

Aerobni biološki postupci uklanjanja sastojaka iz otpadne vode

Aerobni postupci uklanjanja organskih (heterotrofnih) sastojaka iz otpadne vode - Postupak s aktivnim muljem

To je biološki postupak u kojem aerobni organizmi združeni u mješovitu mikrobnu zajednicu nazvanu **aktivni mulj** uporabljaju otopljene organske sastojke iz otpadne vode različitog podrijetla uz kisik unešen prozračivanjem s atmosferskim zrakom. Najzastupljenije mikrobne vrste u aktivnom mulju su jednostanični organizmi s najvećim udjelom bakterija.

Čimbenici vođenja aerobnog procesa obradbe otpadne vode s aktivnim muljem

Provedba aerobnog procesa obradbe otpadne vode s aktivnim muljem, brzina provedbe procesa, umnažanje mikroorganizama u aktivnom mulju i učinkovitost procesa pročišćavanja ovisi o nizu čimbenika:

- kakvoći otpadne vode kao hranjivog supstrata**
- temperaturi**
- otopljenom kisiku**
- pH-vrijednosti izvanstaničnog okoliša**
- koncentraciji toksičnih sastojaka u otpadnoj vodi**
- održavanju mikrobiološke kakvoće i biokemijske aktivnosti mikroorganizama aktivnog mulja**
- provedbi i praćenju procesa**

Vođenjem sustava aerobne obradbe otpadne vode s aktivnim muljem određena je minimalna koncentracija sastojaka s ugljikom, dušikom i fosforom u omjeru

$$\mathbf{C:N:P = 100:5:1}$$

potrebna za rast i razmnožavanje mikroorganizama.

Omjer prisutnih sastojaka s ugljikom, dušikom i fosforom u otpadnoj vodi je različit ovisno o podrijetlu otpadne vode.

Tako primjerice, u otpadnoj vodi iz kućanstva koncentracija sastojaka s dušikom i fosforom premašuje vrijednost navedenog omjera (100:5:1), dok u industrijskim otpadnim vodama taj minimalni omjer se može postići dodatkom hranjivih soli kao izvora dušika i fosfora.

Količine hranjivih soli koje se dodaju u otpadnu vodu da bi se postigao omjer C:N:P u iznosu 100:5:1, a time postigla kakvoća otpadne vode kao hranjivog supstarta, se mogu izračunati:

s obzirom na realni omjer C:N:P u otpadnoj vodi

na osnovu prirasta biomase mikroorganizama u aktivnom mulju i realnog omjer C:N:P u otpadnoj vodi.

na osnovu iskorištenja organskih sastojaka u prirast biomase mulja i realnu vrijednost koncentracije sastojaka koji čine onečišćenje otpadne vode izraženi kao KPK-vrijednost

Koncentracija dušika i fosfora u biomasi mikroorganizama mulja je poznata, i iznosi 7 % dušika i 1,5 % fosfora

Iskorištenje organskih sastojaka u prirast biomase mulja je iskustveno poznato, i iznosi

