

PRISTUP ODREĐIVANJU VELIČINE I TOKA AUTOPURIFIKACIJE VODOTOKA

N. ŠOŠTARIĆ

Hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Promjena kvalitete vodotoka zadana je promjenom meteoroloških i hidroloških parametara te onečišćenjem koje uzrokuje čovjek i njegova djelatnost. Na tok autopurifikacije može osjetljivo djelovati 17 parametara. Izborom povoljnih uvjeta može se iz mjerenja isključiti 13 parametara.

Osnovni principi pristupa određivanju autopurifikacije jesu: 1. promjene mase vode sumiraju sve hidrološke procese; 2. promjene mase kisika sumiraju sve fizikalno-kemijske i biološke procese; 3. sve promjene masa treba pratiti u prostoru i vremenu.

Određivanje srednje sektorske brzine strujanja određenog volumena vode osnova je za sinhronizaciju uzimanja uzoraka vode. Tok autopurifikacije analizira se na osnovi dijagrama promjena analitičkih determinanti i matematičke interpretacije krivulje kisika prema Streeteru i Phelpsu. Kao primjer prikazani su rezultati mjerenja toka autopurifikacije rijeke Save od Brežica do Siska koji pokazuju jak utjecaj turbulencije vodotoka na autopurifikaciju.

Promjena kvalitete vodotoka uvjetovana je promjenom niza parametara: meteoroloških, hidroloških, bioloških, mikrobioloških i nečistoća koje uzrokuje čovjek i njegova djelatnost.

A. Meteorološki parametri:

1. Oborine — kao posredni parametar uzrokuju promjene protoka i kvalitete vodotoka zbog unošenja nečistoća atmosfere i površine zemljišta. Utječu na temperaturu vodotoka i koncentraciju kisika.
2. Insolacija — uzrokuje promjene temperature vodotoka te potiče razvoj planktona i vodenog bilja.
3. Strujanje zraka — ubrzava difuziju kisika i isparavanje vode. Utjecaj na promjenu temperature vodotoka je malen.
4. Atmosferski tlak — promjene utječu na topljivost kisika u vodi.
5. Vlažnost zraka — utječe na stupanj isparavanja vode.

B. Hidrološki parametri:

6. Protok — neposredno ili posredno ovisan o oborinama. Promjene utječu na koncentraciju reaktanata, a time i na odnos masa.
7. Turbulencija — ubrzava difuziju kisika i povećava brzinu reakcija.
8. Heterogena strujanja — uzrokuju heterogene temperature, turbulencije i brzine strujanja, a time i heterogene reakcije u vodotoku.
9. Pritoci — mogu osjetljivo utjecati na biocenozu promatranog vodotoka.
10. Podzemne vode — ulaskom u vodotok mogu uzrokovati promjene koncentracije anorganske i organske otopljene tvari kao i mikroorganizama.

C. Biološki parametri:

11. Plankton — uzrokuje proizvodnju i potrošnju kisika. Promjene koncentracije i sastava planktona karakteristične su za tok autopurifikacije.
12. Niže biljne vrste — uzrokuju proizvodnju i potrošnju kisika.
13. Niže životinjske vrste — uzrokuju potrošnju kisika.

D. Mikrobiološki parametri:

14. Mikroorganizmi — promjene koncentracija su karakteristične za tok autopurifikacije.

E. Parametri nečistoća čovjeka i njegove djelatnosti:

15. Nečistoće od poljoprivredne djelatnosti — agrotehnika uzrokuje unošenje dušika, fosfora, otpadne organske tvari i bioloških otrova.
16. Nečistoće iz industrijske djelatnosti — uzrokuje unošenje anorganske i organske tvari od kojih su osobito opasni biološki otrovi, inhibitori, karcinogene tvari i tenzidi.
17. Nečistoće čovjeka — uzrokuju unošenje anorganske i organske tvari kao i mikroorganizama, uključivo patogene klice i koliformne bakterije.

