

Univerzitet u Novom Sadu

Tehnološki fakultet

Broj: 06-365/86

Datum: 9.04.1990

Savetu Tehnološkog fakulteta

Novi Sad

Predmet: Izveštaj Komisije za ocenu uradene
doktorske disertacije mr Mile Klašnja

Odlukom Saveta Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu imenovana je
Komisija za ocenu uradene doktorske disertacije mr Mile Klašnja,
dipl. inženjera tehnologije iz Novog Sada, u sastavu:

dr Slobodan Gaćeša, redovni profesor
Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu,

dr Josip Baras, redovni profesor
Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, i

dr Božo Dalmacija, docent
Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu.

Po pregledu disertacije, Komisija podnosi Savetu Tehnološkog
fakulteta sledeći

IZVEŠTAJ

Doktorska disertacija mr Mile Klašnja pod naslovom
VIŠESTEPENO ANAEROBNO BIOLOŠKO PREČIŠĆAVANJE JAKO OPTEREĆENIH
OTPADNIH VODA, pisana je pisačom mašinom, sa poluproredom, i
obuhvata ukupno 252 strane sa 72 tabele i 55 slika u tekstu.
Dokumentovana je sa 313 literaturnih navoda. Na početku
disertacije kandidat je na 4 zasebno numerisane strane dao
sadržaj.

Disertacija je podeljena na: UVOD, OPŠTI DEO (poglavlja 1-4)
i EKSPERIMENTALNI DEO (poglavlja 5-10). Nakon UVODA (str.1) slede

u OPŠTEM DELU poglavlja: 1. ASPEKTI ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA (str.2-8), 2. BIOHEMIJA I MIKROBIOLOGIJA METANSKOG VRENJA (str.9-24), 3. KINETIKA ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA (str.25-33), 4. TEHNOLOGIJA ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA (str.34-54). U EKSPERIMENTALNOM DELU su poglavlja: 5. MATERIJAL I METODE (str.55-71), 6. REZULTATI I RAZMATRANJA (str.72-225), 7. ZAKLJUČAK (str.226-229), 8. LITERATURA (str.230-246), 9. SUMMARY (str.247-248), i 10. TUMAČ SIMBOLA KORIŠĆENIH U EKSPERIMENTALNOM DELU (str.249-252).

PRIKAZ I ANALIZA DISERTACIJE

U UVODU kandidat konstatuje da, kao rezultat ekonomisanja vodom ili zbog karaktera proizvodnje, nastaju tzv. opterećene i jako opterećene otpadne vode koje karakteriše povećana ili velika koncentracija, u prvom redu organskog, zagadjenja. U obradi takvog tipa otpadnih voda anaerobno prečišćavanje gotovo da i nema alternativu. Višestepeni, u pravilu dvostepeni, proces anaerobnog prečišćavanja je najefikasniji način anaerobne obrade. Sem toga, medju biološkim postupcima tretmana otpadnih voda, anaerobno prečišćavanje je jedinstveno po tome što se istovremeno sa smanjenjem zagadjenja dobija i energija (biogas). Na osnovu toga kandidat formuliše zadatak rada: koncipiranje dvostepenog procesa anaerobnog prečišćavanja *sa razdvajanjem biogasa iz prvog i drugog stepena pri čemu bi se samo biogas iz drugog stepena koristio kao energant a biogas iz prvog stepena koristio u druge svrhe ili odbacivao*. Tako koncipirani dvostepeni proces ispitan je u obradi jako opterećenih otpadnih voda.

Iz sulfata, veoma raširenog sastojka otpadnih voda, u anaerobnim uslovima nastaje vodoniksulfid koji otežava (u nekim slučajevima i sprečava) primenu anaerobnog prečišćavanja značajnog broja otpadnih voda. Iz tih razloga je dvostepeni proces anaerobnog prečišćavanja sa razdvojenim korišćenjem biogasa ispitan i u obradi jako opterećenih otpadnih voda bogatih u sulfatima.

