,6	1,6	100,0
$\bar{Y}$	86	68	51	45	40	36	40	33	22	64

Na osnovu podataka o liniji regresije (Sl. 37) relativnog boniteta (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X) vidi se da je ovaj oblik veze značajan.



Sl. 37: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – Bosna

Fig.37: Regression of relative bonity, RB, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – Bosna

Koeficijenti linearne regresije i korelacije su negativni i statistički visoko značajni. Sa regresijom je povezano 28% varijacije relativnog boniteta. Opservirani interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,20 do 47,68 mg/l regresijom procjenjuje interval relativnog boniteta od 79,18 do –46,56, a opservirani je 0 do 100. Ovo upućuje na postojanje krivolinijske veze što je konstatovano i na osnovu analize frekvencija po klasama.

Drina

Vrijednosti "RB" u rijeci Drini distribuirane su na svega tri klase utroška kiseonika iz $KMnO_4$ koje obuhvataju vrijednosti manje od 7,6 mg/l O_2 (Tabela 40). Pri tome su gotovo sve frekvencije najviše klase "RB" (81–100%) koncentrisane u području do 5,1 mg/l utrošenog O_2 iz $KMnO_4$. To ukazuje na jasnu vezu između relativnog boniteta i količine utrošenog kiseonika iz $KMnO_4$ u ovoj rijeci, s tim što u okviru korišćene klasifikacije klasa "RB" od 81–100% pokriva dvije klase utroška $KMnO_4$ koje obuhvataju vrijednosti 0,0 – 5,0 mg/l O_2.

Tab. 40: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivu rijeke Drine

Tab. 40: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river system of Drina

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20										
21 - 40										
41 - 60		2								2
61 - 80	3	2								5
81 - 100	43	14	1							58
Σ	46	18	1							65
%	70,8	27,7	1,5							100,0
$\bar{Y}$	89	84	90							88

Međutim, na osnovu podataka o liniji regresije relativnog boniteta (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ veza nije dokazana:

$n = 65$ $\quad \bar{X} = 2{,}29$ $\quad \bar{Y} = 91{,}48$

$r = -0{,}1850^{-}$ $\quad b = -0{,}9582$ $\quad a = 93{,}6693$

$s_b = 0{,}64122$ $\quad t = 1{,}4943^{-}$

Koeficijenti linearne korelacije i regresije nisu statistički značajni. Opservirani interval potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ je od 0,32 do 15,84 mg/l, a relativnog boniteta 48 do 100.

Neretva i Trebišnjica

Distribucija vrijednosti "RB" u rijekama Neretvi i Trebišnjici ograničena je na dvije klase utroška kiseonika iz $KMnO_4$ koje obuhvataju vrijednosti manje od 5,1 mg/l O_2 (Tabela 41). Srednja vrijednost "RB" za obje rijeke (88%) vrlo je bliska

srednjem "RB" klase koja obuhvata preko 9/10 ukupne frekvencije. Prema tome, koncentracija visokih vrijednosti "RB" u klasi najmanjeg utroška kiseonika iz $KMnO_4$ karakteriše odnose ova dva parametra u rijekama Neretvi i Trebišnjici.

Izračunati pokazatelji o liniji regresije relativnog boniteta (Y) u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ (X) nisu potvrdili postojanje ovog oblika veze među varijablama:

$n = 83$ $\bar{X} = 1{,}01$ $\bar{Y} = 92{,}94$

$r = 0{,}1462^{-}$ $b = 3{,}6841$ $a = 89{,}2344$

$s_b = 2{,}76990$ $t = 1{,}3300^{-}$

Tab. 41: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice

Tab. 41: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20										
21 - 40										
41 - 60	1									1
61 - 80	6									6
81 - 100	71	5								76
Σ	78	5								83
%	94,0	6,0								100,0
$\bar{Y}$	88	90								89

Koeficijenti korelacije i koeficijent regresije (b) nisu statistički značajni. Interval variranja relativnog boniteta u izvorima podataka je 58 do 100, a potrošnja kiseonika iz $KMnO_4$ od 0,30 do 2,60 mg/l.

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na količine utrošenog kiseonika iz $KMnO_4$ po klasama, u svim ispitivanim rijekama posmatranim zajedno, pokazuje opšti trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem količine utrošenog kiseonika iz $KMnO_4$ (Tabela 42). Opadanje je kontinuirano i sa znatnim stopama samo u klasama nižih vrijednosti utroška $KMnO_4$ (do 7,5 mg/l O_2), dok je kod klasa sa višim vrijednostima utroška nivo srednjeg "RB" kolebljiv, a opadanje po klasama blaže. To je posljedica koncentracije viših vrijednosti "RB", koje čine veći dio ukupne frekvencije, u klasama manjeg utroška $KMnO_4$ i znatnog rasturanja frekvencija u klasama nižeg "RB'.

Karakteristika odnosa između relativnog boniteta i utroška kiseonika iz $KMnO_4$ u ispitivanim riječnim slivovima posmatranim pojedinačno i skupa je postojanje opšteg trenda opadanja srednje vrijednosti "RB" sa porastom utroška vkiseonika iz $KMnO_4$ po klasama u većini ispitivanih tokova. Odstupanje od jasnog trenda čine rijeke kod kojih je ukupna frekvencija "RB" raspoređena na vrlo mali broj klasa utrošenog $KMnO_4$. Uz određenu opštu dominaciju pojava vrijednosti od 61 – 100% "RB" zapaža se rasturanje frekvencija u svim klasama "RB" u odnosu na utrošak kiseonika iz $KMnO_4$, pri čemu je u pravilu rasturanje veće u klasama nižih vrijednosti relativnog boniteta.

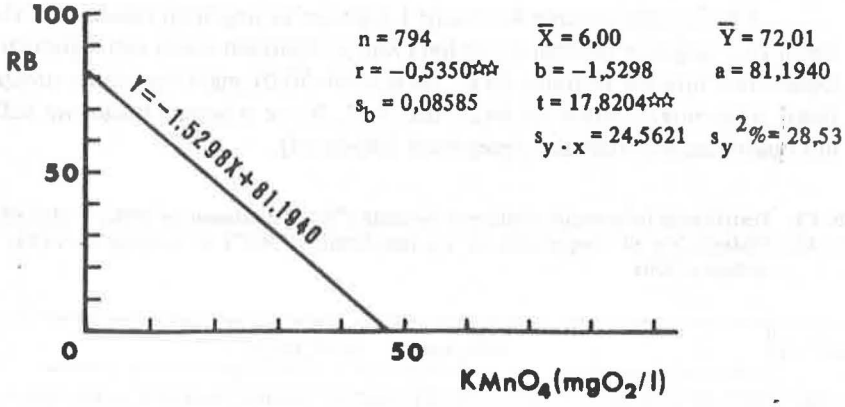
Tab. 42: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na potrošnju $KMnO_4$ u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini

Tab. 42: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to consumption of $KMnO_4$ in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„RB" (Y)	Potrošnja $KMnO_4$ (O_2 mg/l) – Consumption of $KMnO_4$ (O_2 mg/l)									
(%)	0,0-2,5	2,6-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	12,6-15,0	15,1-17,5	17,6-27,5	>27,5	Σ
0 - 20	1	7	13	8	2	5	1	5	16	58
21 - 40	1	23	14	13	7	8	2	4	10	82
41 - 60	6	36	32	9	7	11	3	2	1	107
61 - 80	33	42	12	9	1		1	4	2	104
81 - 100	299	112	22	5	1		1			440
Σ	340	220	93	44	18	24	8	15	29	791
%	42,9	27,8	11,8	5,6	2,3	3,0	1,0	1,9	3,7	100,0
$\bar{Y}$	87	71	54	46	42	35	48	37	23	71

Pokazatelji o liniji regresije (Sl. 38) relativnog boniteta (Y) po utrošku kiseonika iz $KMnO_4$ (X) potvrđuju postojanje veze među ovim promjenljivim u vodotocima BiH posmatranim zajedno.

Keoficijent linearne korelacije je negativan i statistički visoko značajan. Čvrstina linearne veze, mjerena veličinom koeficijenta korelacije, veća je kod pojedinačnih vodotoka Vrbasa i Une, a manja kod sliva Bosne nego kod ukupnih podataka za vodotoke Bosne i Hercegovine. Kod vodotoka Drine i Neretve sa Trebišnjicom linearna veza nije statistički značajna. Nagib linija regresije (Sl. 35 do 38) najveći je kod rijeke Bosne, a najmanji je kod Une, dok je kod Vrbasa nagib blizak onom kod regresije vodotoka Bosne i Hercegovine ukupno. Uklopljenost linije regresije ukupnih podataka za vodotoke BiH bliska je uklopljenosti regresije sliva Bosne, a manja je nego kod Vrbasa i Une. Podaci o potrošnji kiseonika iz $KMnO_4$ leže u intervalu od 0,20 do 90,80 mg/l. Na osnovu ovog intervala regresijom vodotoka Bosne i Hercegovine se procjenjuje interval relativnog boniteta od 80,89 do –57,72 što govori o slaboj uklopljenosti regresije u rubnim područjima. Isti zaključak je već istican kod regresija pojedinih vodotoka.