Svi ti parametri promatrani u nekom dužem razdoblju mogu se bitno mijenjati. U određenom kraćem razdoblju neki se od njih približuju konstanti, a neki iščezavaju. Zbog toga je potrebno da se pri mjerenju autopurifikacije vodotoka odaberu takvi uvjeti koji iz djelovanja isključuju najveći mogući broj parametara. To je moguće postići u slučaju malih stabilnih protoka vode i stabilnih meteoroloških uvjeta u zimskom ili ljetnom razdoblju.

Pod tim uvjetima približuju se konstanti ili nestaju slijedeći parametri:

A. Meteorološki:

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Oborine | (teže prema nuli) |
| 3. Strujanje zraka | (teži prema nuli) |
| 4. Atmosferski tlak | (teži konstanti) |
| 5. Vlažnost zraka | (teži konstanti) |

Insolacija poprima vrlo malu veličinu u zimskom razdoblju ili ljeti ako se mjerenje vrši za jače naoblake.

B. Hidrološki:

- | | |
|-------------------------|------------------|
| 6. Protok | (teži konstanti) |
| 7. Turbulencija | (teži konstanti) |
| 8. Heterogena strujanja | (teže konstanti) |
| 9. Pritoci | (teže konstanti) |

Podzemne vode normalno ulaze u vodotok za niskih vodostaja. One mogu osjetno utjecati na kvalitetu i kvantitetu vodotoka.

C. Biološki:

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 12. Niže biljne vrste | (teže konstanti) |
| 13. Niže životinjske vrste | (teže konstanti) |

E. Čovjek i njegova djelatnost:

- | | |
|---|------------------|
| 15. Utjecaj poljoprivredne djelatnosti u odsutnosti oborina | (teži konstanti) |
|---|------------------|

Izborom odgovarajućih vremenskih intervala mogu se isključiti i sljedeći promjenjivi parametri:

- | |
|-------------------|
| 2. Insolacija |
| 10. Podzemne vode |

Kao stalno promjenjivi uvijek su prisutni:

- | |
|--------------------------|
| 11. Plankton |
| 14. Mikroorganizmi |
| 16. Nečistoće industrije |
| 17. Nečistoće čovjeka |

Dakle, izborom povoljnih uvjeta može se isključiti ili približiti konstanti 13 parametara. Promjene preostalih četiriju parametara treba odrediti mjerenjem. Budući da najveći dio parametara, koji su prisutni kao konstanta, pripada hidrološkim parametrima, a nosioci autopurifikacije vodotoka onečišćenog koloidnom i topljivom organskom tvari jesu mikroorganizmi i dio planktona, mogu se vodotoci definirati kao *hidrobiološki reaktori*.

Promatrajući vodotok kao hidrobiološki reaktor i uzevši u obzir specifične okolnosti u kojima se zbivaju promjene reaktanata, mogu se odrediti slijedeći osnovni principi pristupa praćenja promjena, koje se u takvom reaktoru pojavljuju:

1. Promjene odgovarajućih masa odražavaju sve hidrološke, fizikalno kemijske, biološke i mikrobiološke procese.
2. Kvalitativne i kvantitativne promjene u istom volumenu vode treba pratiti u vremenu i prostoru.
3. Promjene mase otopljenog kisika sumiraju sve fizikalno kemijske, biološke i mikrobiološke procese

Osnovna razlika između industrijskog i hidrobiološkog reaktora je u tome što se kod industrijskog reaktora mogu reakcijski uvjeti podešavati u širokim granicama voljom čovjeka, dok se kod hidrobiološkog reaktora reakcije zbivaju u uskim temperaturnim granicama od 0 do 28°C, granične brzine strujanja iznose između 0,1 i 1,7 m/s, reaktanti se nalaze u relativno velikom razrjeđenju, a utjecaj čovjeka je ograničen i uglavnom se odnosi samo na masu ulaznog zagađenja.