U OPŠTEM DELU rada kandidat je u četiri poglavlja temeljito obradio problematiku anaerobnog prečišćavanja. U prvom poglavlju, ASPEKTI ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA kritički se razmatraju osnovni aspekti procesa anaerobnog prečišćavanja: (a) zaštita životne sredine, (b) obrada, korišćenje i odlaganje efluenta, i (c) korišćenje biogasa; na osnovu čega se zaključuje da ovaj proces ima svoje mesto u obradi otpadnih voda i otpadaka, kao i osiguranu perspektivu razvoja ukoliko je zasnovan i izveden kao kompleksan proces koji obuhvata prečišćavanje efluenta, i racionalno korišćenje efluenta i biogasa. U poglavlju BIOHEMIJA I MIKROBIOLOGIJA METANSKOG VRENJA razmatra se biološka osnova anaerobnog procesa prečišćavanja - metansko vrenje. U analizi triju faza metanskog vrenja: (1) hidrolize - acidogeneze, (2) acetogeneze, i (3) metanogeneze, ističe se ključna uloga vodonika. U poglavlju KINETIKA ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA prikazana je kinetika procesa anaerobnog prečišćavanja na primeru kinetičkih modela Chen-a i Hashimoto-a (na modelu potrošnje supstrata i modelu nastajanja proizvoda Chen-a i Hashimoto-a je i zasnovana kinetička interpretacija rezultata ogleđa u eksperimentalnom delu). Ukazano je, zatim, na važnost dinamičkih kinetičkih modela koji opisuju rad anaerobnog fermentora u nestacionarnom stanju, čestom u praksi. Specifičnosti kinetike dvofaznog (dvostepenog) procesa diskutovane su na primeru modela Massey-a i Pohland-a. Poglavlje 4, TEHNOLOGIJA ANAEROBNOG BIOLOŠKOG PREČIŠĆAVANJA, obradjeno je vrlo studiozno, sa naglaskom na (1) kontrolu procesa (u okviru toga treba istaći jezgrovit i dokumentovan presek stanja na polju inhibicije metanskog vrenja), (2) klasifikaciju i karakterizaciju otpadnih voda, i na (3) tehnološke postupke. Poglavlje se završava poredjenjem tehnoloških postupaka, važnim sa aspekta prakse, i kandidatovim vidjenjem tendencije razvoja tehnologije anaerobnog biološkog prečišćavanja.

Rezultati rada kandidata na realizaciji postavljenog zadatka dati su u EKSPERIMENTALNOM DELU. Poglavlje MATERIJAL I METODE koncipirano je na uobičajen način za radove ove vrste. Dete su prvo metode analize sirove i obradjene otpadne vode, i biogasa. Treba istaći da je kandidat, pritisnut nuždom, razradio originalnu metodu za odredjivanje sumporvodonika u biogasu. Prikazani su

zatim laboratorijski uređaji, originalne konstrukcije, i objašnjen je način vođenja procesa anaerobnog prečišćavanja. Konstruisane su dve aparature: (1) sa impulsnim napajanjem za kvazikontinualni, i (2) sa ciklično-šaržnim napajanjem za polukontinualni rad. U delu posvećenom ispitivanoj otpadnoj vodi objašnjeni su i dokumentovani razlozi za izbor melasne džibre kao modelske otpadne vode, i razmotrene karakteristike džibre korišćene u ogledima.

Poglavlje 6, REZULTATI I RAZMATRANJA, podeljeno je na dva dela. U prvom delu ispitan je dvostepeni proces anaerobnog biološkog prečišćavanja melasne džibre kao modelske jako opterećene otpadne vode. Kandidat je zasnovao i obrazložio koncepciju dvostepenog anaerobnog prečišćavanja sa korišćenjem samo biogasa iz drugog stepena kao energanta, i argumentovao način realizacije te koncepcije: povećavanjem opterećenja i odgovarajućim disproporcionisanjem opterećenja prvog i drugog stepena. Karakterizacija procesa izvedena je na osnovu dva ključna aspekta: (1) prečišćavanja otpadne vode, (2) proizvodnje biogasa. Ovako koncipirani dvostepeni proces se pokazao uspešnim u obradi jako opterećene otpadne vode ispunjavajući oba bitna uslova za primenu u praksi: (1) dobru produktivnost proizvodnje biogasa, metana, uz zadržanu (2) visoku efikasnost prečišćavanja, uklanjanja organskog zagadjenja iz otpadne vode; sve to pri značajnim vrednostima zapreminskog opterećenja. U karakterizaciji dvostepenog procesa ostvaren je u značajnoj meri originalan pristup: predloženo je da se performanse prvog stepena ocenjuju u prvom redu preko vrednosti koje su zasnovane na HPK efluenta i u razmatranju performansi drugog stepena uveden je pojam nominalne (računate u odnosu na influent dvostepenog procesa) i efektivne vrednosti (računate u odnosu na influent drugog stepena, odnosno efluent prvog stepena) parametara; predložen je kriterijum produktivnosti prečišćavanja umesto uobičajenog kriterijuma kapacitet prečišćavanja; uvedeni su tzv. gradijenti i specifični gradijenti kriterijuma efikasnosti anaerobnog procesa u cilju objektivnijeg vrednovanja odziva procesa na promenu uslova rada. Dokazana je mogućnost realizacije koncepcije dvostepenog procesa anaerobnog prečišćavanja sa razdvojenim korišćenjem biogasa.

Razvijen je niz originalnih kriterijuma za ocenu efikasnosti tako koncipiranog dvostepenog procesa: Specifični utrošak supstrata u prvom stepenu, Odnos efikasnosti proizvodnje metana u drugom stepenu i ukupne efikasnosti, i Odnos količine metana proizvedenog u prvom stepenu i ukupne količine metana.

