

Celpox[®]

Bioreaktorid

Celpox[®] bioreaktor

Tööstus- ja olmereovee puhastamise tõhustamist nõutakse kõikjal maailmas. Puhastusprotsess ei seisne üksnes orgaaniliste ainete, vaid ka toitainete eemaldamises, mis tähendab, et bioloogiline protsess on reovee puhastamise loomulikuks osaks.

Tavaõhustussüsteemid, mis on aktiivmudabasseinides laialt kasutusel, suudavad vees hapnikku lahustada efektiivselt või vähemefektiivselt, kuid ükski neist ei ole võimeline viima hapnikku raku sisemusse. See on protsessi viimane faas, mille tähtsusele ei ole aeratsiooniseadmete tootjad seni veel erilist tähelepanu pööranud. Peamised jõupingutused on olnud seotud heade näitajate saavutamise ja katsetustel puhta veega.

Uue süsteemi konstrueerimiseks, mis vastaks aktiivselt toimiva biomassi keerukaile ja olulistele nõudmistele, lülitati Celpoxi[®] inseneridegruppi ka mikrobioloogid ja biokeemikud. Töö tulemusena selgus peagi, et lahustunud hapniku viimine vette on hoopis väiksema tähtsusega, kui vajadus viia lahustunud hapnikku kiiresti ja piisavas koguses raku sisemusse, kus leiab aset lahustunud reoainete kasutamine raku ainevahetusprotsessis.

Õhustussüsteemi olulisim ja samal ajal kriitilise tähtsusega koostööpartner on mikroorganism, kes suudab oma sisemuses vähendada aktiivmudabasseini juhitud reovees leiduva lahustunud orgaanilise aine hulka.

Raku läbimõõt on umbes 1/1000 millimeetrit. Rakukestal on peamiselt mehaanilised ja kaitsvad funktsioonid. Rakukesta all asub tsütoplasma membraan, mis reguleerib soolade ja madalmolekulaarsete ainete transporti raku sisse ja välja. Tsütoplasma raku sisemuses on kolloidne suspensioon, mis sisaldab süsivesikuid, proteiine, pärilikkusainet (desoksüribonukleiinhapet, DNH-d) kandvaid bakterituumi ja valgusünteesiks vajalikku ribonukleiinhapet (RNH).

Peamine biokeemiline oksüdatsioon ja ainevahetusprotsess leiab aset raku sisemuses. Seepärast tuleb raku ainevahetusprotsessist osa võtvad orgaanilised ühendid ja molekulaarhapnik, viia esmalt raku sisse. Optimaalse ainevahetuse saavutamiseks tuleb toitesoolade ja ainevahetuse produktide sisaldus hoida üsna kitsastes piirides. Vees lahustunud hapniku ja samuti ainevahetuse saaduste liikumine läbi tsütoplasma membraani toimub difusiooni teel. Hapnikumolekulide difusioonikiirus raku sisse ja sellest välja sõltub täielikult hapnikukoguse erinevusest raku sees ja sellest väljaspool. See, et lahustunud molekulaarhapniku suurem kontsentratsioon väljaspool rakku, reovees soodustab hapniku kiire liikumise raku sisemusse, on lihtsalt mõistetav. Ühtlaselt kõrge hapnikusisaldus iga raku vahetus läheduses saab tagatud olla vaid intensiivse turbulentsi korral vees. Piisava turbulentsi saamiseks peab aga energiatihedus veemassis olema üsna kõrge.

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; jit@hot.ee

Näiteid kiire ja tõhusa puhastusprotsessi kohta aeroobsete mikroorganismide osavõtul, võime leida loodusest. Jäajast peale on iga kosk ja väikseimgi kiirevooluline veejuga kujutanud endast tõhusat bioreaktorit, milles biooksidatsioon ei ole kunagi kannatanud hapnikupuuduse all.