$$Y = 0,45 \text{ kg biomase aktivnog mulja} / 1 \text{ kg KPK vrijednosti}$$

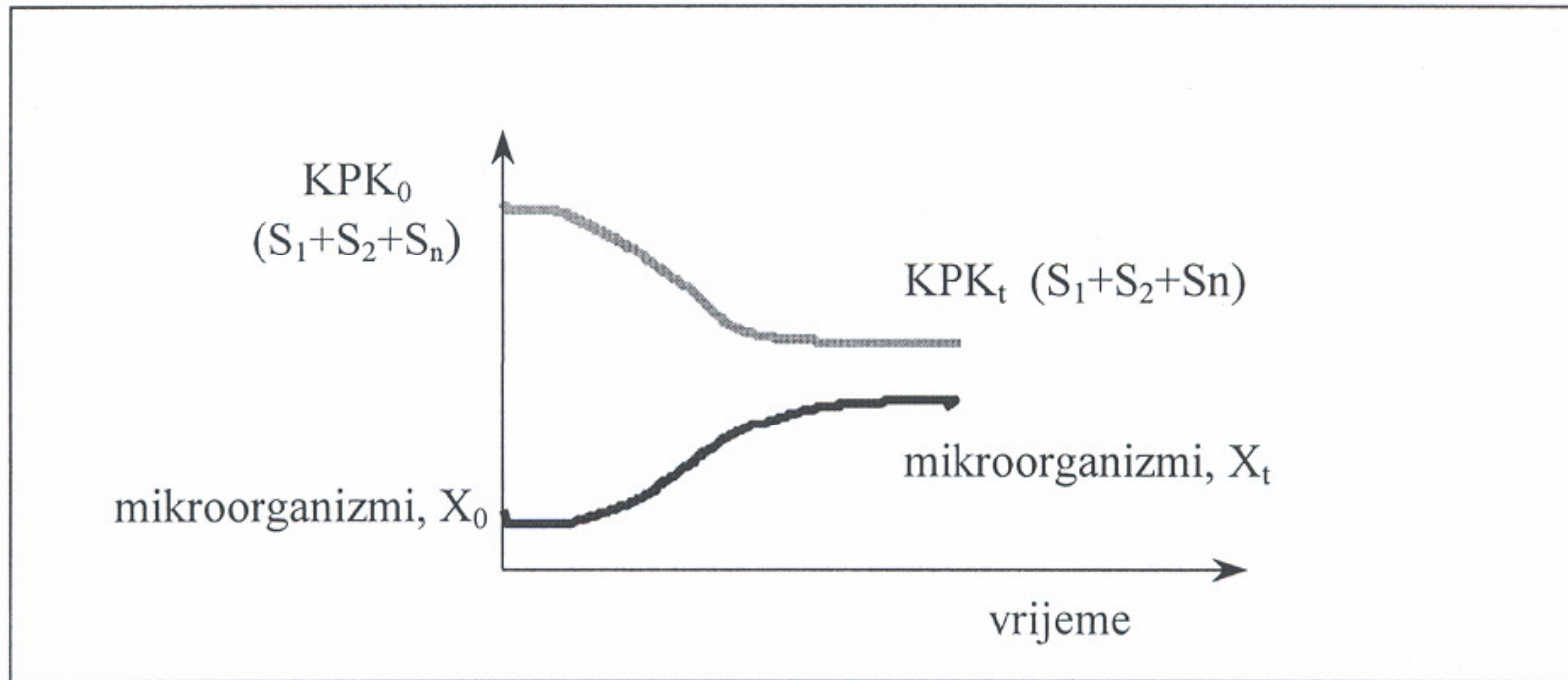
Odnosno za **1kg biomase aktivnog mulja potrebno je**
2,2 (2,5) – 3 kg KPK-vrijednosti

Kako su u otpadnoj vodi prisutni različiti sastojci organskog i anorganskog podrijetla, za čiju razgradnju je potreban veći broj vrsta mikroorganizama, otpadna voda se može smatrati višekomponentnim supstratom.

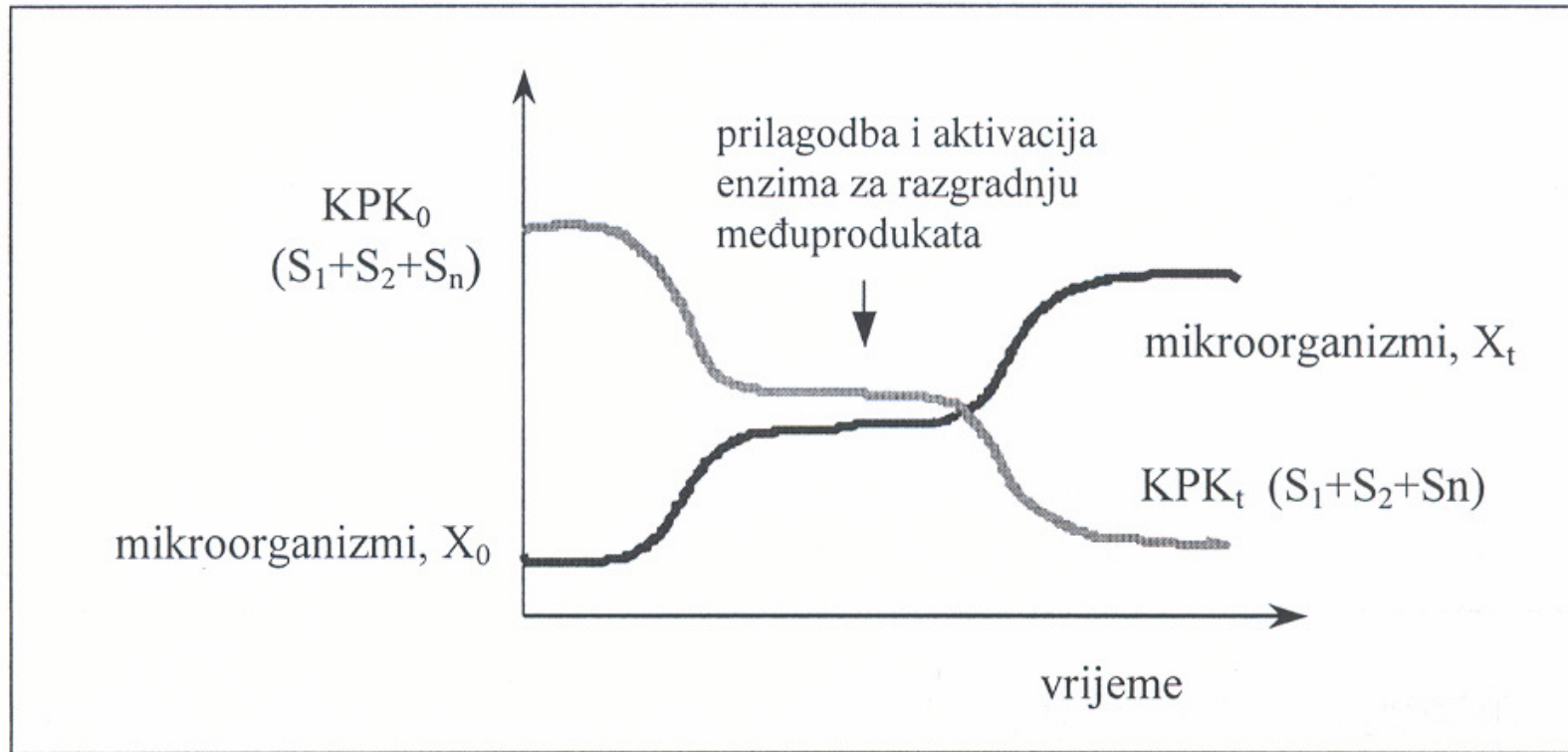
Veći broj vrsta mikroorganizama koji obitava u aktivnom mulju predstavlja prirodnu mješovitu mikrobnu zajednicu koja na zakonitostima simbiotskog djelovanja može istovremeno razgrađivati otopljene sastojke prisutne u otpadnoj vodi (višekomponentnom supstratu).