Osnovni izrazi za dinamičke promjene masa vode, kisika i organske tvari u hidrobiološkom reaktoru jesu:

a) Promjene mase vode:

$$M_B = M_A \pm M_p - M_i + M_d$$

gdje znače

M_B	masa vode koja prolazi kroz krajnji profil B	(t/s)
M_A	masa vode koja prolazi kroz početni profil A	(t/s)
$+M_p$	masa podzemne vode koja ulazi u vodotok	(t/s)
$-M_p$	masa vode vodotoka koji odlazi u podzemnu vodu	(t/s)
M_i	masa isparene vode	(t/s)
M_d	masa vode koja dotiče s pritokama	(t/s)

Promjene masa vode mjere se promjenama dinamičkog volumena vode na sektoru AB, koje se izražavaju u jedinicama m³/s.

b) Promjene mase kisika:

$$M_{B0} = M_{A0} + M_{d0} \pm M_{p0} + M_{r0} - (M_{0^k} + M_{0^b} + M_{0^r})$$

gdje znače:

M_{B0}	masa kisika u krajnjem profilu B	(g/s)
M_{d0}	masa kisika koja ulazi difuzijom iz zraka	(m/s)
$+M_{p0}$	masa kisika koja ulazi u vodotok s podzemnim vodama	(g/s)
$-M_{p0}$	masa kisika koja se iz vodotoka gubi u podzemne vode	(g/s)
M_{t0}	masa kisika koja nastaje fotosintezom iz planktona	(g/s)
M_{0^k}	masa kisika koja se gubi kemijskom reakcijom	(g/s)
M_{0^b}	masa kisika koja se gubi biokemijskom reakcijom	(g/s)
M_{0^r}	masa kisika koja se gubi zbog ostalih okolnosti	(g/s)

c) Promjena mase koloidne i otopljene organske tvari:

$$M_{BC} = M_{AC} + M_{eC} \pm M_{pC} - (M_{C^k} + M_{C^b} + M_{C^a}) + M_{C^m}$$

gdje znače:

M_{BC}	masa organske tvari u krajnjem profilu B	(kg/h)
M_{AC}	masa organske tvari u početnom profilu A	(kg/h)
M_{eC}	masa organske tvari koja ulazi s otpadnim vodama	(kg/h)
$+M_{pC}$	masa organske tvari koja ulazi s podzemnim vodama	(kg/h)
$-M_{pC}$	masa organske tvari koja se gubi u podzemne vode	(kg/h)
M_{C^k}	masa organske tvari koja nestaje zbog kemijskih reakcija	(kg/h)
M_{C^b}	masa organske tvari koja nestaje zbog biokemijskih reakcija	(kg/h)
M_{C^a}	masa organske tvari koja nestaje zbog adsorpcije	(kg/h)
M_{C^m}	masa organske tvari koja nastaje porastom biomase	(kg/h)

Promjene mase vode:

Greška kod hidroloških mjerenja iznosi 1—5%, u prosjeku oko 3%, pa se gubitak mase zbog isparavanja — koji u našim klimatskim uslovima iznosi najviše oko 1% dinamičke mase vode — može zanemariti.

Veličina greške kod hidroloških mjerenja upućuje na to da se ulazne podzemne vode, koje se obično po svom sastavu razlikuju od vodotoka, mogu osjetljivije primijetiti analitički (promjene temperature, pH, provodljivosti, tvrdoće, $KMnO_4$, BPK_5 itd.)

Promjene mase kisika:

Najznačajnije promjene mase kisika nastaju zbog difuzije i biokemijskih reakcija. Osjetljive promjene uzrokuje i kisik, koji proizvodi fotosintezom odgovarajući dio planktona i vodenog bilja. Smatra se da 1 g modrozelenih algi može proizvesti 1 g kisika te će se kod koncentracije modrozelenih algi 1 g/m³ povećati za vrijeme sunčanog dana ljeti koncentracija kisika u vodi za oko 1 mg/l.