Loodus oma arukuses on igale langevale veejoale andnud võime viia vette suures koguses hapnikku. Turbulentsi ja kõrge energiatiheduse tõttu, mis kontsentreeruvad veejoa pörkepindadel, on täidetud kõik vajalikud tingimused ja eeldused kiire difusiooni toimumiseks läbi bioloogiliste membraanide. Tagatud on hapniku ja ainevahetussaaduste kontsentratsiooni suur erinevus kummalgi pool rakuseina, mistõttu difusioonikiirus läbi rakuseina suureneb

Kaasaegsete tööstuslike bioreaktorite arvutustes ja dimensioneerimisel, milles gaasi ja vedeliku massiülekanne on protsessi otsustavaks astmeks, pööratakse suurt tähelepanu konvektiivse difusiooni toimele, mida põhjustavad turbulents vees. Konvektiivse difusiooni mõju massiülekandele võiks võrrelda keha märgatavalt suurema mahajahtumisega tuulise ilma korral, mida igaüks on kogenud. Nihkejõudude olulisust aktiivmuda protsessis on uurinud ja dokumenteerinud Pasveer, kes tõestab, et biokeemilise protsessi kiirus ja tõhusus sõltub järgmiste protsesside kiirustest:

1. Hapniku lahustumine vees
2. Lahustunud hapniku viimine raku pinnani
3. Lahustunud hapniku difusioon läbi rakumembraani
4. Hapniku biokeemiline sidumine raku sisemuses.

Reaktori energiatiheduse seisukohalt on imekspandav tööstusliku biotehnika ja aktiivmudaprotsessi suur erinevus. Tööstuses on protsessi energiatihedust pidevalt suurendatud ja praegu esineb bioreaktoreid energiatihedusega kuni $25\,000\text{ W/m}^3$. Tavapärasel aktiivmudaprotsessis tuleb täna rääkida vaid ligikaudu 20 W/m^3 , mis on võrreldav 30 aasta taguse näitajaga.

Piisavalt intensiivse turbulentsi saavutamise kogu aktiivmudabasseini ulatuses on ilmselt absurdne ja liialt kulukas. Selle vältimiseks oleme konstrueerinud Celpox[®] läbivoolubioreaktori, mis töötab otse loodusest võetud põhimõtetele.

Ringluspump (1) töötab pidevalt ja tagab stabiilse vee voolu läbi reaktori toru (2). Joapump (3) tõstab vee üles reaktori joakasti (4) ja tagab perioodilise või sujuvalt muutuva vooluhulga, mida reguleeritakse vastavalt momendi reostuskoormusele (BHT-le) basseinis. Reaktori joakasti põhjas on avad, läbi mille joakastis olev vesi alla paiskub, moodustades hulga võimsaid jugasid, millised sukeldumise momendil vette haaravad kaasa märkimisväärse hulga õhku (hapnikku). Vee ja õhu segu liigub mööda reaktori toru allapoole, kus toimub protsessis osalevate mikroorganismide ja ümbritseva vee küllastamine hapnikuga. Vee ja õhu segu väljub reaktorist basseini põhja lähedal, kus intensiivne väljavool hoiab basseini põhja settest puhta. Celpox[®] on toodud joonisel 1.

Vooluhulk läbi bioreaktori toru on sõltuvalt Celpoxi[®] suurusest $10\text{--}150\text{ m}^3/\text{min}$. Reaktori torus on voolamine väga turbulentne, energiatihedus on ligikaudu 1500 W/m^3 , mistõttu toimub õhu ja biomassi muutumine peeneks emulsiooniks ja moodustub maksimaalne kontaktpind massiülekanne toimumiseks. Lahustunud hapniku sisaldus reaktori torus on alati vahemikus $50\text{--}85\%$ võimalikust küllastustasemest. Madalamat hapnikutaset on täheldatud ainult väga kõrge reostuskoormuse korral, kui esineb suur hapniku defitsiit.

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; jit@hot.ee

Tänu kõrgele hapnikukontsentratsioonile ei kannata biokeemilise oksüdatsiooni kiirus Celpoxi[®] bioreaktori torus kunagi hapnikupuuduse tõttu, mida tavaaeratsiooni puhul suurema koormuse tingimustes tihti juhtub.

Peale hapnikuga küllastatud mikroorganismide liikumist reaktoritorust välja ümbritsevasse keskkonda, milles vabahapniku tase on väiksem, satuvad

mikroorganismid tingumustesse, kus molekulaarhapniku kontsentratsioon raku sees peab tasakaalustuma membraanist väljaspool olevaga. Tänu rekumembraani selektiivsele omadusele keemiliste ühendite läbimisel, ei pääse seotud hapnik välja ja kõige loomulikum tasakaalu taastumise viis on hapniku rakusisene omastamine. Kaugelt enne rakusisese hapnikutaseme tasakaalustumist liiguvad mikroorganismid uuesti läbi reaktoritoru, kus neid varustatakse uue hapnikuannuse, mistõttu tasakaalutu olek taastatakse. Normaalselt dimensioneeritud Celpoxi[®] rakendustes läbivad mikroorganismid kirjeldatud protsessi teatud arv kordi enne järgnevasse settebasseini suundumist. Üldtuntud on fakt, et mikroorganismid, liikudes läbi vahelduvalt madala ja kõrge lahustunud hapniku kontsentratsiooniga keskkondade, muutuvad biokeemiliselt väga aktiivseks, kuna see on vajalik siseenergia tasakaalustamiseks. Celpoxis[®] toimuv protsess rakendab seda mikroorganismide omadust ja nii saavutatakse ainevahetuse kiirus, mis on kõrgem mistahes teise õhustussüsteemi vastavast näitajast.

Madala energiatihedusega õhustussüsteemides on lisanduvate lahustunud ainete suure kontsentratsiooni korral ilmne oht, et biomudahelveste välimised osad tarvitavad kogu saadaoleva hapniku ära ja sisemised tsoonid kannatavad hapnikupuuduse all. Sellisel juhul on bioloogilise lagunemise kiirus piiratud, kuni koormus uuesti langeb. Tõestuse toodud väitele annab fakt, et tavaprotsessis varieerub α -väärtus väga suurtes piirides, sõltudes hapnikku nõudvate reoainete koormusest.

Celpox[®] bioreaktoris liigub biomass pidevalt reaktori torus oleva intensiivse liikumisega aeroobse oleku ja reaktori torust väljapoole jääva võrdlemisi rahuliku oleku vahel, kus ka hapnikutase on märgatavalt madalam. Kiire biooksüdatsiooni kõrval leiab aset veel vees lahustunud orgaanilise materjali ulatuslik adsorptsioon biomassi. Läbi Celpoxi[®] toru liikumisel laguneb biomudamuda helbe struktuur väga peeneks hõljumiks. Sellest tulenevalt on imendumisele avatud biomassi vaba pind Celpox[®] torust väljumise hetkel kuni 100 korda suurem, võrreldes rahulikus piirkonnas viibiva biomassiga. Tänu lahustunud hapniku vahelduvalle kontsentratsioonile Celpoxi[®] ringlusprotsessis, on võimalik ka fosfori bioloogiline eraldamine märkimisväärses mahus.

Puhas basseini põhi ja settimise vältimine õhustustsoonis on aktiivmudaprotsessi tõrgeteta tööks väga olulised. Ebarahuldava settimise tagajärjeks on settinud orgaaniliste ühendite anaeroobse lagunemine, mille käigus tekib mürgine ühend - vesiniksulfiid. Vees lahustunud vesiniksulfiid (H_2S) kahjustab mikroorganisme, millega kaasneb biooksüdatsiooniprotsessi pidurdumine. Kõigis Celpoxi[®] rakendustes suunatakse mööda basseini põhja lai ringlusvool, mis hoiab põhja settest puhta.

Celpox[®] bioreaktorid sobivad ehituselt nii vanasse kui uude õhustusbasseini, sõltumata selle kujust ja sügavusest.

Praegu töötab paljudes riikides, enam kui 60 veepuhastis, kokku rohkem kui 200 erineva suurusega Celpox[®] bioreaktorit.

Artikli autorid

Erik Woode Celpateknik AB

Jaan Woode Celpateknik AB

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; jit@hot.ee