Mikroorganizmi aktivnog mulja razgrađuju sastojke u otpadnoj vodi:

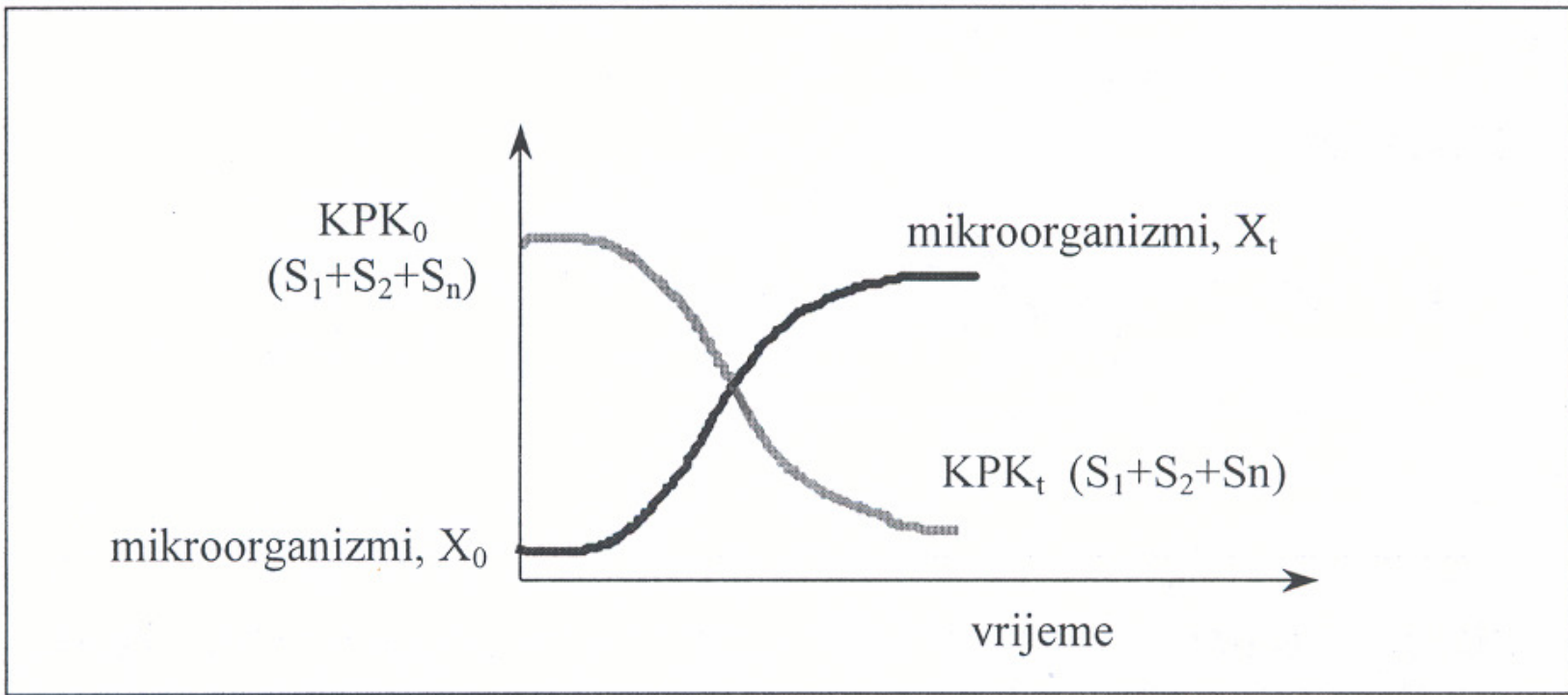
- uz nakupljanje međuprodukata razgradnje**
- uz nakupljanje međuprodukata razgradnje i njihovu razgradnju**
- uz istovremenu razgradnju većine sastojaka u otpadnoj vodi**