Sl. 38: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$ – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig.38: Regression of relative bonity, RB, upon oxygen consumption from $KMnO_4$ – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

Na osnovu regresionih linija vodotoka kod kojih je potvrđena značajnost linearne veze mogu se dati vrijednosti potrošnje kiseonika koje bi odgovarale graničnim relativnim bonitetima između pojedinih klasa:

Potrošnja O_2 iz $KMnO_4$ (mg/l)

Y: – regresija vodotoci BiH ukupno	40,00	26,93	13,85	0,78
– minimalna vrijednost (regresija vodotoka)	22,55 (Bosna)	15,00 (Bosna)	7,44 (Bosna)	–0,11 (Bosna)
– maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	64,00 (Una)	45,47 (Una)	26,95 (Una)	8,43 (Una)
Relativni bonitet	20	40	60	80

3.2.4. Relativni bonitet i BPK_5

Una

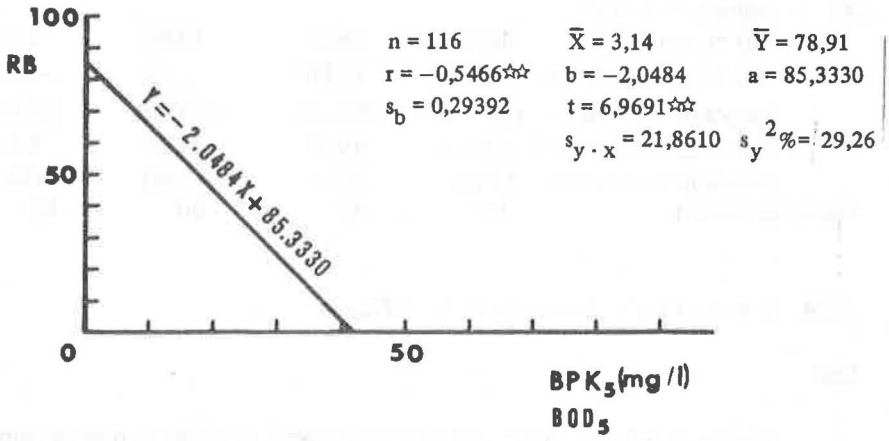
U slivu rijeke Une "RB" pokazuje opšti trend opadanja sa povećanjem BPK_5 po klasama (Tabela 43). U klasnom nizu sa nižim vrijednostima BPK_5 (do 7,50 mg/l) srednji "RB" opada kontinuirano, dok kod klasa sa višim BPK_5 nivo srednjeg "RB" varira. Klasni niz sa kontinuiranim opadanjem srednjeg "RB" obuhvata 9/10 ukupne frekvencije. Frekvencije najviše klase "RB" raspodijeljene su u cjelini unutar područja BPK_5 od 0,00 – 2,50 mg/l, dok je u klasama nižeg "RB" upadljivo rasturanje frekvencija u odnosu na BPK_5.

Komponenta linearnosti veze je značajno izražana što se vidi iz podataka o liniji regresije (Sl. 39) relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X).

Keoficijenti linearne korelacije i regresije su negativni i statistički visoko značajni. Dio varijacije relativnog boniteta koji je objašnjen ovom regresijom iznosi 29%. Opservirani interval variranja BPK_5 od 0,20 do 50,01 mg/l regresijom procjenjuje interval relativnog boniteta od 84,92 do 17,11, što ne odgovara njegovom definisanom niti opserviranom intervalu (opservirani 100 do 14).

Tab. 43: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Une
Tab. 43: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river system of Una

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20		1		1			1	1	1	5
21 - 40	2		3	2	1	2		2		12
41 - 60	1	1	3	2						7
61 - 80	2	5	3			1				11
81 - 100	45	35								80
Σ	50	42	9	5	1	3	1	3	1	115
%	43,5	36,5	7,8	4,3	0,9	2,6	0,9	2,6	0,9	100,0
$\bar{Y}$	86	85	50	34	30	43	10	23	10	76



Sl. 39: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na BPK_5 – Una
Fig.39: Regression of relative bonity, RB, upon BOD_5 – Una

Vrbas

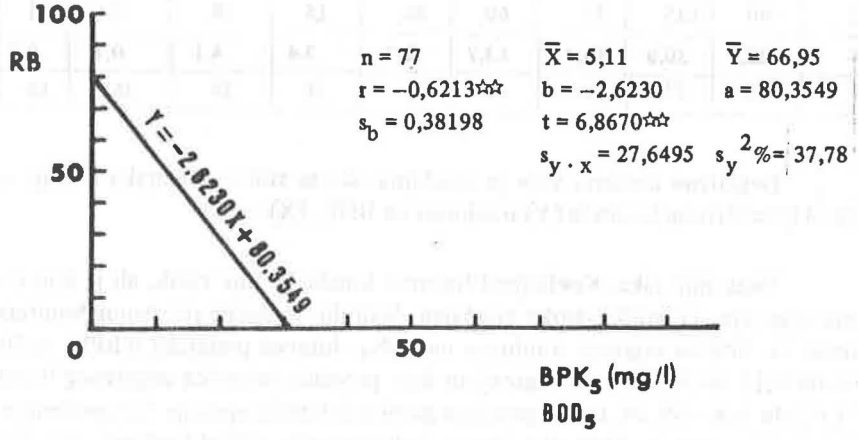
Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Vrbasa pokazuje takođe opšti trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem BPK_5 po kla-

sama (Tabela 44). Opadanje je kontinuirano sa znatnim stopama samo u klasama do 3,75 mg/l BPK_5, koje obuhvataju oko 7/10 ukupne frekvencije. Kod klasa većeg BPK_5 opadanje srednjeg "RB" je blaže uz kolebanje nivoa. Po broju pojava ovdje dominira klasa sa najvišim vrijednostima "RB" koje su gotovo podjednako koncentrisane na dvije klase najmanjeg BPK_5 (0,00 – 2,50 mg/l). Kod klasa sa "RB" manjim od 41% rasturanje frekvencija u odnosu na BPK_5 je veliko.

Tab. 44: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Vrbasa
Tab. 44: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river system of Vrbas

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20		2			4	2	5	2		15
21 - 40			2		2	1	2			7
41 - 60			2							2
61 - 80	3	6		1	1					11
81 - 100	19	18	1	1						39
Σ	22	26	5	2	7	3	7	2		74
%	29,7	35,1	6,8	2,7	9,5	4,0	9,5	2,7		100,0
$\bar{Y}$	88	80	58	80	24	16	16	10		64

Podaci o liniji regresije (Sl. 40) relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X) ukazuju na značajnu vezu među ovim promjenljivim.



Sl. 40: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na BPK_5 – Vrbas
Fig.40: Regression of relative bonity, RB, upon BOD_5 – Vrbas

Keoficijenti linearne korelacije i regresije su negativni i statistički visoko značajni. Dio varijacije relativnog boniteta povezan sa linijom regresije po BPK_5 iznosi 38%. Opservirani interval BPK_5 od 0,20 do 48,20 regresijom daje procjenu relativnog boniteta od 79,83 do –46,08, što u rubnom području dovodi do sistematskog odstupanja regresije.

Bosna

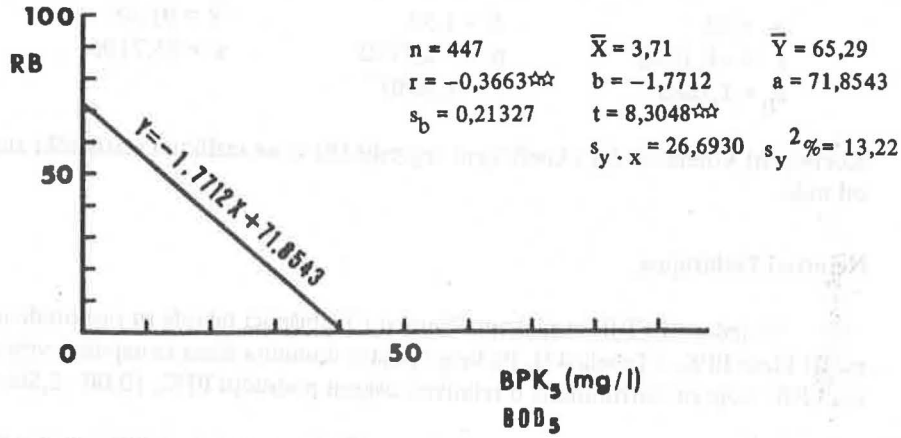
Odnos vrijednosti "RB" i BPK_5 u slivu rijeke Bosne pokazuje trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem BPK_5 po klasama i to u dijelu klasnog niza do 25,00 mg/l BPK_5. Sa daljim porastom BPK_5 (dvije posljednje klase) raste i srednji "RB" (Tabela 45). Međutim, područje nesaglasnosti sa trendom opadanja srednjeg "RB" obuhvata svega 0,9% ukupne frekvencije. Zapaža se rasturanje frekvencija u svim klasama "RB", ali je ono daleko veće kod nižih (do 61%) nego kod viših vrijednosti "RB". Pri tome klase sa "RB" većim od 60% obuhvataju gotovo 4/5 ukupne frekvencije.