Primitak podzemnih voda povećava masu kisika, ali u većini slučajeva malo utječe na promjenu koncentracije kisika zbog malih međusobnih razlika u koncentraciji.

Gubitak vodotoka u podzemne vode smanjuje masu kisika, ali zanemarljivo malo utječe na promjenu koncentracije kisika u vodotoku.

Osjetljive promjene mase i koncentracije kisika mogu se primijetiti i u struji otpadnih voda od utoka do 90%-tnog miješanja s vodotokom, gdje prevladavaju kemijske reakcije.

Promjene mase i koncentracije kisika zbog ostalih okolnosti u vodotoku su zanemarljivo male.

Promjene mase organske tvari:

Nosilac promjena mase organske tvari jesu ulazne otpadne vode i biokemijske reakcije, kojih je posljedica porast biomase.

Ulaz nečistih podzemnih voda može osjetljivo utjecati na porast mase organske tvari u vodotoku.

Adsorpcijom mase organske tvari na anorganske koloide, ovisno o njihovoj specifičnoj površini i osobinama, može se osjetljivo smanjiti koncentracija koloidne i otopljene organske tvari vodotoka. Pri tom se pojavljuje porast koloidnih čestica, što ubrzava njihovo taloženje, pa se dio organske tvari gubi iz vodotoka i prelazi u talog.

Iz našeg je razmatranja vidljivo, da u određenim okolnostima kvalitativne promjene odražavaju i kvantitativne promjene u vodotoku, pa se u tom slučaju analitikom može odrediti tok autopurifikacije.

Nadalje, kod vodotoka kao hidrobiološkog reaktora određena su i mjesta uzimanja uzoraka za praćenje toka autopurifikacije.

Izbor sektora: promatrani sektor treba biti hidrološki određen i što manje ometan pritocima ili podzemnim vodama. Sektor treba podijeliti na dionice, koje čine hidrološku cjelinu.

Početni profil: odabire se nakon najmanje 90%-tnog miješanja otpadnih voda ili pritoka s promatranim vodotokom, što vrijedi za vodotoke do širine 150 m. Kod širih vodotoka je pristup razmatranju autopurifikacije drugačiji.

Završni profil: odabire se uzvodno od utoka pritoke, koja osjetno utječe na tok reakcija u promatranom vodotoku.

Mjesta uzimanja uzoraka između početnog i završnog profila ovise o terenskim mogućnostima i brzini strujanja promatranog vodotoka na sektoru. Njihov orijentacijski međusobni razmak u km ili u h bio bi:

Brzina strujanja (m/s)	Daljinski razmak (km)	Vremenski razmak (h)
0,1—0,3	6—10	24—10
0,3—0,6	10—8	10—4
0,6—1,0	8—4	4—1,2
1,0—1,5	4—2,5	1,2—0,5
1,5—2,0	2,5—2	0,5—0,3

Determinante:

Da bi se dobio što potpuniji uvid u tok autopurifikacije, potrebno je na svakom mjernom mjestu odrediti veličinu slijedećih determinanti: fizikalno-kemijske: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), provodljivost (μS), suspendirane čestice (mg/l), pH vrijednosti, koncentracija O_2 (mg/l), utrošak KMnO_4 (mg/l), petodnevnna biološka potreba kisika (mg/l).

biološke: masa (mg/l) i sastav planktona (kom/l)

mikrobiološke: masa (mg/l) i sastav saprofitnih bakterija. Prema potrebi prate se i promjena koncentracija patogenih klica i koli bakterija (kom/l)

U specifičnom slučaju određuje se statički BPK_{1,3,2,4,5} zbog određivanja statičkog koeficijenta kst, a ako se uzvodno nalaze tvornice celuloze prati se i SO₄²⁻ anion (mg/l).