Grafički prikaz istovremene aerobne razgradnje otopljenih sastojaka ($S_1+S_2+S_n$) iz otpadne vode pomoću mješovite mikrobne zajednice (aktivnog mulja) uz nakupljanje međuprodukata razgradnje



Grafički prikaz istovremene aerobne razgradnje otopljenih sastojaka ($S_1+S_2+S_n$) iz otpadne vode uz nakupljanje međuprodukata i njihovu razgradnju postignutu aktiviranjem enzima tijekom prilagodbe mješovite mikrobne zajednice (aktivnog mulja)



Grafički prikaz istovremene aerobne razgradnje otopljenih sas ($S_1+S_2+S_n$) iz otpadne vode pomoću mješovite mikrobne zajednice (akumulja) bez nakupljanja međuprodukata razgradnje

Aerobnu biološku razgradnju organskih (heterotrofnih) sastojaka iz otpadne vode prate reakcije: oksidacije, sinteze i endogene respiracije.

oksidacija:



organski sastojci

sinteza (mikrobni rast):



organski sastojci

stanična biomasa

endogena respiracija:

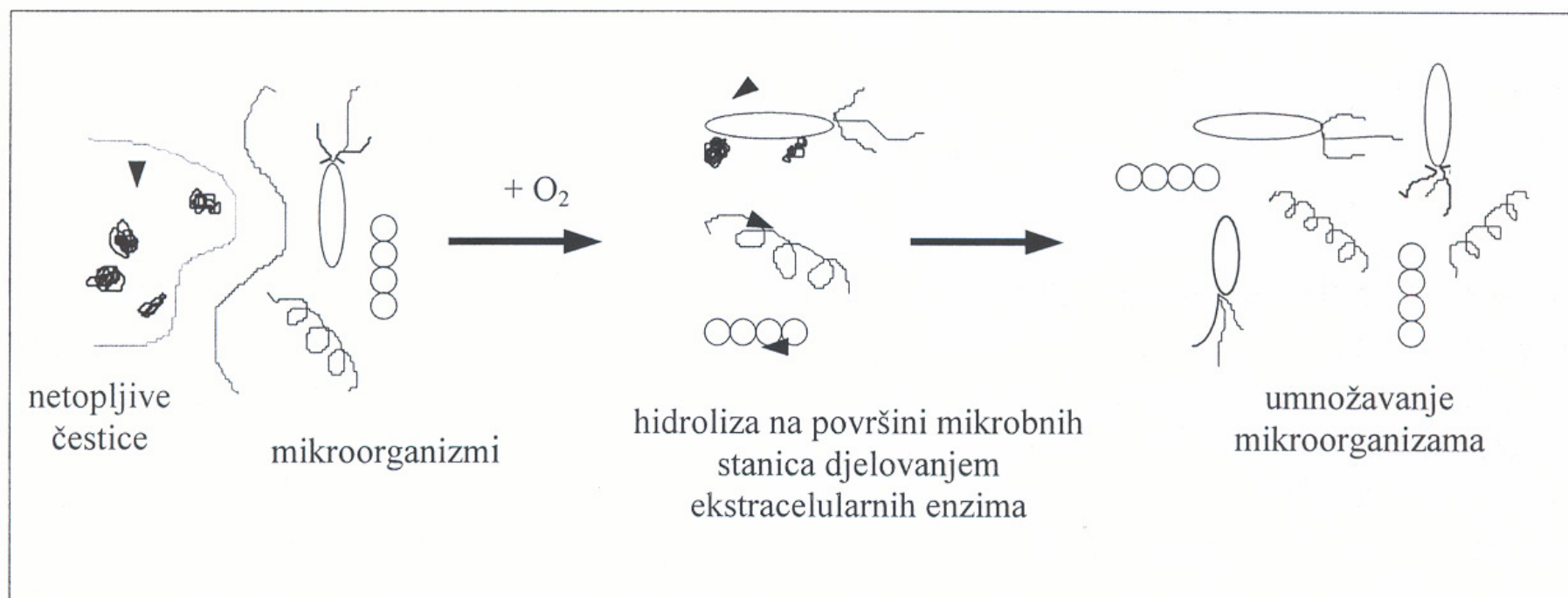


stanična biomasa

Istovremeno s razgradnjom jednostavnih organskih sastojaka tijekom biološke razgradnje pomoću aktivnog mulja odvija se procesom hidrolize razgradnja složenih sastojaka, primjerice proteina.

