

Naziv projekta: Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
Akronim: ChemIQSoc  
Broj projekta: 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



## Naziv: **Određivanje biohemijske potrošnje kiseonika (BPK<sub>5</sub>)**

### Uputstva za rad

**Zadatak:** Odredite BPK<sub>5</sub> u otpadnim vodama.

### **Teorijski deo**

Biohemijska potrošnja kiseonika nakon  $n$  dana (BPK $_n$ ) je masena koncentracija rastvorenog kiseonika koji se troši pod određenim uslovima biohemijske oksidacije organskih i neorganskih supstanci u vodi.

Gde je ( $n$ ) vreme inkubacije jednako 5 ili 7 dana.

Uzorak vode se podešava i razblažuje različitim količinama vode za razblaživanje sa velikom količinom rastvorenog kiseonika i akumuliranih aerobnih mikroorganizama, uz suzbijanje nitrifikacije. Inkubacija se odvija na temperaturi od 20 °C u određenom vremenu od 5 ili 7 dana, u mraku, u napunjenoj zatvorenoj posudi.

Određuje se koncentracija rastvorenog kiseonika pre i posle inkubacije. Razlika se koristi za izračunavanje količine kiseonika potrošenog po litru uzorka. Za očekivane niske vrednosti do 6 mg/l kiseonika, uzorak se ne razblažuje. Opseg za izvođenje testa prema ovom uputstvu je u intervalu: (3 – 3500) mg/l - sa devijacijom  $U$  ( $k = 2$ ) 5,5%.

### **Posuđe:**

*Tegle za inkubaciju*

BPK tegle, sa poklopcem, tegle zapremine od 250 ml do 300 ml ili od 100 ml do 125 ml su poželjne, sa poklopcem, takođe je poželjno koristiti tegle sa ravnim dnom ili druge slične tegle.

*Inkubator*

Sposoban da održava temperaturu od 20 °C  $\pm$  1 °C.

*Uređaj za određivanje koncentracije rastvorenog kiseonika.*

*Uređaji za hlađenje*

Od 0 °C do 4 °C, za transport i skladištenje uzorka.

**Naziv projekta:** Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
**Akronim:** ChemIQSoc  
**Broj projekta:** 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



### *Posuda za razblaživanje*

Staklena boca koja se može zatvoriti sa kapacitetom koji zavisi od zapremine razblaženog uzorka, najčešće građena na 2,5 ml i 10 ml, ili neka druga posuda u kojoj se može izvršiti razblaživanje.

### *Uređaj za prozračivanje*

Boca sa komprimiranim vazduhom ili kompresorom. Kvalitet vazduha mora biti takav da prozračivanje ne izaziva kontaminaciju, posebno dodavanjem organskih supstanci, oksidacije ili redukcije materijala ili metala. Ako postoji sumnja na kontaminaciju tokom prozračivanja, vazduh se mora filtrirati i isprati.

### **Hemikalije:**

- otpadna voda – rečna voda koja sadrži komunalne otpadne vode.
- rastvor fosfatnog pufera, pH 7.2
- magnezijum-sulfat heptahidrat, rastvor masene koncentracije 22,5 g / L
- kalcijum-hlorid, rastvor masene koncentracije 27,5 g / L
- gvožđe(III)-hlorid heksahidrat, rastvor masene koncentracije 0,25 g / L
- dejonizovana voda za razblaživanje rastvora
- razblažena otpadna voda
- hlorovodonična kiselina (HCl) ili sumporna kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), c (HCl)  $\approx$  0,50 mol / L, c (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  $\approx$  0,25 mol / L, ili po potrebi
- natrijum-hidroksid (NaOH), rastvor, oko 20 g / L ili po potrebi
- natrijum-sulfit (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), rastvor oko 50 g / L ili po potrebi
- glukoza-glutaminska kiselina, kontrolni rastvor
- alkiltiourea (ATM), rastvor, 1,0 g / L

### **Postupak**

#### *Priprema vode za razblaživanje*

1. Dodati 1 ml rastvora u približno 500 ml destilovane vode: rastvor fosfatnog pufera pH 7.2, magnezijum-sulfat, kalcijum-hlorid i gvožđe(III)-hlorid (prema KR). Rastvor se dopuni do zapremine od 1000 ml i promeša.
2. Rastvor se čuva na 20 °C  $\pm$  2 °C; Rastvor se prozračuje najmanje 1 sat koristeći odgovarajući uređaj da se postigne koncentracija rastvorenog kiseonika od najmanje 8 mg / L.
3. Voda ne sme biti prezasićena kiseonikom, pre upotrebe se ostavlja da stoji 1 sat u otvorenoj posudi.