Tab. 45: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Bosne
Tab. 45: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river system of Bosna

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20	2	3		2	9	6	11	1		34
21 - 40		10	12	16	13	4	2	1		58
41 - 60	1	20	30	21	13	4	4		1	94
61 - 80	9	30	16	9	3		1	1		69
81 - 100	84	72	13	12		1				182
Σ	96	135	71	60	38	15	18	3	1	437
%	22,0	30,9	16,3	13,7	8,7	3,4	4,1	0,7	0,2	100,0
$\bar{Y}$	86	77	59	54	35	31	24	36	50	65

Negativna linearna veza je značajna, što se vidi iz podataka o liniji regresije (Sl. 41) relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X).

Veza nije jaka. Koeficijent linearne korelacije nije visok, ali je kao i koeficijent regresije statistički visoko značajan. Mali dio varijacije relativnog boniteta je povezan sa linijom regresije u odnosu na BPK_5. Interval podataka o BPK_5 u slivu Bosne od 0,13 do 96,60 mg/l regresijom daje procjenu intervala relativnog boniteta od 71,62 do čak –99,24. Donja procjena granice intervala upućuje da u području visoke biohemijske potrebe kiseonika ovakva linija regresije nije uklopljena, odnosno da takva situacija ne može biti uključena u sistem koji se može ocjenjivati relativnim bonitetom.



Sl. 41: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na BPK_5 – Bosna
Fig.41: Regression of relative bonity, RB, upon BOD_5 – Bosna

Drina

Sve vrijednosti "RB" u rijeci Drini distribuirane su na tri klase BPK_5 (Tabela 46). Pri tome srednja vrijednost "RB" u odnosu na povećanje BPK_5 po klasama prvo blago opada, a onda raste. Gotovo 90% ukupne frekvencije otpada na najvišu klasu "RB". S obzirom na dosta mali apsolutni broj frekvencija, zabilježena distribucija na tri klase predstavlja znatno rasturanje u odnosu na BPK_5.

Tab.46: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivu rijeke Drine
Tab.46: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river system of Drina

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20										
21 - 40										
41 - 60		2								2
61 - 80	2	3								5
81 - 100	22	29	7							58
Σ	24	34	7							65
%	36,9	52,3	10,8							100,0
Ȳ	88	86	90							88

Linearana veza nije utvrđena, što se vidi iz podataka o liniji regresije relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X):

n = 65	$\overline{X}$ = 1,53	$\overline{Y}$ = 91,48
r = –0,1938⁻	b = –2,7730	a = 95,7106
s_b = 1,7685	t = 1,5680⁻	

Koeficijent korelacije (r) i koeficijent regresije (b) se ne razlikuju statistički značajno od nule.

Neretva i Trebišnjica

Vrijednosti "RB" u rijekama Neretvi i Trebišnjici takođe su raspoređene samo na tri klase BPK_5 (Tabela 47). Po broju pojava dominira klasa sa najvišim vrijednostima "RB" koje su distribuirane u relativno uskom području BPK_5 (0,00–2,50 mg/l).

Tab.47: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice
Tab.47: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river systems of Neretva and Trebišnjica

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20										
21 - 40										
41 - 60			1							1
61 - 80	4	1	1							6
81 - 100	52	18	5							75
Σ	56	19	7							82
%	68,3	23,2	8,5							100,0
$\overline{Y}$	89	89	81							88

Linearna veza nije dokazana, što se vidi iz podataka o liniji regresije relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X):

n = 83	$\overline{Y}$ = 92,94	$\overline{X}$ = 1,12
r = 0,0036⁻	b = 0,0619	a = 92,87
s_b = 1,90220	t = 0,0325⁻	

Koeficijenti korelacije (r) i regresije (b) nisu statistički značajni.

Vodotoci Bosne i Hercegovine ukupno i uporedno

Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na BPK_5 u svim ispitivanim rijekama posmatranim zajedno pokazuje opšti trend opadanja srednje vrijednosti "RB" sa povećanjem BPK_5 po klasama (Tabela 48). Opadanje je kontinuirano i sa znatnijom sto-

pom u prvih pet klasa BPK_5 (do 7,50 mg/l). Kod daljeg povećanja BPK_5 opadanje srednjeg "RB" se smanjuje, a u posljednje dvije klase dolazi do odstupanja od opšteg trenda. Te dvije klase obuhvataju zajedno svega 1,3% ukupne frekvencije tako da to odstupanje nema većeg značaja. Najveću frekvenciju ima klasa sa najvišim vrijednostima "RB" (oko 7/10 ukupne frekvencije) koje su uglavnom koncentrisane u području nižih vrijednosti BPK_5 (0,00 – 2,50 mg/l). Niže vrijednosti "RB" pokazuju dosta jako rasturanje u odnosnu na BPK_5.

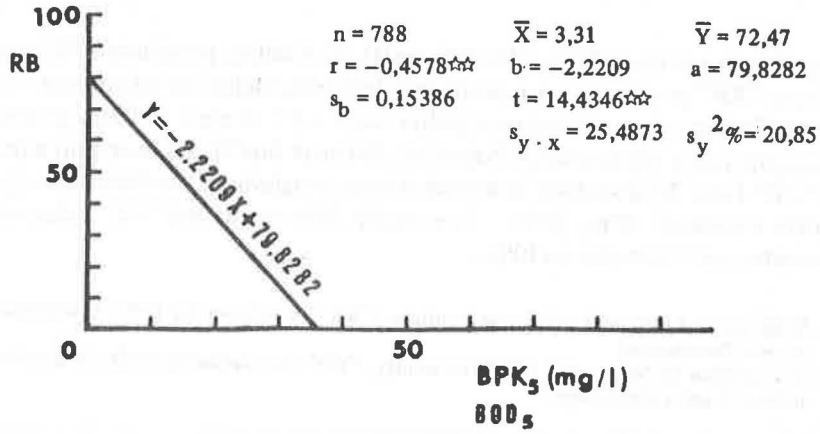
Tab.48: Distribucija frekvencija relativnog boniteta ("RB") u odnosu na BPK_5 u slivovima rijeka u Bosni i Hercegovini
Tab.48: Distribution of frequencies of relative bonity ("RB") in relation to BOD_5 in the river systems in Bosnia and Herzegovina

„RB" (Y)	BPK_5 (mg/l) – BOD_5 (mg/l)									
(%)	0,0-1,25	1,26-2,5	2,51-3,75	3,76-5,0	5,01-7,5	7,51-10,0	10,01-25,0	25,01-50,0	>50	Σ
0 - 20	2	6		3	13	8	17	4	1	54
21 - 40	2	10	17	18	16	7	4	3		77
41 - 60	2	23	36	23	13	4	4		1	106
61 - 80	20	45	20	10	4	1	1	1		102
81 - 100	222	172	26	13		1				434
Σ	248	256	99	67	46	21	26	8	2	773
%	32,1	33,1	12,8	8,7	5,9	2,7	3,4	1,0	0,3	100,0
$\bar{Y}$	87	79	61	54	34	31	22	25	30	71

Sumirajući rezultate analize odnosa između relativnog boniteta i BPK_5 u ispitivanim tokovima moguće je zapaziti vrlo slične relacije ova dva parametra kao i u slučaju odnosa "RB" prema potrošnji O_2 iz $KMnO_4$. Trend odnosa i odstupanja od njega tiču se istih tokova, a rasturanje frekvencija pokazuje slične karakteristike.

Linearna komponenta veze je značajna što ilustruju podaci o regresiji (Sl. 42) relativnog boniteta (Y) u odnosu na BPK_5 (X) vodotoka Bosne i Hercegovine zajedno.

Keoficijent linearne korelacije je negativan i statistički visoko značajan. U odnosu na vodotoke pojedinih rijeka čvrstina linearne veze, mjerene koeficijentom linearne korelacije i procentom varijacije relativnog boniteta koji je povezan sa linijom regresije u odnosu na BPK_5, vodotoci Bosne i Hercegovine ispoljavaju slabiju vezu nego kod Vrbasa i Une, a jaču nego kod sliva Bosne (Drina i Neretva sa Trebišnjicom nisu uključene u poređenje pošto kod ovih vodotoka nije utvrđena veza relativnog boniteta i BPK_5). Interval BPK_5, u ukupnim podacima o vodotocima BiH, od 0,10 do 96,60, odgovarajućom regresijom daju procjenu intervala relativnog boniteta od 79,61 do –134,71, što znatno odstupa u odnosu na definisani i opservirani (0 do 100). Kako proističe iz analize distribucije frekvencija po klasama postoji opadanje intenziteta promjene relativnog boniteta sa porastom BPK_5, što sa sistematskim od-



Sl. 42: Regresija relativnog boniteta, RB, u odnosu na BPK_5 – vodotoci Bosne i Hercegovine zajedno

Fig.42: Regression of relative bonity, RB, upon BOD_5 – the river systems of Bosnia and Herzegovina together

stupanjem linije regresije u krajnjim područjima upućuje na različite regresione koeficijente u pojedinim intervalima BPK_5, odnosno na krivolinijsku vezu. Do definisanja tog oblika veze, aproksimacija linearne veze, opravdana statističkim testovima, može ukazati na vrijednosti BPK_5 koje korespondiraju relativnim bonitetima na granicama među klasama ovog pokazatelja:

BPK_5 (mg/l)				
Y: – regresija vodotoka BiH ukupno	29,94	17,93	8,93	–0,08
– minimalna vrijednost (regresija vodotoka)	23,01 (Vrbas)	15,39 (Vrbas)	6,69 (Bosna)	–4,60 (Bosna)
– maksimalna vrijednost (regresija vodotoka)	31,89 (Una)	22,13 (Una)	12,37 (Una)	2,60 (Una)
Relativni bonitet	20	40	60	80

Središnja i donja vrijednost BPK_5 koje bi procjenjivale relativni bonitet 80 su nemoguće niske.