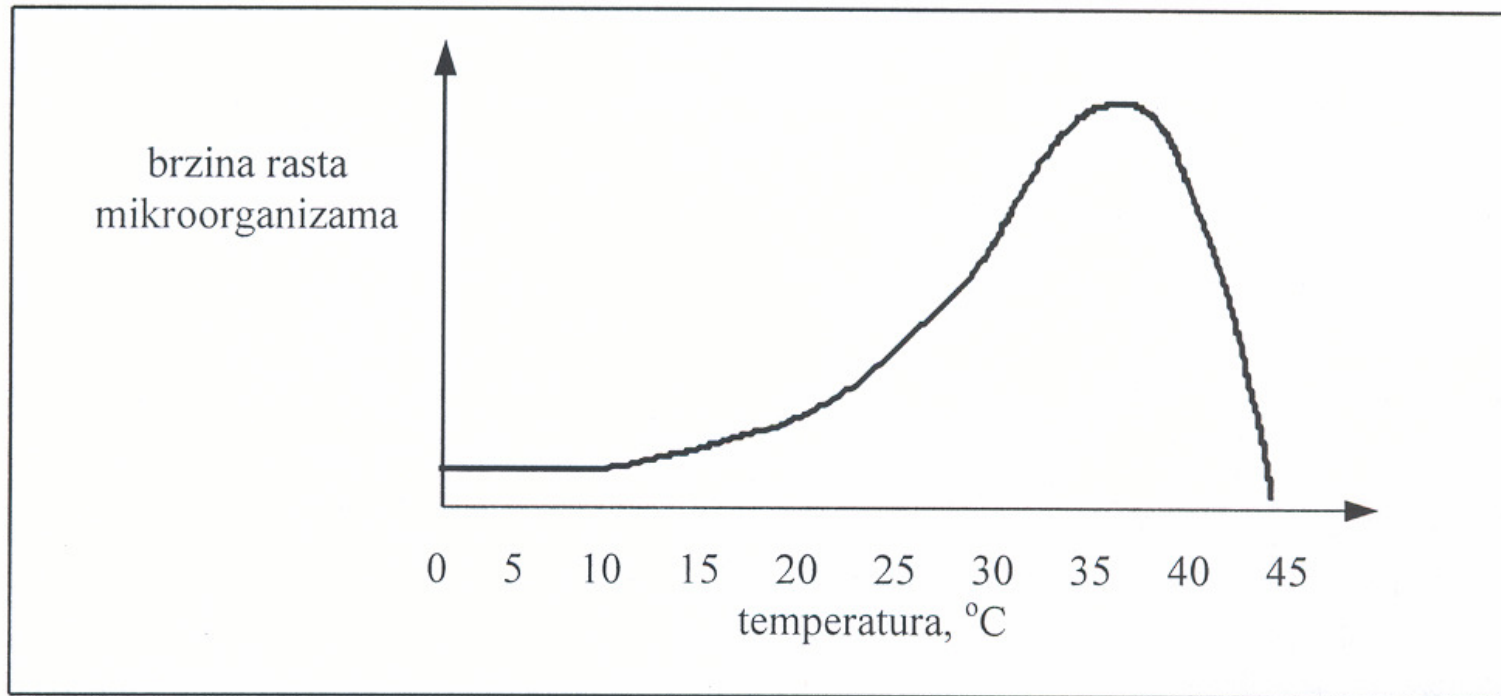
Pri tome nastaju sastojci jednostavne kemijske strukture i amonijak, dostupni mikroorganizmima aktivnog mulja kao izvori ugljika i hranjiva za sintezu biomase.

Hidrolizom se netopljivi sastojci u otpadnoj vodi (koloidne čestice) prevode u topljive sastojke za što je potrebno dulje vrijeme u odnosu na vrijeme potrebno za biorazgradnju otopljenih sastojaka iz otpadne vode.



Shema odvijanja procesa hidrolize netopljivih čestica u otpadnoj vodi pomoću mikroorganizama aktivnog mulja

Temperatura



Ovisnost brzine rasta mikroorganizama o temperaturi tijekom procesa aerobne razgradnje otopljenih sastojaka iz otpadne vode pomoću aktivnog mulja

Otopljeni kisik

- **Iskustva u provedbi aerobnog procesa obradbe otpadne vode pomoću aktivnog mulja pokazala su da je koncentracija otopljenog kisika od 2 mgO₂/l dovoljna za odvijanje procesa.**
- Koncentracija otopljenog kisika u otpadnoj vodi ovisi o nizu čimbenika:
- **temperaturi vodenog okoliša**
- **koncentraciji sastojaka u otpadnoj vodi**
- **sustavu za aeraciju**
- **koncentraciji biomase mikroorganizama, njenoj aktivnosti i mikrobiološkoj kakvoći**

Potrebna količina otopljenog kisika za odvijanje aerobnog procesa postiže se unosom zraka (prozračivanjem), a definira se pokazateljem:
brzine respiracije mikroorganizama ili aktivnog mulja.