**Naziv projekta:** Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
**Akronim:** ChemIQSoc  
**Broj projekta:** 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



### *Razblažena otpadna voda*

1. U zavisnosti od porekla otpadne vode za, dodajte 5-20 ml otpadne vode i razblažite vodom za razblaživanje do zapremine od jednog. Dobijena otpadna voda se čuva na 20 ° C i uvek se priprema neposredno pre upotrebe.

### *Priprema uzorka*

1. Ako je potrebno, uzorak se neutrališe dodavanjem rastvora HCl ( $c \approx 0,5 \text{ mol / L}$ ) ili NaOH ( $c \approx 20 \text{ g / L}$ ) na pH između 6 i 8.
2. Slobodni i hemijski vezani hlor se uklanja dodavanjem potrebne zapremine rastvora natrijum-sulfita ( $c \approx 50 \text{ g / L}$ ), tako da nebude u višku.
3. Uzorci koji sadrže alge se filtriraju kroz odgovarajući filter (npr. 1,6  $\mu\text{m}$ ). Filtracija može značajno uticati na konačne vrednosti BPK i koristi se samo kada se smatra neophodnom za procenu kvaliteta vode. Ako uzorak sadrži velike čestice i potreban je veliki faktor razblaživanja, uzorak mora biti homogenizovan.

### *Priprema rastvora uzoraka*

1. Uzorak se zagreva na  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  i promeša napunjenoj posudi do pola kako bi se eliminisalo moguće prezasićenje rastvora kiseonikom. Poznata zapremina uzorka se sipa u posudu za razblaživanje, dodati 2 ml rastvora alkalne tioureje ( $c = 1.0 \text{ g / L}$ ) po litru razblaženog uzorka i posuda se napuni do oznake otpadnom vodom za razblaživanje.
2. Oprezno promešajte kako biste sprečili hvatanje mehurića vazduha.
3. Slepa proba se izvodi paralelno sa određivanjem, koristeći otpadnu vodu za razblaživanje sa 2 ml rastvora alkiltioureje. Potrošnja za slepu probu ne bi trebalo da prelazi 1,5 mg / L rastvorenog kiseonika.

### *Određivanje rastvorenog kiseonika elektrohemijskom metodom*

1. Svaki razblaženi uzorak se sipa u posudu za inkubaciju tako da tečnost blago preliva. Tokom punjenja moraju se sprečiti promene u količini kiseonika u tečnosti. Nastali vazdušni mehurići na zidovima posude mogu da pobegnu.
2. Koncentracija rastvorenog kiseonika u nultom vremenu u svakoj posudi određuje se uranjanjem sonde potencijometra prema SOP INO-MV-27. Posude su zatvorene tako da unutra ne ostaju zarobljeni mehurići vazduha.
3. Posude sa razblaženim rastvorima uzorka stavljaju se u inkubator i ostavljaju u mraku  $n$  dana  $\pm 4 \text{ h}$ . Posle tog vremena, koncentracija kiseonika se ponovo određuje.

### **Rukovanje hemijskim supstancama**

| Hemikalija                       | Stanje  | H-oznake | P-oznake |
|----------------------------------|---------|----------|----------|
| Rastvor fosfatnog pufera, pH 7.2 | Tečnost | ---      | ---      |

Naziv projekta: Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
 Akronim: ChemIQSoc  
 Broj projekta: 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



| Hemikalija                           | Stanje  | H-oznake   | P-oznake                                       |
|--------------------------------------|---------|------------|------------------------------------------------|
| MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O | Čvrst   | ---        | ---                                            |
| CaCl <sub>2</sub>                    | Čvrst   | H319       | P301, P312, P280, P305, P351, P338             |
| HCl                                  | Tečnost | H314, H335 | P261, P280, P305, P351, P338, P304, P340, P310 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>       | Tečnost | H314       | P280, P305, P351, P338, P301, P330, P331, P310 |
| Gvoždje(III)-hlorid                  | Kuglice | H314, H290 | P280, P310, P305, P351, P338                   |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>      | Čvrst   | H319       | P305, P351, P338                               |
| Glukoza                              | Čvrst   | ---        | ---                                            |
| Tiourea                              | Čvrst   | H301       | P301 + P310                                    |

### Izvori rizika i procena ozbiljnosti rizika

Nema rizika ako se pridržavate svih principa za rad sa hemikalijama i koristite ličnu zaštitnu opremu (rukavice, naočale, mantil).