3.3. Frekvencija i gustina populacija nekih saprobnih indikatora u odnosu na saprobni indeks zajednica

Analiza podataka u tabeli 49 pokazuje da je *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. bila prisutna u zajednicama sa saprobnim indeksom od 1,0 do 3,8 jedinica. U cjelini, najveća frekvencija javljanja bila je pri najnižoj relativnoj brojnosti populacija, dok je

Tab. 49: Dustribucija saprobnog indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednica
Tab. 49: Distributon of the saprobic indicator in relation to the saprobic indices of the communities
Indikator: *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.

"S"	Frekvencija (f) h = 1	h = 3	h = 5	Σ f	Σ fh
1,0		3		3	9
1,1	4	3		7	13
1,2	2	2		4	8
1,3	3		1	4	8
1,4	2			2	2
1,5	3	1		4	6
1,6	6	10	7	23	71
1,7	8	5	2	15	33
1,8	14	12	2	28	60
1,9	12	7	5	24	58
2,0	11	14	3	28	68
2,1	3	7	4	14	44
2,2	3	4		7	15
2,3	6	10		16	36
2,4	9	2		11	15
2,5	5	2	1	8	16
2,6	7	3	1	11	21
2,7	9			9	9
2,8	6	1		7	9
2,9	4	2		6	10
3,0	5	2		7	11
3,1	5			5	5
3,2	2	2		4	8
3,3	3			3	3
3,4	1			1	1
3,5	4			4	4
3,6					
3,7					
3,8	1			1	1
3,9					
4,0					
Σ	138	92	26	256	544

najmanja frekvencija bila pri najvišoj relativnoj brojnosti. U približno sličnom odnosu stoje i rasponi koji se odnose na određene gustine populacije ove vrste. Visoke vrijednosti sume produkata *fh* nalaze se u intervalu 1,6 do 2,6 jedinica saprobnog indeksa. Visoke vrijednosti procentualnog učešća nalaze se u intervalima 1,5 – 1,9 i 2,0 i 2,4 saprobnog indeksa, što znači da je težište ove vrste u ispitivanom području u beta-mezosaprobnoj zoni (Sl. 43,C). Ovaj nalaz je u saglasnosti sa položajem vrste u saprobnim sistemima Kolkwitz-a (1959), Liebmann-a (1962) i Sladeček-a (1973). Međutim, Buck (1971) nalazi da ova vrsta nije prihvatljiva kao saprobni indikator.

Cymbella ventricosa Kutz., slično kao i prethodna vrsta, javlja se u širokom rasponu saprobnih indeksa zajednica od 1,0 do 3,5 (Tabela 50). Frekvencija javljanja bila je gotovo jednaka pri maloj i srednjoj relativnoj brojnosti, dok je pri visokoj relativnoj brojnosti frekvencija bila daleko manja. Međutim, rasponi javljanja unutar saprobnog indeksa, koji se odnose na određene gustine populacija, postepeno opadaju od najniže ka najvišoj relativnoj brojnosti. Visoke vrijednosti produkta *fh* nalaze se u intervalu saprobnog indeksa 1,5 – 1,9 i pokazuju da tendenca ove vrste leži u beta-mezosaprobnom području (Sl. 43, D). To nije u saglasnosti sa raspodjelom saprobne valence ove vrste kod Sladeček-a (1973) gdje se tendenca nalazi u oligosaprobnom stupnju. Naši nalazi se više slažu sa sistemima u kojima je ova vrsta indikator beta-mezosaprobnog stupnja (Liebmann, 1962). Buck (1971) nalazi da ova vrsta pri svim gustinama populacije ima širok dijapazon pojava i stoga smatra da nije prihvatljiva kao saprobni indikator.

U odnosu na dvije prethodne vrste, *Cladophora glomerata* Kutz., je bila prisutna u znatno užem dijapazonu (1,5 – 2,3) saprobnog indeksa zajednice (Tabela 51). Najveći broj nalaza bio je pri srednjoj relativnoj brojnosti populacija, dok su pri najnižoj i najvišoj gustini frekvencije bile manje i u sumi približno jednake. Pada u oči da je raspon saprobnih indeksa zajednica unutar kojeg se ova vrsta javljala bio jednak pri svim nivoima relativne brojnosti populacija. Visoke vrijednosti produkta *fh* nalaze se u intervalu od 1,6 do 2,0 a najveće njegovo procentualno učešće je u intervalu 1,5 – 1,9 saprobnog indeksa. Prema tome, i tendenca i ukupna distribucija ove vrste u odnosu na saprobne indekse zajednica leže u području beta-mezosaprobnog stupnja (Sl. 43, E). Ovi nalazi odgovaraju generalno položaju ove vrste u saprobnom sistemu Sladeček-a (1973), ali je njena distribucija u našem slučaju daleko uža.

Kolkwitz (1950) i Liebmann (1962) označavaju ovu vrstu kao indikatora oligosaprobne zone što naša istraživanja ne potvrđuju.

Analiza podataka o distribuciji *Tubifex tubifex* Muller pokazuju da se ova vrsta javljala u zajednicama sa saprobnim indeksom od 1,1 do 3,8 (Tabela 52). Više vrijednosti produkta *fh* bile su u području 2,3 – 3,5 saprobnog indeksa. Približno 70% ukupnog iznosa produkta *fh* leži u intervalu koji odgovara alfa-mezosaprobnom području (Sl. 43, A). Međutim, u saprobnim sistemima Kolkwitz-a (1950), Liebmann-a (1962) i Sladeček-a (1973) ova vrsta je označena kao indikator polisaprobne zone. Moguće je da ova nesaglasnost dolazi kao posljedica izrazito malog broja polisaprobnih nalaza u podacima na kojima počiva naša analiza.

Tab. 50: Dustribucija saprobnog indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednica
Tab. 50: Distribution of the saprobic indicator in relation to the saprobic indices of the communities
Indikator: *Cymbella ventricosa* Kutz.

"S"	Frekvencija (f)				
	h=1	h=3	h=5	Σf	Σfh
1,0		5	2	7	25
1,1	2	7		9	23
1,2	1	5	3	9	31
1,3	2	2		4	8
1,4	1	2		3	7
1,5		2	2	4	16
1,6	7	14	1	22	54
1,7	7	15	2	24	62
1,8	6	22	5	33	87
1,9	10	13	4	27	69
2,0	9	7	4	20	50
2,1	5	6		11	23
2,2	2	2		4	8
2,3	6	3	1	10	20
2,4	11			11	11
2,5	5	2		7	11
2,6	10		1	11	15
2,7	2			2	2
2,8	4	1		5	7
2,9	3	1		4	6
3,0	3			3	3
3,1	2			2	2
3,2	3			3	3
3,3	2			2	2
3,4					
3,5	1			1	1
3,6					
3,7					
3,8					
3,9					
4,0					
Σ	104	109	25	238	546

Tab. 51: Dustribucija saprobnog indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednice
Tab. 51: Distributon of the saprobic indicator in relation to the saprobic indices of the communities
Indikator: *Cladophora glomerata* Kutz.

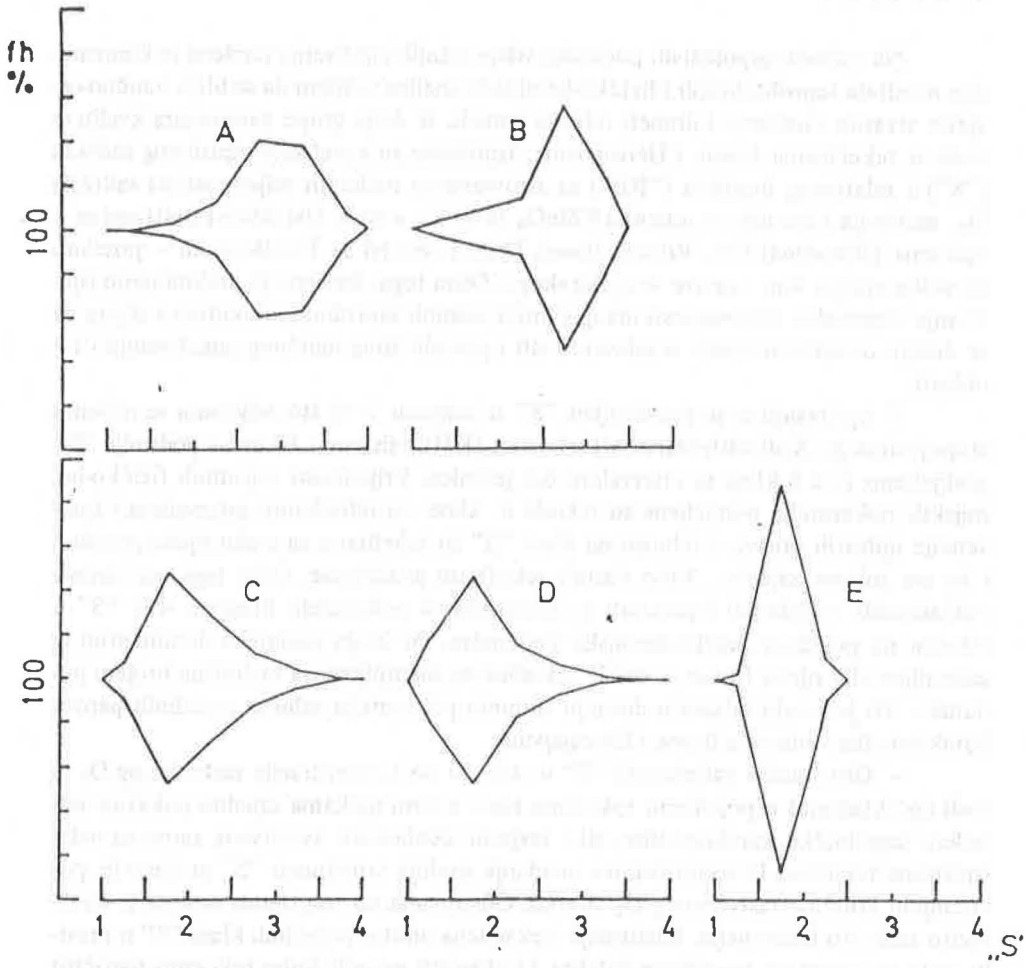
"S"	Frekvencija (f) h = 1	h = 3	h = 5	Σ f	Σ hf
1,0					
1,1					
1,2					
1,3					
1,4					
1,5		4		4	12
1,6	1	10	2	13	41
1,7	3	14	1	18	50
1,8		19	4	23	77
1,9	2	10	2	14	42
2,0	1	2		3	7
2,1	1	2	1	4	12
2,2		1		1	3
2,3	1		1	2	6
2,4					
2,5					
2,6					
2,7					
2,8					
2,9					
3,0					
3,1					
3,2					
3,3					
3,4					
3,5					
3,6					
3,7					
3,8					
3,9					
4,0					
Σ	9	62	11	82	250

Tab. 52: Dustribucija saprobnog indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednica
Tab. 52: Distributon of the saprobic indicator in relation to the saprobic indices of the communities
Indikator: *Tubifex tubifex* Muller

"S"	Frekvencija (f) h = 1	h = 3	h = 5	Σ f	Σ fh
1,0					
1,1	1			1	1
1,2					
1,3					
1,4					
1,5					
1,6	1			1	1
1,7					
1,8	4			4	4
1,9	4			4	4
2,0	5			5	5
2,1	3			3	3
2,2	5			5	5
2,3	5	1		6	8
2,4	8	3		11	17
2,5	7	2		9	13
2,6	10	7	1	18	36
2,7	4	3	1	8	18
2,8	2	5	4	11	37
2,9	3	2	4	9	29
3,0		2	6	8	36
3,1		4	5	9	37
3,2	1	6	2	9	29
3,3	1	1	4	6	24
3,4		1	2	3	13
3,5		4	3	7	27
3,6					
3,7		1	1	2	8
3,8		1	1	1	3
3,9					
4,0					
Σ	64	43	33	140	358

Tab. 53: Dustribucija saprobnog indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednica
Tab. 53: Distributon of the saprobic indicator in relation to the saprobic indices of the communities
Indikator: *Asellus aquaticus* L.

"S"	Frekvencija (f) h = 1	h = 3	Σ f	Σ fh
1,0				
1,1	1		1	1
1,2				
1,3				
1,4				
1,5				
1,6	1		1	1
1,7				
1,8	1		1	1
1,9	1		1	1
2,0				
2,1				
2,2	1		1	1
2,3	1		1	1
2,4	1		1	1
2,5	3		3	3
2,6	4	1	5	7
2,7				
2,8	1	1	2	4
2,9	1	1	2	4
3,0	1	2	3	8
3,1		1	1	3
3,2				
3,3	1		1	1
3,4				
3,5				
3,6				
3,7				
3,8				
3,9				
4,0				
Σ	18	6	24	37



Sl. 43: Distribucija indikatorskih vrsta u saprobnom sistemu: A – T u b i f e x t u b i f e x, B – A s s e l u s a q u t i c u s, C – S y n e d r a u l n a, D – C y m b e l l a v e n t r i c o s a, E – C l a d o p h o r a g l o m e r a t a

Fig.43: Distribution of the indicator species in the saprobity system

Ukupna frekvencija javljanja *Asellus aquaticus* L. bila je izrazito mala (Tabela 53). Uz to vrsta se javljala samo sa malim i srednjim relativnim brojnostima populacija. Ukupna suma produkata *fh* je takođe mala, a nešto više vrijednosti od ostalih nalaze se u intervalu saprobnog indeksa 2,5 – 3,1. Oko 87% ukupnog produkta *fh* nalazi se u intervalu saprobnog indeksa koji odgovara alfa-mezosaprobnom stupnju (Sl. 43, B). Međutim, usljed izrazito male frekvencije javljanja ova vrsta jedva da ima neku vrijednost kao saprobni indikator u istraživanom području. Do sličnih zaključaka dolazi i L i e b m a n n (1962). B u c k (1971) nalazi da je ova vrsta valjan indikator sa težištem kod 2,39 saprobnog indeksa. Kod S l a d e č e k - a (1973) vrsta ima težište u alfa-mezosaprobnom stupnju.

4. REZIME

Na osnovu raspoloživih podataka višegodišnjih ispitivanja izvršena je komparacija rezultata saprobioloških i fizičko-hemijskih analiza s ciljem da se bliže naučno-osvjetle stvarno značenje i dometi odnosa između te dvije grupe parametara kvaliteta vode u tekućicama Bosne i Hercegovine. Ispitivane su korelacije saprobnog indeksa ("S") i relativnog boniteta ("RB") sa istovremeno nađenim vrijednostima sadržaja O_2, zasićenja kiseonikom, utroška $KMnO_4$ te BPK_5 u vodi. Ovi odnosi ispitivani su u rijekama (slivovima) Uni, Vrbasu, Bosni, Drini i Neretvi sa Trebišnjicom – posebno za svaku rijeku, kao i za sve te rijeke skupa. Osim toga, izvršeno je preliminarno ispitivanje regionalne adekvatnosti manjeg broja važnijih saprobnih indikatora s ciljem da se dobiju osnovne naznake o releventnosti i potrebi šireg naučnog angažovanja i toj oblasti.

U ispitivanjima je primijenjen "S" u rasponu 1–4 što odgovara saprobnim stupnjevima po Kolkwith-Marsson-Liebmann (KML) sistemu. Ukupno područje "S" podijeljeno je u 6 klasa sa intervalom 0,5 jedinica. Vrijednosti pojedinih fizičko-hemijskih pokazatelja podijeljene su takođe u klase sa određenim intervalima i frekvencije njihovih pojava u odnosu na klase "S" su tabelirane za svaku rijeku posebno i za sve tokove zajedno. Tako nastale relacije su analizirane. Osim toga, na osnovu neklasiranih vrijednosti izračunati su kvantitativni pokazatelji linearne veze "S" u odnosu na pojedine fizičko-hemijske parametre. Po broju podataka dominantno je zastupljen sliv rijeke Bosne, a ostale tekućice su zastupljene sa različitim brojem podataka. To je imalo odraza u davanju skupnih pokazatelja odnosa pojedinih parova karakteristika vodotoka Bosne i Hercegovine.

– Distribucija vrijednosti "S" u odnosu na koncentracije rastvorenog O_2 u vodi (po klasama) u pojedinim tokovima kao i u svim rijekama zajedno pokazuje određene zajedničke karakteristike, ali i izvjesne osobenosti svojstvene samo za neke ispitivane tekućice. U većini tokova opadanje srednje vrijednosti "S" praćeno je povećanjem količine rastvorenog O_2 u vodi. Odstupanja od tog trenda odnose se na izrazito mali dio frekvencija. Rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa "S" u pravilu raste sa porastom saprobnog indeksa. Osobenosti po pojedinim tokovima naročito se manifestuju u apsolutnoj vrijednosti "S", u dominiranju određenih nivoa "S" i u koncentraciji frekvencija na odgovarajuće dijapazone vrijednosti rastvorenog O_2 u vodi. U cjelini vodotoke Bosne i Hercegovine, na osnovu linije regresije, karakteriše slabo opadanje saprobnog indeksa u vezi sa porastom količine rastvorenog kiseonika. Vodotoci Vrbasa i Une čine skupinu kod koje je opadanje intenzivnije, a Bosne i Drine skupinu kod koje je opadanje manje intenzivno u odnosu na cjelovito područje vodotoka BiH. Neretva sa Trebišnjicom predstavlja izuzetnu skupinu kod koje linearna regresija ima pozitivan koeficijent, tj. u opserviranom intervalu "S" raste sa porastom količine rastvorenog kiseonika. Osobenost veze ovih pokazatelja ispoljena geografski u sebe uključuje kompleks određenih faktora, prirodnih i tehnogenih.

– Analiza distribucije frekvencija vrijednosti "S" u odnosu na zasićenost vode kiseonikom (%) ukazuje, uglavnom, na slične relacije ovih parametara kao i u slučaju odnosa "S" prema količini rastvorenog kiseonika. Izvjesne manje razlike javljaju se po osnovu apsolutne nepodudarnosti klasa koje odgovaraju količini O_2 u vodi, od-

nosno stepenu zasićenja vode kiseonikom. Linearna veza saprobnog indeksa sa procentom zasićenja vode kiseonikom nije značajna jedino kod vodotoka Drine, a vodotok Neretve sa Trebišnjicom ima, suprotno očekivanju, pozitivnu vezu ovih pokazatelja. Veza je jaka kod Une i Vrbasa, a u ostalim skupinama analiziranih podataka slabija. Nagib linija regresije i njihova ishodišta se u različitom stepenu razlikuju među pojedinim vodotocima.

– Odnos vrijednosti saprobnog indeksa i potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$ u pojedinim vodotocima kao i u svim tokovima zajedno ukazuje da rast srednje vrijednosti "S" prati rast potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$. Rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa "S" u pravilu je najveće u klasama koje odgovaraju srednjem stepenu saprobiteta, a nešto je manje pri najmanjim i najvećim vrijednostima saprobnog indeksa. U pojedinim vodotocima i vodotocima Bosne i Hercegovine u cjelini konstatovana je značajna linearna veza. Čvrstina veze je različita u različitim tekućicama, najveća u Uni i Vrbasu, najmanja u Drini. Linija regresije, koja je različita po ishodištu i po nagibu kod pojedinih vodotoka, uglavnom, ne može predvidjeti saprobne indekse koji bi odgovarali oligosaprobnom stupnju. Takođe, visoke vrijednosti potrošnje O_2 iz $KMnO_4$ regresijom bi procjenjivale "S" izvan njegovog definisanog područja.

– Distribucija vrijednosti "S" u odnosu na BPK_5 ukazuje, uglavnom, na slične karakteristike odnosa ovih parametara kao i u slučaju odnosa "S" prema potrošnji kiseonika iz $KMnO_4$. Izvjesne neznatne razlike u tim odnosima ne utiču na opšte pravilnosti konstatovane kako za pojedine ispitivane rijeke tako i za sve tokove u cjelini. U svim posmatranim vodotocima u Bosni i Hercegovini (pojedinačno i u cjelini) postoji značajna, ali slabija pozitivna linearna veza saprobnog indeksa i BPK_5. Sistematska odstupanja procjena saprobnog indeksa na osnovu linija regresije u području njegovih definisanih rubnih vrijednosti upućuju na zakrivljenost veze, slično kao i kod veze "S" u odnosu na potrošnju kiseonika iz $KMnO_4$.

Ukupno područje "RB" uvijek je dijeljeno na 5 klasa sa intervalom od 20 jedinica. Vrijednosti kompariranih fizičko-hemijskih parametara dijeljeni su u klase kao i kod upoređivanja sa saprobnim indeksom. Frekvencija pojave datih fizičko-hemijskih parametara u odnosu na klase "RB" su tabelirane za svaku ispitivanu rijeku posebno i za sve tokove zajedno. Tako nastale relacije su analizirane. Svi raspoloživi parovi pokazatelja (neklasirani), čija je povezanost ispitivana, uključeni su u određivanje parametara linije regresije po pojedinačnim rijekama (slivovima) i ukupno za sve ispitivane tokove Bosne i Hercegovine.

– U većini ispitivanih riječnih slivova posmatranih pojedinačno i zajedno uočava se opšti trend porasta srednje vrijednosti "RB" sa rastom koncentracije rastvorenog O_2 u vodi. Izuzetak čine rijeke kod kojih je ukupna frekvencija "RB" koncentrisana na mali broj klasa rastvorenog kiseonika. Konstatovano je rasturanje frekvencija unutar svih klasa "RB", pri čemu je, po pravilu, rasturanje veće u klasama nižih vrijednosti "RB". U svim posmatranim skupinama podataka ispitivana linearna veza, relativnog boniteta i količine rastvorenog kiseonika, je pozitivna, statistički značajna, a kod pojedinih vodotoka je dosta čvrsta (Una, Vrbas). Sličnost linearne veze po pojedinim vodotocima je različito ispoljena. Mogućnost predikcije relativnog boniteta na osnovu količine rastvorenog kiseonika pomoću linearne regresije je slabija u njegovim rubnim područjima.

– Distribucija vrijednosti "RB" u odnosu na zasićenje vode sa O_2 (u %) ukazuje, uglavnom, na vrlo slične relacije ova dva parametra kao i u slučaju odnosa "RB" prema količini rastvorenog O_2 u vodi. Uočeni trend odnosa i odstupanja od njih tiču se istih tokova, a rasturanje frekvencija unutar pojedinih klasa "RB" na klase zasićenja kiseonikom i ovdje opada sa porastom "RB". Izuzev vodotoka Drine, dokazana je značajna linearna veza relativnog boniteta i procenta zasićenja vode kiseonikom. Porast relativnog boniteta u vezi sa porastom zasićenosti vode sa kiseonikom je manje ili više različit kod pojedinih vodotoka BiH. Karakteristike uklopljenosti linija regresije su slične kao kod regresija relativnog boniteta u odnosu na količinu rastvorenog kiseonika.

– Karakteristika odnosa između relativnog boniteta i utroška O_2 iz $KMnO_4$ u ispitivanim rijekama pojedinačno i skupa je u postojanju opšteg trenda opadanja srednje vrijednosti "RB" sa porastom utroška $KMnO_4$. Odstupanje od jasnog trenda čine rijeke kod kojih je ukupna frekvencija "RB" koncentrisana na sasvim mali broj klasa utroška $KMnO_4$. Zapaženo je rasturanje frekvencija u svim klasama "RB" u odnosu na klase utroška O_2 iz $KMnO_4$, pri čemu je, u pravilu, rasturanje veće u klasama nižih vrijednosti "RB". Kod dvije skupine podataka (Drina i Neretva sa Trebišnjicom) nije dokazana linearna veza relativnog boniteta sa potrošnjom kiseonika iz $KMnO_4$. U ostalim vodotocima BiH kao i u ukupnim podacima veza je negativna, značajna, srednje čvrsta ili čvrsta. Karakteristike odstupanja od linija regresije indiciraju krivolinijsku vezu u pojedinim intervalima.

– Analiza odnosa između relativnog boniteta i BPK_5 (po klasama) u ispitivanim vodotokovima pokazuje vrlo slične relacije između ova dva parametra kao i u slučaju odnosa "RB" prema utrošku O_2 iz $KMnO_4$. Trend odnosa i odstupanja od njega tiču se istih tokova, a rasturanje frekvencija pokazuje slične osobine. Linearna veza relativnog boniteta i BPK_5 nije potvrđena u dvije skupine podataka (Drina i Neretva sa Trebišnjicom), a kod ostalih skupina je negativna, značajna i srednje jačine. Uklopljenost linija regresije je slabija nego u slučaju potrošnje kiseonika iz $KMnO_4$. Indicije krivolinijske povezanosti su uočene i u razmatranjima odnosa relativnog boniteta i BPK_5.

– Kada se uporede zaključci o odnosima saprobnog indeksa prema drugim pokazateljima kvaliteta vode sa zaključcima o odnosima relativnog boniteta sa odgovarajućom promjenljivom u okviru iste skupine (vodotoka) vidi se da je čvrstina veze i uklopljenost linija regresije veoma slična za Unu, Vrbas, Bosnu i vodotoke Bosne i Hercegovine u cjelini, a za Drinu i Neretvu sa Trebišnjicom saprobni indeks ispoljava bolju linearnu povezanost nego relativni bonitet. Linearnost veze u svim razmatranim slučajevima najviše je izražena u vodotocima Une i Vrbasa, a najmanje kod Drine i Neretve sa Trebišnjicom. Vodotoci Bosne i Hercegovine, u cjelini i po pojedinim slivovima ispoljavaju izvjesne osobenosti odnosa razmatranih bioloških i fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta voda kada se porede sa literaturnim izvorima o drigim vodotocima.