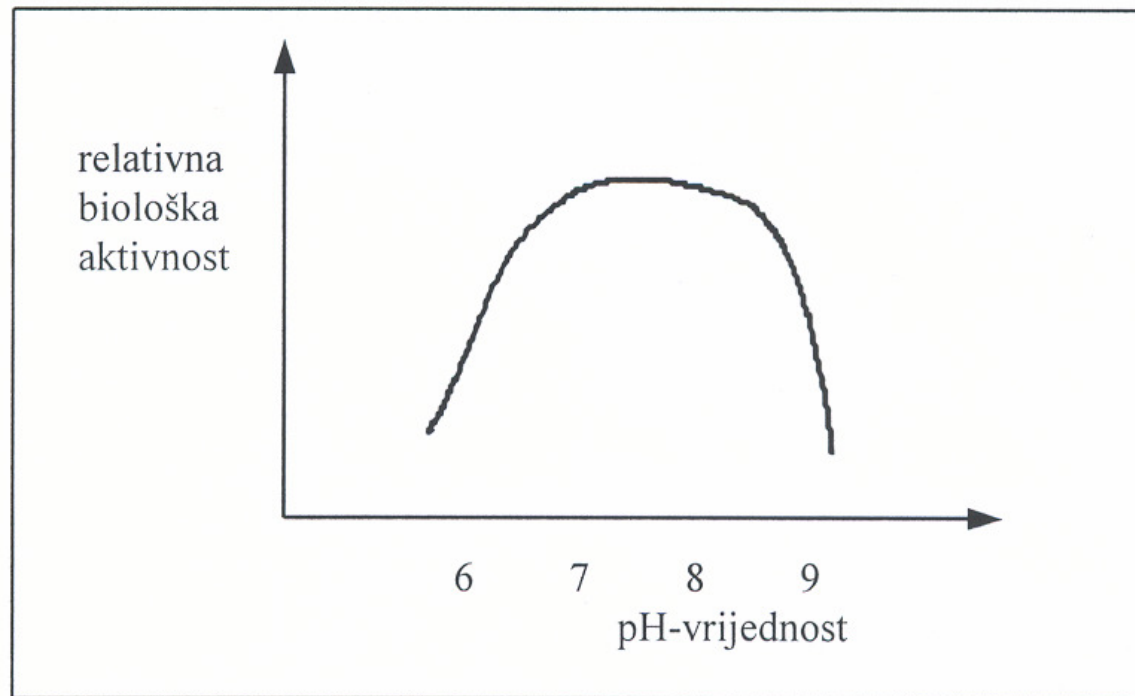
To je brzina utroška kisika kojeg mikroorganizmi upotrebljavaju za razgradnju otopljenih sastojaka.

Brzina respiracije označava se kao BUK (brzina utroška kisika) ili OUR (oxygen consumption rate), a izražava u mg O₂/g biomase mikroorganizama i satu.

Mulj dobre aktivnosti ima vrijednost OUR = 20-40 g O₂/kg biomase mulja i satu (visoka vrijednost respiracije), dok mulj niske aktivnosti ima vrijednost OUR = 5-10 g O₂/kg biomase mulja i satu.

Brzina respiracije mikroorganizama u aktivnom mulju određuje se pomoću **respirometra.**

pH-vrijednost izvanstaničnog okoliša



Ovisnost biološke aktivnosti mikroorganizama aktivnog mulja o pH-vrijednosti izvanstaničnog okoliša

Koncentracija toksičnih sastojaka u otpadnoj vodi

- U otpadnoj vodi podrijetlom iz kemijske i farmaceutske industrije mogu biti prisutni toksični sastojci koji koće ili potpuno inhibiraju rast mikroorganizama aktivnog mulja, što se odražava na učinkovitost procesa aerobne razgradnje sastojka otpadne vode. Toksični sastojci mogu biti kovine, sulfidi, fenoli, cijanidi i drugi sastojci složenih kemijskih struktura, a nazivaju se **ksenobiotici** što znači stran prirodi. Toksični sastojci tijekom duljeg vremena prisustva u otpadnoj vodi, primjerice kovine (arsen, bakar, krom) se mogu nagomilavati u stanicama mikrobne biomase aktivnog mulja, utjecati na aktivnost enzimskog sustava i uzrokovati akutnu ili kroničnu toksičnost mikroorganizama.
- **Akutna toksičnost** se uočava nakon kratkog vremena (nekoliko sati) doticaja toksičnih sastojaka i mikroorganizama aktivnog mulja, a prepoznaje se kao intenzivno pjenjenje sadržaja u reaktoru izazvano autolizom biomase mikroorganizama.
- **Kronično trovanje mikroorganizama** uočava se nakon dužeg vremena rada sustava nakon što se kovine (primjerice bakar) nagomilaju u aktivnom mulju, a prepoznaje se značajnim smanjenjem ili gubitkom aktivnosti mikroorganizama. Kod ovakvog tipa trovanja mora se cijeli sustav za obradbu otpadne vode isprazniti i započeti proces obradbe otpadne vode iznova.

Održavanje mikrobiološke kakvoće i biokemijske aktivnosti mikroorganizama

Mikroorganizmi aktivnog mulja pomoću kojih se tijekom aerobne obradbe uklanjaju otopljeni sastojci iz otpadne vode održavaju se:

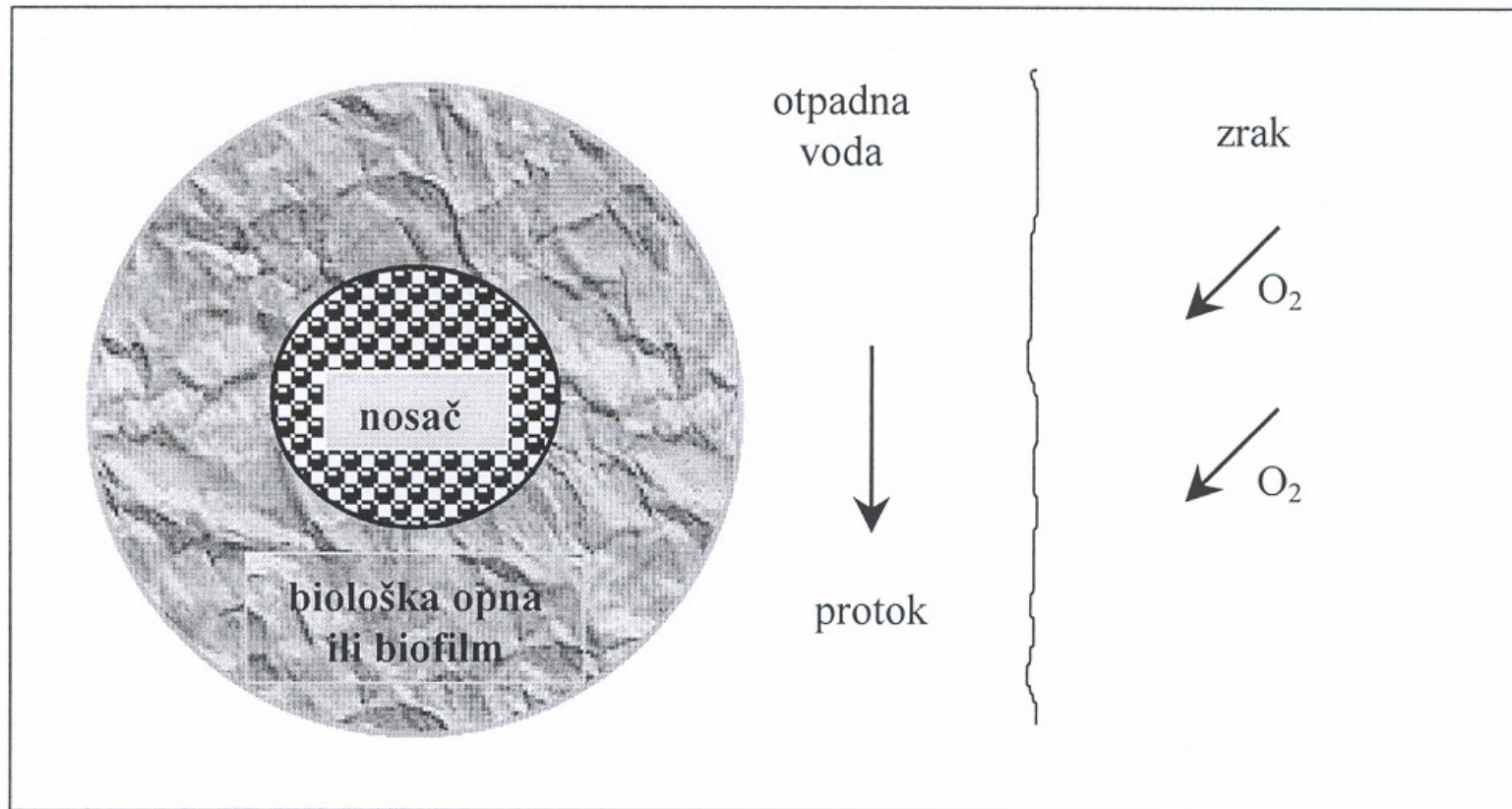
- raspršeni u vodenom okolišu u obliku pahuljica aktivnog mulja ili**
- na nosačima kao slojevi biomase aktivnog mulja nazvan biofilm ili bioobraštaj**

Mikroorganizmi u pahuljici ili biofilmu obitavaju kao mješovite mikrobne zajednice temeljene na zakonitostima:

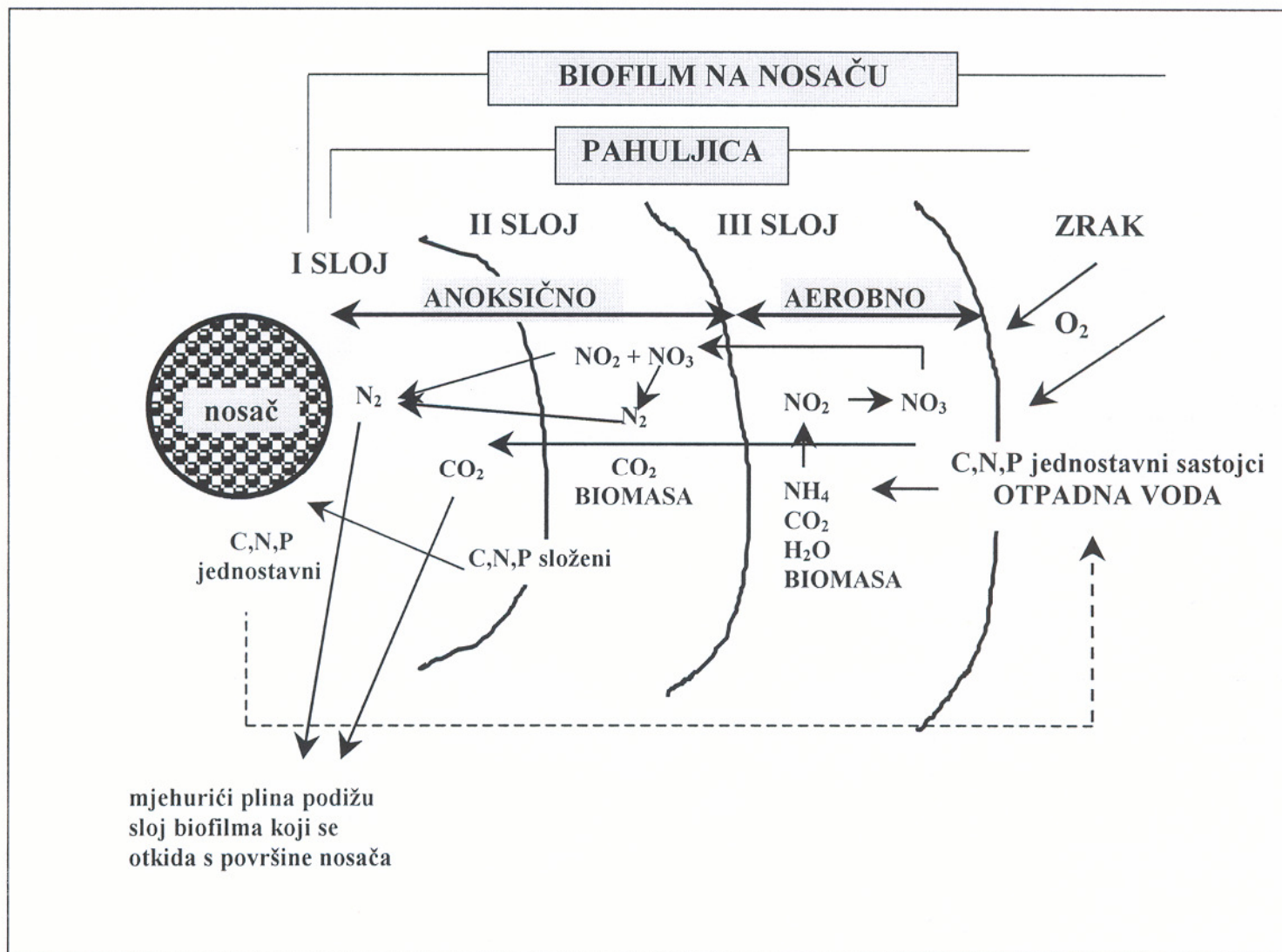
SIMBIOZE:	oba člana zajednice imaju koristi jedan od drugoga
KOMENSALIZMA:	jedan član zajednice ima koristi od drugog člana, a drugi član nema ni štete ni koristi
MUTUALIZMA:	oba člana imaju koristi od njihovog međudjelovanja
KOMPETICIJE:	svi se članovi natjeću za supstrat kao hranu, što rezultira u smanjenom rastu u usporedbi sa rastom svakog člana pojedinačno
NEUTRALIZMA:	nema djelovanja među članovima zajednice
AMENSALIZMA:	jedna vrsta mikroorganizma djeluje na rast druge, ali prema ostalim članovima je inertna
PARAZITIZMA:	jedan organizam ima koristi od drugoga uvijek u neštetnom odnosu
PREDACIJE:	jedan organizam jede drugi uvijek u nasilnom destruktivnom odnosu

U pahuljici i biofilmu aktivnog mulja nije ujednačen raspored vrsta mikroorganizama.

U površinskom sloju zastupljene su one vrste mikroorganizama koje koriste više kisika za razgradnju sastojaka iz otpadne vode kao supstrata, a središnje (dublje) slojeve pahuljice ili biofilma čine mikroorganizmi koji razgrađuju produkte razgradnje mikroorganizama površinskog sloja ili one sastojke iz otpadne vode za čiju razgradnju je potrebno manje kisika



Shematski prikaz biofilma na nosaču koji nastaje tijekom aerobne razgradnje sastojaka u otpadnoj vodi



Shematski prikaz mogućih reakcija razgradnje otopljenih sastojaka iz otpadne vode koje se odvijaju u pahuljici ili biofilmu