Potrebno je također zabilježiti podatke o prethodnoj vremenskoj i hidrološkoj situaciji te opažanja pri uzimanju uzoraka u odnosu na nablaku (u ‰), temperaturu zraka (°C), vjetar (m/s), miris vodotoka i plivajuću tvar (karakter i postotak pokrivena površine).

METODE PRACENJA

Principijelno se razlikuju dvije metode mjerenja.

- a) Simultano praćenje promjena kvalitete volumena vode male trajnosti (1—3 h) od početnog do završnog profila sektora.
- b) Simultano praćenje promjena kvalitete volumena vode veće trajnosti (8—48 h) na početnom i završnom profilu sektora.

Simultano praćenje volumena vode male trajnosti

Uvjeti za praćenje: vodotok s blagim zavojima, izraženom turbulencijom, malom promjenom brzine strujanja i sporom dinamikom onečišćenja. Praćenjem kratkotrajnog volumena vode tok autopurifikacije je na pojedinim mjestima uzimanja uzoraka osjetljiv.

Poteškoće čine udarni valovi vode, koje diskontinuirano ispuštaju uzvodne hidroelektrane, jer oni utječu na povećanje turbulencije sloja vode, koja može u nepovoljnom slučaju uzrokovati dizanje taloga i zbog toga promjene praćenih determinanti.

Sinhronizacija uzimanja uzoraka vrši se sa zadovoljavajućom točnošću prema hidrološki određenim srednjim brzinama strujanja na pojedinim dionicama sektora.

Simultano praćenje promjena kvalitete volumena vode veće trajnosti

Uvjeti za praćenje: vodotok s jakim zavojima, slabom turbulencijom, osjetljivom promjenom brzine strujanja i jakom dinamikom onečišćenja

Mjerenja se vrše svakog sata kroz 8 do 48 sati, na početnom i završnom profilu sinhronizirano prema hidrološki određenim srednjim brzinama strujanja na profilima karakterističnih dionica sektora. Brzim analizama po uzdužnom profilu vodotoka između početnog i završnog profila uz dovoljnu gustoću mjesta uzimanja uzoraka, može se odrediti srednja brzina strujanja na pojedinim dionicama, koja se inače hidrološkim mjerenjem određuje uz posebne uvjete.

Obradom podataka i krivulja determinanti (determinanta-vrijeme) dobiva se uvid o utjecaju heterogenih struja vodotoka na disipaciju nečistoća i podatak o srednjoj sektorskoj brzini strujanja. Osnovni polazni podatak jesu krivulje utroška KMnO_4 koji je tokom autopurifikacije podvrgnut najmanjim promjenama.

Veličina autopurifikacije određuje se na osnovi statističkih srednjih vrijednosti kisika i BPK_5 na početnom i završnom profilu.

Primjeri:

1. Simultano praćenje kratkotrajnog volumena vode:

Vodotok: rijeka Sava na sektoru Jesenice na Dolenskom-Ščitarjevo.

Srednji protok Save: $135 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dužina sektora: 39,5 km.

Srednja sektorska brzina strujanja: $1,15 \text{ m/s} \pm 5\%$.

Uvjeti mjerenja: stabilna meteorološka i hidrološka situacija.

Dinamika promjene onečišćenja: zbog karaktera uzvodnih onečišćivača spora.

Vrijeme mjerenja: 16. 8. 1972. od 8 h 30 min do 17 h 5 min.

Mjesta uzimanja uzoraka: Jesenice/D, Otok, Podsused, Zagreb i Ščitarjevo.

Kontrolne analize pritoke: Sutla, Bregana, efluent Savski Marof, Krapina, sve oko 0,1—1,5 km uzvodno od ušća u Savu.

Temperatura zraka: $21,8\text{—}31,1^\circ\text{C}$.

Temperatura Save: $21,15\text{—}22,2^\circ\text{C}$.

Osjetan utjecaj na Savu: sam efluent »Savski Marof« (BPK_5 825 mg/l)

Dijagram promjena kisika, BPK_5 i potrošnje kisika (KPK) na osnovi utroška KMnO_4 prikazan je na slici 1.

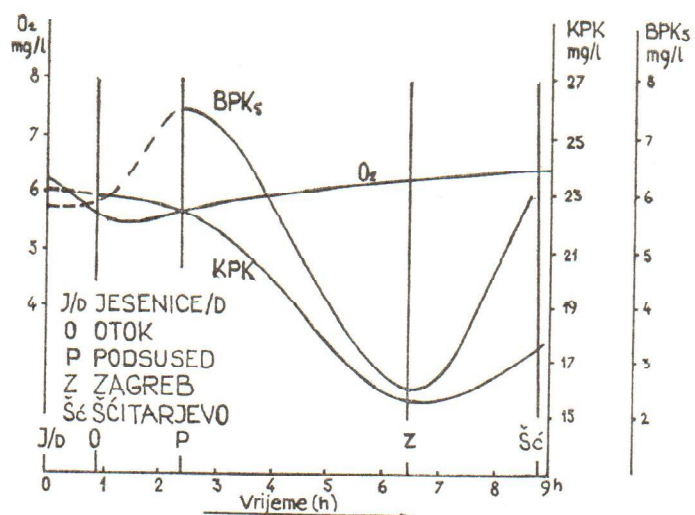
Linija kisika, konstruirana na osnovi izmjerenih veličina na pojedinim profilima, pokazuje normalne promjene, koje upućuju na mogućnost matematičke interpretacije toka autopurifikacije.

Linija BPK_5 Jesenice/D-Otok je u porastu. Na osnovi prijašnjih mjerenja to se može tumačiti intenziviranjem bioloških procesa zbog utjecaja rijeke Krke kao neposredno uzvodnog pritoka Save.

Jaki pad veličine BPK_5 nastupa od Podsuseda do Zagreba. Dionica Zagreb—Ščitarjevo pokazuje porast onečišćenja, kojeg uzrok još nije utvrđen s dovoljnom sigurnošću. Jedan od vjerojatnih uzroka je ulaz nečistih podzemnih voda na lijevoj obali Save i otpadne vode južnog Zagreba.

Linija kemijske potrošnje kisika na osnovi KMnO_4 pokazuje lagani pad na dionici Jesenice/D-Otok, mali utjecaj onečišćenja efluenta »Savski Marof« i jaki pad na dionici Podsused—Zagreb uz lagani uspon na dionici Zagreb—Ščitarjevo.

Odnosi linija kisika, BPK_5 i kemijske potrošnje kisika upućuju na to da je na sektoru Jesenice/D—Ščitarjevo nastupila promjena karakteristika biodegradabilnosti prisutne organske tvari, koje su uzrok vjerojatno



Sl. 1. Krivulje O_2 , KPK i BPK_5 (16. VIII 1972) na sektoru Jesenice/D—Ščitarjevo

promjene biocenoze Save zbog utoka rijeke Krke i efluenta Savskog Marofa. Ta pojava uočena je i na rijeci Dravi nakon utoka rijeke Mure, što zaslužuje posebnu pažnju i studiju.