Izvršena je preliminarne analize distribucije pet saprobnih indikatora u odnosu na saprobne indekse zajednica u tekućicama Bosne i Hercegovine. Iskorišćeni su podaci ispitivanja prisutnosti i relativne abundancije u periodu 1966–1981 godine. Bilo je moguće zapaziti tri tipa distribucije:

a) vrste koje se javljaju u širokom dijapazonu saprobiteta, ali najveće frekvencije pojave i najviše vrijednosti produkta "f h " i njegovog relativnog učešća imaju u užem dijapazonu saprobnog indeksa (*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Cymbella ventricosa* Kutz., *Tubifex tubifex* Muller);

b) vrsta čija frekvencija javljanja leži unutar jednog saprobnog stepena (*Cladophora glomerata* Kutz.), i

c) vrsta kod koje visoki procenat ukupne vrijednosti produkta "f h " leži unutar jednog saprobnog stepena, ali koja ima izrazito malu ukupnu frekvenciju (*Asellus aquaticus* L.).

Ovi nalazi ukazuju na potrebu intenzivnijeg naučnog istraživanja u toj oblasti.

5. LITERATURA

B i c k, H. (1968): Autokologische und Saprobiologische Untersuchungen an Susswasserciliaten. – Hydrobiologia, 31, 17–36.

B l a g o j e v i ć, S. (1971): Biološko vrednovanje voda rijeke Miljacke u svjetlu novijih ekoloških metoda (Magistarski rad). – Prirodosl.-matemat.fak. Zagreb.

B u c k, H. (1971)Statistische Untersuchungen zur Saprobitat und zum Leitwert verschiedener Organismen. – Methodik der Untersuchung von Abwasser und Vorfluter. Münchener Beitrage zur Abwasser-Fischerei und Flussbiologie, 19, 14–44.

E l s t e r, H. J. (1966): Über die limnologischen Grundlagen der biologischen Gewasser-Beurteilung in Mitteleuropa. – Verh. Internat. Verein. Limnol. 16, 759–785.

F j e r d i n g s t a d, E. (1965): Taxonomy and saprobic valency of veneticphyto-micro-organisms. – Inenat. Rev. Hydrobiol., 49, 63–131.

G a u f i n, A. R. and Tarzwell, C. M. (1956): Aquatic mocrto-invertebrate communities as indicators of organic pollution in Lytle Creek. – Sew. Ind. Wastes., 28, 906–924.

H a v r a n e k, M. (1966): Einige Bemerkungen zur Theorie des Kolkwitz-Marsson' 'schen Saprobiensystems vom chemischen Standpunkt gesehen. Verh. Internat. Verein. Limnol., 16, 823–829.

H y n e s, H.B.N. (1960): The biology of polluted waters. – Liverpool Univ. Press, 1–202.

H y n e s, H.B.N. (1964, 1970): The interpretation of biological data with reference to water quality. – Symp. Environ. Measurement Valid Data and Logic Interpretation, July, PHS. – Publ. 999–AP–15, 289–298.

K l a p p e r, H. (1963): Zu einigen Problemen der biologischen Wasseranalyse. Nach Untersuchungen im Einzugsgebiet Mittlere Elbe-Sude-Elbe. – Internat. Rev. Hydrobiol., 48, 9–34.

K l o t t e r, H. E. und H a n t g e, E. (1966): Über die Auswertung Gewasseruntersuchungen und ihre Relationen zum biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB_5). – Die Wasserwirtschaft, 56, 21–26.

K n o p p, H. (1954/55): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erlautert an Gutelangschnitt des Mains. – Die Wasserwirtschaft, 45, 9–15.

K o l k w i t z, R. und M a r s s o n, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. – Ber. dr. Bot. Ges., 26 A, 505–519.

K o l k w i t z, R. und M a r s s o n, M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. – Internat. Rev. Hydrobiol., 2, 126–152.

L i e b m a n n, H. (1962): Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie. – Bd. I, 2. Aufl. G. Fischer Verlag Jena, 1–588.

M a d l e r, K. (1959): Biologische Untersuchungen uber Verschmutzung und Selbstreinigung der Parthe. – Wiss. Z. Univ. Leipzig, 8, 97–116.

M e i s s n e r, B. (1960): Uber den quantitativen und qualitativen Status deutschen Raum, ihre gegenwartigen und zukumftigen Nutzungmoglichkeiten durch die Chemieindustrie. – Chemische Technik, 12, 636–644.

M e i s s n e r, B. (1962): Auswirkung der kohleverdelden Industrie im mitteldeutschen Raum auf die Vorfluterbeschaffencheit. – Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, 11, 167–172.

N e h r k o r n, A. (1967): Statistische Beziehungen zwischen biologischen und chemischen Vorfluterunersuschunegb. – Ges. Ing., 88, 56–59.

P a n t l e, R. und B u c k, H. (1955): Die biologische Ueberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse. – Gas und Wasserfach, 96, 604.

R o t s c h e i n, J. (1959): Biologische Bewertung der Reinheit von Fliessgewassern und deren graphische Darstellung. – Biologia, 14, 833–842.

S c h r a d e r, T. (1959): Zur Limnologie und Abwasserbiologie von Talsperren Obere Saale (Thuringen). – Internat. Rev. Hydrobiol., 44, 485–619.

S. E. V. (1966): Unificirovanie metodi issledovania kačestva vod. – Čast IV. Moskva.

S l a d e č e k, V. (1965): The future of the saprobity system. – Hydrobiologia, 25 (3–4): 518–537.

S l a d e č e k, V. (1966): Water quality system. – Verh. Int. Ver. Limnol. 16, 809–806.

S l a d e č e k, V. (1973): Systems of water quality from the biological point of wiev. – Arch. Hydrobiol. Beith. Ergebn. Limnol. 7, I–IV, 1–218.

S n i d i k o r, Dž. V., K o h r e n, V.C. (1971): Statistički metodi. – "Vuk Karadžić", Beograd.

S t e i n m a n n, P. und S u r b e c k, G. (1922): Zum Problem der biologischen Abwasseranalyse. – Arch. Hydrobiol., 13, 404–414.

Š r a m e k – H u š e k, R. (1954): Naue und wenig bekannte Ciliaten aus der Tschechoslowakei und ihre Stellung im Saprobiensystem. – Arch. Protisten, 100, 246–267.

T u m p l i n g, W.V. (1962): Statistische Probleme der biologischen Gewasseruberwachung. – Wasservirtschaft-Wassertechnik. 12, 353–357.

T u m p l i n g, W.V. (1965): Die biologische und chemische Gewasseranalyse. – ein Vergleich. – Fortschritte der Wasserchemie, 2, 232–237.

T u m p l i n g, W.V. (1966): Uber den Zusammenhang zwischen Saprobiezustand und Faktoren des Sauerstoffhaushaltes in Fliessgewassern. – Verh. Intenet. Verien. Limnol., 16, 860–870.

T u m p l i n g, W.V. (1968): Suggested classification of water quality based on biological characteristics. – Fourt Int. Conf. Water Poll. Research, Prague, I–16, 1–8.

T u m p l i n g, W.V. und Z i e m a n n, H. (1961): Beitrag zur Kritik der Einheitsmethodik in der biologischen Gewasseruberwachunf. – Mitt. Inst. Wasservirtsch. Berlin, 12, 119–130.

W a l t e r, G. und S c h a r f, R. (1961): Das biologische Gutebild der unteren Oder und der Lausitzer Neisse. – Internet. Rev. Hydrobiol., 46, 130–161.

Z e l i n k a, M. und M a r v a n, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliesender Gewasser. – Arch. Hydrobiol., 57, 389–407.

Z i m m e r m a n n, P. (1961): Experimentelle Unterschungen Uber die ökologische Wirkung der Stromungsgeschwindigkeit auf die Lebensgemeinschaften des fliessenden Wassers. – Schwiez. Z. Hydrol., 23, 1–81.

van H o r n, W.M. (1962): Uber die Eiordnung der Kiesealge *Nitzschia sigmoidea* W.SM. in das Saprobiensystem. – Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 12, 28–31.

van H o r n, W.M. (1964): Beitrag zur Saprobiologie einiger Organismen. – Internet. Rev. Hydrobiol., 49, 133–138.

RELATIONS BETWEEN SOME BIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF WOTER QUALITY IN RANNING WATER OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

S. Blagojević, M. Dizdarević B. Pavlović

Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo

6. SUMMARY

Based on the available data obtained by a several years long investigation wark a comparison of the saprobiological and physico-chemical analyses results has been made with the aim of a more close sciantific enlightment of the real significance and scope between the relations of these two groups of water quality parameters in the running waters of Bosnia and Herzegovina. The investigation wark included the correlations between the saprobic index ("S") and the relative water quality (healthy) value, relative bonity ("RB") accompanied by simuntaneously found O_2 contents velues, oxygen saturation, and consumption of $KMnO_4$ and BOD_5 in water. These relations were investigated in the system of rivers of Una, Vrbas, Bosna, Drina and Neretva with the Trebišnjica – i.e. separately for each one of the rivers, as well as for all of these rivers together. In addition to this, a preliminary investigation was carried out concerning the regional adequacy of a small number of more important saprobic indicators with the aim of obtaining the basic points of the relevance and the need for a more extensive sciantific engagement in that sphere.

"S" was applied in the investigation work within a range of 1–4 which correspodens to the saprobic degrees of the Kolkwitz-Marsson-Liebmann (KML) system. The total "S" area was divided into 6 classes with the interval of 0.5 units. The values of individual physico-chemical indices were also divided into classes with determined intervals and frequences of their occurence with regard to the "S" classes were tabulated for every river separately as wel as for all the river systems together. Thus created relations were subsequently analysed. In addition to this, on the basis of unclassified values, quantitative indices were calculated of the linear connections "S" with regard to individual physico-chemical parameters. The river system of Bosna takes the leading place by the number of data, while the other investigated running waters are presented by various numbers of data. This has been reflected on the presentation of total indices of the relations between individual characteristics pairs of the running water of Bosnia and Herzegovina.

– The distribution of the "S" values with regard to the water-dissolved O_2 concentrations (according to classes) in individual running waters courses as well as in all the investigated rivers together shows certain common characteristics, but also certain particular properties distinctive only of some of the investigated rivers. In majority of the investigated running waters a decrease of the mean "S" value is followed by an increase of the water-dissolved O_2 quantity. Deviations from this

trend concern only an explicitely small part of the frequencies. Frequency dispersion within individual "S" classes increases as a rule with the increase of the saprobic index. Properties of individual rivers are particularly manifested thrugh the absolute "S" value, the dominance of certain "S" levels and thrugh the frequency concentrations on corresponding water-dissolved O_2 value ranges. On the whole, on the basis of the regression line, the river systems of Bosnia and Herzegovina are characterised by a minor decrease of the saprobic index in connection with the increase of dissolved oxygen quantity. The Vrbas and the Una river systems comprise a group with a more intensive secrease, and those of the Bosna and the Drina group with a less intensive decrease with respect to the entire region of the ranning waters of Bosnia and Herzegovina. The Neretva river with the Trebišnjica represents an exceptional group in which the linear regression has a positive coefficint, i.e. during the observation interval the "S" has been increasing with the increase of the dissolved oxigen quantity. Geographically expressed, the particularity of the connection between these indices includes a complex of certain factors, both natural and technogenous.

– An analysis of the "S" value frequency distribution with regard to the saturation of water with oxygen (%) mainly indicates to simmilar relations of these parameters as in the case of the relation of "S" towards the dissolved oxygen quantity. Certain lesser differences occur on the basis of absolute incompatibility between the classes which correspond to the O_2 quantity contained in water, or to the water saturation degree of oxygen. The linear connection between the saprobic index and the water saturation percentage of oxygen is not significant only in the Drina river, and the Neretva river with the Trebisnjica has, contrary to expectation, a positive connecton between these indices. There is a strong connection of this type in the Una and the Vrbas river systems, while in the other investigated groups of analysed data it tends to be weaker. The regrssion lines inclinations and zero points differ at a dfferent degree among individual running waters.

– The relation between the saprobic index values and the oxygen consumption from $KMnO_4$ indicates that in individual running water as well as in all the riwers together indicates that the mean "S" value is accompanied by an increase of oxygen consumption from $KMnO_4$. As a rule, frequency dispersion within individual classes "S" is greatest within those classes which correspond to the mean saprobity degree, and is somewhat less at the lowest and the highest saprobic index values. In individual running waters and the rivers of Bosnia and Herzegovina as a whole a significant linear connection has been established. Firmness of sach a connection varies in different running waters, it is greatest in the Una and the Vrbas and smallest in the Drina. The regression line which differs by the zero points and by the inclination at individual streams mainly can not predict the saprobic indices which would correspond to the oligosaprobic level. Also, the high O_2 and $KMnO_4$ consumption values would evaluate "S" by regression outside its defined region.

– The "S" value distribution with regard to the BOD_5 mainly indicates towards simmilar characteristics of relations between these parameters as in the case of the relation of "S" towards the oxygen consumption from $KMnO_4$. Certain insignificant differences in these relations do not however affect the general regularities established both for individual investigated rivers and for all the streams as a

whole either. In all the observed steams of Bosnia and Herzegovina (individually and as a whole) there is a significant but a weaker positive linear connection between the saprobic index and the BOD_5. Systematic deviations of saprobic index evaluations on the basis of the regression lines in the region of its defined borderline values indicate toward a curvilinear link similar to the "S" connection with regard to the oxygen consumption from the $KMnO_4$.

The total "RB" area was always divided into 5 classe with an 20 unit interval. The values of the compared physico-chemical parameters were divided into classes as when compared with the saprobic index. The frequency of the occurrence of the given physico-chemical parameters with regard to the "RB" classes were tabulated for each one of the investigated rivers separately and for all the streams together. Thus created relations were analysed. All the available (unclassified) pairs of indices whoce connection was investigated were included into the determination of parameters of the regression line according to individual rivers (river systems) and as a total for all the investigated streams of Bosnia and Herzegovina.

– In the majority of the investigated river systems observed either individually or collectively a general trend was observed of the increased mean value of "RB" with the increase of the concentration of water-dissolved O_2. Rivers whose total "RB" frequencies were concentrated to a small number of classes of dissolved oxygen make an exception. Frequenci dispersion was established within all the "RB" classes and, as a rule, here the dispersion was greater in the lover "RB" value classes. In all the observed groups of data obtained the investigated linear bond of the relative bonity and quantity of dissolved oxygen is positive and statistically significant, and in certain streams is it considerably firm (the Una, the Vrbas). Similarity of linear bond according to individual strem differs. The possibility of predicting the relative water quality on the basis of dissolved oxygen by means of linear regression in weaker in its borderline areas.

– Distribution of the "RB" values with regard to the water saturation of O_2 (in %) mainly indicates very simmilar relations of these two parameters as in the case of the "RB" relations towards the water-dissolved O_2. The observed relations trend and the deviations concern the same streams and the dispersion of frequencies within individual "RB" classes and the oxygen-saturation classes decreases here as well with the increase of "RB". With the exception of the river Drina a considerable linear connection was proven between the relative bonity (water quality) and the percentage of water saturation with oxygen. The incrase of relative bonity in connection with the increase of water saturation with oxygen is more or less different in individual rivers of Bosnia and Herzegovina. The fitting characteristics of the regression lines are similar to those of the relative bonty regression upon quantity of dissolved oxygen.

– The characteristic of the relation between the relative bonity and the consumption of O_2 from $KMnO_4$ in the investigated rivers individually and together ranges within the existence of the trend of the decrease of the mean "RB" value with the increased donsumption of $KMnO_4$. The deviation group from the explicite trend consists of the rivers whose total "RB" frequency is concentrated in a very small number of $KMnO_4$ consumption classes. The frequency dispersion of all the "RB"

classes has been observed with regard to the classes of consumption of O_2 from $KmnO_4$ where as a rule the dispersion was greater in the lower "RB" value classes. In two groups of data (the Drina and the Neretva with the Trebisnjica) no relative connection was proved between the relative bonity and the oxygen consumption from $KMnO_4$. In other streams of Bosnia and Herzegovina as well as in the total data the connection is either negative, significant, moderatly firm of firm. The characteristics of deviation from the regression line indicate a curvilinear conection within individual intervals.

– An analysis of relations between the relative bonity and the BOD_5 (according to class) in the investigated streams shows very simmilar relations between these two parameters an in the case of the relation between the "RB" and the O_2 consumption from $KMnO_4$. The trend of the relations and the deviations from the same refer to the same rivers and frequency dispersion show simmilar characteristics. A linear connection between the relative bonity and the BOD_5 has not been confirmed in two groups of data (the Drina and the Neretva with the Trebisnjica) while in the other groups it has been found to be negative, significant and moderattely strong. Fitting of the regression lines is weaker here than in the case of the owygen consumption from the $KMnO_4$. Curved line connection indices have been noted in the relative bonity relations with the BOD_5.

– When comparing the conclusions concerning the relations of the saprobic index and other water quality indices with the conclusions concerning the relative bonity (healthy) and corresponding variable within the same group (streams) it can be seen that the firmness of the connection and the fitting of the regression lines are very simmilar at the Una, the Vrbas and the Bosna and the entire river streams complex of Bosnia and Herzegovina, and at the Drina and the Neretva with the Trebisnjica saprobic index shows a better linear connection then that of relative bonity. Linearty of the connection in all the considered cases is mostly expressed in the rivers of the Una and the Vrbas and the least in the rivers Drina and Neretva with the Trebisnjica. The streams of Bosnia and Herzegovina as a whole and individual water systems show certain particularities of relations in the considered biological and physico-chemical indices of the water quality when compared with other running waters described in literature.

The distirbution of five saprobic indices with regard to saprobic indices of stream communities of Bosnia and Herzegovina is preliminary analysed. Investigation data between 1966 and 1981 concerning the presence and relative abundance were used. Three types of distribution have been observed with regard to the saprobic community index:

a) species which occur in a wide range of saprobities, but most frequently occur and have the highest "fh" product values and its relative participation in a narrow range of the saprobic index (*Synedra ulna* (N i t z c s c h) E h r., *Cymbella ventricosa* K u t z., *Tubifex tubifex* M u l l e r);

b) the species whose occurence frequency lies within a saprobic degree (*Cladophora glomerata* K u t z.), and

c) the species in which a high percentage of the total value of the "fh" product lies within one saprobic degree, but which has an explicitely small total requency (*Asellus aquaticus* L.).

These findings have indicated towards a need for a more intensive engagment in this sciantific field.