### Metoda upravljanja otpadom

Hemikalije se odlažu u određenim kontejnerima za prikupljanje.

### Mera za smanjenje rizika

Korišćenje lične zaštitne opreme (naočare, rukavice, mantil).

### Literatura

1. Horáková Marta: *Analitika vode*. UCT, Prag, 2000, 283 str.
2. Ilavský Jan: *Hemija vode - laboratorijske vežbe*. STU, Bratislava, 2015, 189 str.

Naziv projekta: Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
 Akronim: ChemIQSoc  
 Broj projekta: 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



## Radni list

### Eksperimentalni podaci

1. Detaljno proučite tok rada i zabeležite najvažnije radne parametre metode.
2. Zabeležite rezultate merenja.

|                                            |   |   |   |               |
|--------------------------------------------|---|---|---|---------------|
| Broj uzorka                                | 1 | 2 | 3 | Slepa proba 1 |
| c(O <sub>2</sub> ) u mg/l u nultom vremenu |   |   |   |               |
| c(O <sub>2</sub> ) v mg/l posle 5 dana     |   |   |   |               |

### Izračunavanja

1. Izračunajte količinu BPK u uzorku.

BPK<sub>5</sub> u miligramima kiseonika po litru, sa razblaživanjem se izračunava prema jednačini:

$$BPK_5 = \left[ (c_1 - c_2) - \frac{V_t - V_e}{V_t} \cdot (c_3 - c_4) \right] \cdot \frac{V_t}{V_e}$$

$c_1$  je koncentracija rastvorenog kiseonika u jednom od testnih rastvora u nultom vremenu u mg / l

$c_2$  koncentracija rastvorenog kiseonika u istom rastvoru nakon  $n$  dana u mg/l

$c_3$  koncentracija rastvorenog kiseonika u slepoj probi u nultom vremenu u mg/l

$c_4$  je koncentracija rastvorenog kiseonika u slepom rastvoru nakon  $n$  dana u mg/l

$V_e$  je zapremina uzorka koji se koristi za pripremu testnog rastvora u ml

$V_t$  je ukupna zapremina testiranog rastvora u ml

BPK<sub>5</sub> u miligramima kiseonika po litru, nerazblaženi uzorak se izračunava prema jednačini:

$$BPK_5 = c_1 - c_2$$

$c_1$  je koncentracija rastvorenog kiseonika u jednom od testnih rešenja u nultom vremenu u mg/l

$c_2$  koncentracija rastvorenog kiseonika u istom rastvoru nakon  $n$  dana u mg/l

Naziv projekta: Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
Akronim: ChemIQSoc  
Broj projekta: 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



Rezultati su dati u miligramima po litru.

Rezultati manji od 10 mg / l će biti zaokruženi na najbliži mg / l, rezultati između 10 mg / l kiseonika i 1 000 mg / l kiseonika će se zaokružiti na dve decimale.

Rezultati iznad 1.000 mg / l dati su na tri decimale.

## 2. Unesite vrednosti BPK

| Broj uzorka      | 1 | 2 | 3 | Slepa proba 1 |
|------------------|---|---|---|---------------|
| BPK <sub>5</sub> |   |   |   |               |

## Pitanja

1. Šta predstavlja vrednost BPK<sub>5</sub> ?
2. Zašto je O<sub>2</sub> vrednost važan pokazatelj čistoće vode ili zagađenja?
3. Koji je princip oksimetra?
4. Navedite izvore grešaka u skupu BPK<sub>5</sub>. Predložite moguća rešenja.

**Naziv projekta:** Digitalizacija hemijskih eksperimenata za poboljšanje kvaliteta i podršku nastavi hemije u srednjim školama  
**Akronim:** ChemIQSoc  
**Broj projekta:** 2021-1-SK01-KA220-WET-000027995



## **Zaključak**

Procenite svoj rad.

## **Izjava o odricanju od odgovornosti**

Finansira Evropska unija. Izraženi stavovi su stavovi autora i ne izražavaju nužno stavove i mišljenja Evropske unije ili Slovačke akademske asocijacije za međunarodnu saradnju, Nacionalne agencije za obrazovanje i obuku Erasmus+ programa. Ni Evropska unija ni organizacija koja dodeljuje grantove ne preuzimaju nikakvu odgovornost za njih.