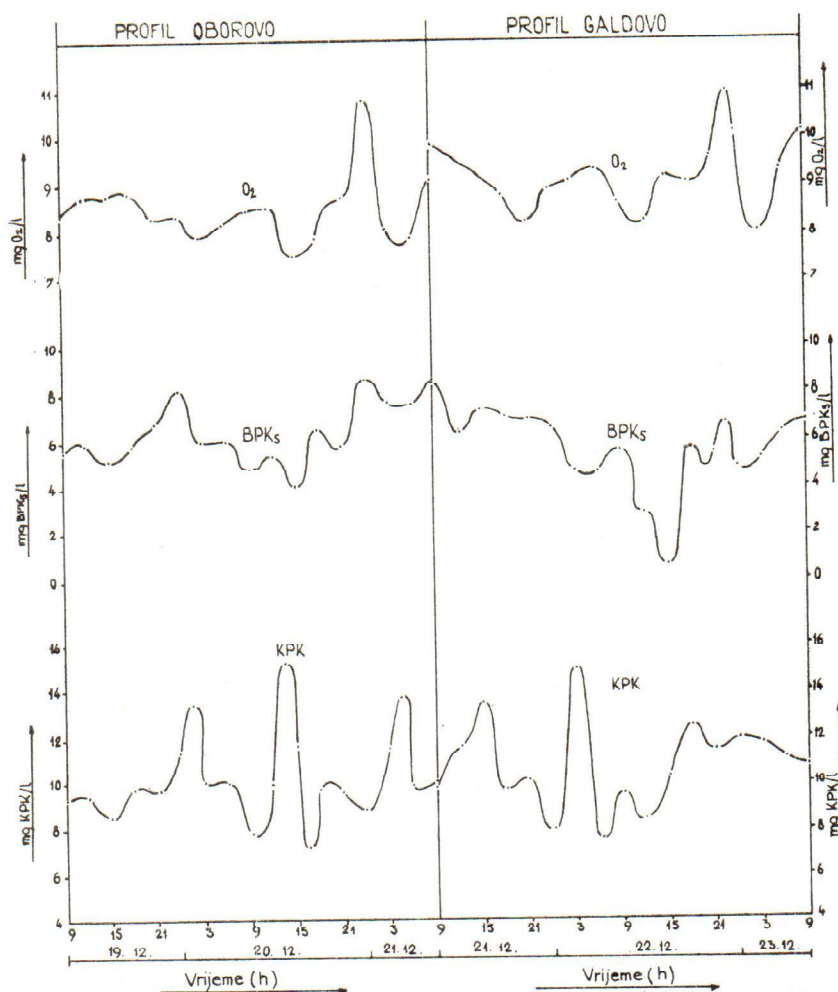
Osnovni izraz za matematiku analizu krivulje kisika (1):

$$D_t = \frac{L_0}{f-1} e^{-kt} [1 - e^{-(f-1)kt} (1 - (f-1) \frac{D_0}{L_0})]$$

gdje znače:

- | | | |
|-------|---|--------|
| D_t | deficit kisika u vrijeme t | (mg/l) |
| D_0 | početni deficit kisika | (mg/l) |
| L_0 | početni BPK prvog stupnja ($\sim BPK_{20}$) | (mg/l) |
| k | koeficijent promjene L_0 's vremenom | 1/d |
| t | vrijeme reakcije | |
| f | kvocijent koeficijenta promjene deficita O_2 i koeficijenta promjene L_0 vremenom ($f = \frac{r}{k}$) | |

Na promatranom sektoru, uključivši podatke iz prethodnih mjerenja, veličina k kreće se u granicama 1,8—3,1/d, ovisno o zadanim uvjetima od kojih odlučujuću ulogu igraju temperatura, turbulencija i dinamika opterećenja za BPK_5 . Statistička srednja veličina koeficijenta promjene BPK_{20} s vremenom k iznosi oko 2,8/d, kod 19—21 °C.



Sl. 2. Krivulje promjena koncentracije O_2 , BPK_5 i KPK na profilima Oborovo 19. XII 9,00 do 21. XII 9,00 i Galdovo 21. XII 9,00 do 23. XII 9,00 1972. godine

Matematičkom analizom sa srednjom veličinom $k_1 = 2,8/d$ dobiva se orijentacijska veličina $f = \frac{k_2}{k_1} = \frac{r}{k} \sim 1,80$, pa bi u tom slučaju orijentacijska veličina r iznosila $5,05/d$

Krivulja promjene koncentracije kisika na promatranom sektoru s tim srednjim orijentacijskim veličinama k i r pokazuje dobru aproksimaciju s pretpostavljenom krivuljom kisika na osnovi izmjerenih veličina na pojedinim profilima.

2. Simultano praćenje promjena kvalitete volumena vode dužeg vremenskog perioda

Vodotok: rijeka Sava na sektoru Oborovo — Sisak (Galdovo)

Srednja protoka Save: 270 m³/s.

Dužina sektora: 52,3 km.

Srednja sektorska brzina strujanja: 0,33 m/s ± 8%.

Uslovi mjerenja:

meteorološka situacija: stabilna u odnosu na oborine, labilna u odnosu na temperaturu.

hidrološka situacija: rijeka lagano opada, za vrijeme mjerenja pojavila su se dva kratkotrajna vala uzvodnih hidrocentrala.

Vrijeme mjerenja: profil Oborovo: od 19. 12. 9h00' do 21. 12. 9h00'
profil Galdovo: od 21. 12. 9h00' do 23. 12. 9h00'.

Temperatura zraka:

Oborovo + 5,0 do — 3,0 °C

Galdovo + 2,5 do — 8,8 °C

Temperatura Save:

Oborovo 5,8—4,5 °C

Galdovo 4,5 — do 2,0 °C

Dijagram promjene kisika, BPK₅ i kemijske potrošnje kisika (KPK) prikazan je na slici 2.

Statističkom obradom dobiva se podatak da je koncentracija kisika (45-satni presjek) od profila Oborovo do profila Galdovo porasla od 8,53 mg/l na 9,10 mg/l, tj. za 0,57 mg/l dok je koncentracija BPK₅ (45-satni presjek) opala od 6,63 mg/l na 5,61 mg/l, tj. za 1,0 mg/l. Veličina k bi u tom slučaju iznosila

$$k_{\text{din}} = 2,3 \frac{24 \text{ h}}{41,3 \text{ h}} \quad 1\text{g} \quad \frac{6,6 \text{ mg/l}}{5,6 \text{ mg/l}} = 0,09$$

dok se kod prethodnih mjerenja k_{din} veličina kretala oko 0,28, ali kod 12°C.

Iz mjernih podataka dobiva se nadalje, da je odnos KMnO₄/BPK₅ u Galdovu 22. 12. u 15 h iznosi 65, što je, međutim, oko 9 puta više od veličine, koja je u ostalim slučajevima iznosila između 4,5 i 12,6, u prosjeku 7,2 a što je indirektni pokazatelj prisutnosti biološkog otrova.

Ove, a i druge okolnosti, kao što je na primjer pojava uljnih mrlja na površini rijeke za vrijeme mjerenja, nenormalan raspored koncentracije mikroorganizama na sektoru, porast tvrdoće i provodljivosti od Oborova do Galdova upozoravaju da taj sektor treba hidrološki potpunije definirati, pratiti promjene planktona i primijeniti nove analitičke metode, koje bi dale potpuniji uvid u pojedine komponente uzvodnog onečišćenja, posebno biološke otrove.

Literatura

1. Fair, G. M.: Sewage Works J., 11 (1939) 415.

*Summary*APPROACH TO THE DETERMINATION OF SELFPURIFICATION
OF A WATER COURSE

A change in the quality of a water course is due to meteorological and hydrological parameters and to pollution which is caused by man and his activities. Seventeen parameters can have an appreciable effect on self-purification. However, by choosing favourable conditions 13 parameters can be eliminated.

The basic principles to the approach of self-purification are: 1. changes of the total amount of water up all hydrological processes, 2. changes in the amount of oxygen up all physico-chemical and biological processes, 3. all changes of mass ought to be followed in space and time.

Determination of the average sector current speed of a particular volume of water is a basis for the synchronization of water sampling. The analysis of self-purification is performed on the basis of a diagram of analytical determinants and a mathematical interpretation of the oxygen curve according to Streeter and Phelps. As an example, the results of measurements of the current self-purification of the Sava river from Brežice to Sisak are shown. They show the strong influence that water current turbulence has on self-purification.

Institute of Hydrometeorology of Croatia, Zagreb