Kinetička interpretacija dvostepenog procesa izvedena je veoma temeljito. Kandidat na početku argumentuje izbor kinetičkih modela koje je koristio. Zatim se interperira svaki stepen posebno. Treba naglasiti da su kinetički modeli Chen-a i Hashimoto-a izvorno koncipirani za jednostepeni proces. Modeli su, iz tih razloga primenjeni sa uspehom u interpretaciji rezultata prvog stepena. Modelom predviđene, proračunate, vrednosti su se veoma dobro slagale sa eksperimentalnim. Originalan doprinos predstavlja utvrđivanje kompatibilnosti osnovnih kinetičkih konstanti u oba korišćena modela. Iznadjen je originalan pristup kinetičkoj interpretaciji drugog stepena i predložene su odgovarajuće modifikacije primenjenih modela; jednačine za izračunavanje osnovnih parametara procesa: koncentracije preostalog supstrata, i količine nastalog metana. Kandidat je utvrdio da, za potrebe procene svrsishodnosti i efekata primene dvostepenog procesa kao postupka za prečišćavanje otpaden vode, model potrošnje supstrata može da se koristi, i prilagodio je model za interpretaciju oba stepena zajedno odnosno dvostepenog procesa u celini.

Drugi deo poglavlja REZULTATI I RAZMATRANJA posvećen je ispitivanju koncepcije dvostepenog procesa anaerobnog prečišćavanja sa razdvojenim korišćenjem biogasa u obradi jako opterećenih otpadnih voda bogatih u sulfatima. Na seriozno razmotrenoj problematici anaerobnog prečišćavanja otpadnih voda koje sadrže prekursore sulfida (sulfate u prvom redu) ili sulfide, zasnovana je identifikacija problema: sulfati u otpadnoj vodi kao prekursori vodoniksulfida, uzročnika inhibicije metanogeneze, i teškoća vezanih za eksploataciju biogasa sa povećanim sadržajem vodoniksulfida kao i posledica po ekosistem. Zatim je dat dokumentovan prikaz puteva rešavanja tog problema, mogućih načina smanjenja koncentracije vodoniksulfida i u okviru toga utemeljen sopstveni prilaz: ostvarivanje uslova da se prilikom obrade

otpadne vode sa povećanom koncentracijom sulfata dvostepenim procesom sa razdvajanjem gasne faze, sulfatredukcija i nastajanje vodoniksulfida odvija pretežno u prvom stepenu a metanogeneza u drugom stepenu. Biogas iz drugog stepena bi se koristio, direktno, kao energant, a sa biogasom iz prvog stepena bi se uklonio najveći deo vodoniksulfida. Originalnim postupkom, povećanjem tzv. relativnog opterećenja, odnosno sniženjem radne temperature u digestoru prvog stepena pri veoma visokom nivou opterećenja, postignuti su veoma dobri rezultati: ostvareno je smanjenje aktivnosti metanogena i stimulacija aktivnosti sulfatredukujućih bakterija, odnosno ostvaren je efekat *ekvivalentan* selektivnoj inhibiciji metanogeneze. Ovo je značajan rezultat utoliko više kada se istakne da selektivna inhibicija sulfatredukcije do sada nije ostvarena. Sem toga, sa aspekta metanogeneze postignut je praktično *dvofazni rad*. Rezultat svega toga je da je ostvareno da se sa biogasom iz prvog stepena ukloni samo 9 % od ukupne količine metana, a čak 81 % od ukupne količine vodoniksulfida. Utvrđeno je, međjutim, da se u obradi jako opterećenih otpadnih voda sa preko 2,5 g sulfata po litru na ovaj način ne postižu zadovoljavajući rezultati, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih. Na kraju ovog dela su kvantifikovani učinci (parcijalni bilans sumpora) i utvrđene posledice sulfatredukcije.

U sedmom poglavlju kandidate daje ZAKLJUČAK rada, u poglavlju 8 je citirana korišćena literatura, a slede izvod rada na engleskom (SUMMARY), poglavlje 9, i u poglavlju 10 dato je tumačenje simbola korišćenih u eksperimentalnom delu.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega izloženog komisija zaključuje da rezultati do kojih je kandidat mr Mile Klačnja došao u svojim istraživanjima predstavljaju samostalan i značajan doprinos nauci i njenoj primeni u praksi anaerobnog biološkog prečišćavanja jako opterećenih, jako zagađenih otpadnih voda.

U svom radu kandidat je pravilno odabrao metodiku istraživanja i rezultate je interpretirao pravilno i na naučnom nivou. Pri tome je došao do niza saznanja koja do sada nisu bila poznata u naučnoj javnosti.

Imajući sve ovo u vidu Komisija pozitivno ocenjuje doktorsku disertaciju kandidata mr Mile Klačnja pod naslovom *VIŠESTEPENO ANAEROBNO BIOLOŠKO PREČIŠĆAVANJE JAKO OPTEREĆENIH OTPADNIH VODA* i predlaže Savetu Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu da ovu ocenu prihvati i da kandidata pozove na usmenu javnu odbranu.

U Novom Sadu, 7. aprila 1990. godine.

članovi Komisije:

dr Slobodan Gaćeša, redovni profesor
Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu

dr Josip Baras, redovni profesor
Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu

dr Božo Dalmacija, docent
Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu