

Razdoblja značajna za razvoj kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj

KUI – 25/2007
Prispjelo 21. svibnja 2007.
Prihvaćeno 6. lipnja 2007.

M. Hraste

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zrinski trg 11, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Rješavanje problema kemijske procesne industrije potaklo je stvaranje nove znanstvene discipline koja raspolaže vlastitim alatima (paradigmama) temeljenim na znanstvenim spoznajama različitih disciplina. Nova disciplina, kemijsko inženjerstvo, omogućava početkom dvadesetog stoljeća analizu različitih procesa petrokemijske i velike kemijske industrije, dijeleći ih na manji broj jediničnih operacija. Kasnije, kemijsko inženjerstvo proširuje koncepciju jediničnih operacija, dijeleći proces do sve niže i niže razine, primjenom u reakcijskom inženjerstvu. Istodobno, potreba za optimiranjem procesa uključuje sustavski pristup. Umjesto traženja detalja, sintezom procesa osmišljavaju se više razine organizacije. Primjena računala postaje ključni element pri modeliranju i vođenju procesa. Metode kemijskog inženjerstva šire se i na druga područja, pri čemu disciplina zadržava iste temeljne karakteristike.

Promjene na globalnom tržištu potiču nove trendove u istraživanju i evoluciju u poučavanju, jer razvoj proizvoda definiranih uporabnih svojstava postaje ključno područje djelovanja, koje podrazumijeva integrirani pristup pojavama i procesima koji se odvijaju u različitim veličinskim mjerilima radi moguće pretvorbe molekula u korisni proizvod na procesnoj razini.

Naglasak je na prikazu razvoja discipline u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na osobe koje su u pojedinim razdobljima najviše pridonijele prihvatu i širenju novih spoznaja.

Ključne riječi: *Kemijsko inženjerstvo, razvoj discipline, jedinične operacije, prijenosne pojave, analiza, sinteza i vođenje procesa, stanje u Hrvatskoj*

Uvod

Obilježavanje značajnog jubileja uvijek je vezano uz prisjećanje na povijesni tijek događaja koji su mu prethodili. Taj tijek obično i ukazuje na bitne segmente događaja i ljude koji su u njima sudjelovali.

To je i slučaj kada se analizira i razvoj kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj, inženjerske znanosti kojom se prema H. Hofmannu, prvom predsjedniku EFCE (Europske federacije za kemijsko inženjerstvo) kemija prevodi u industrijsku realnost.¹ Već površna slika na tiskovine koje su pratile Sastanke kemičara Hrvatske, kasnije Skupove hrvatskih kemičara te Skupove hrvatskih kemičara i kemijskih inženjera ukazuje na nekoliko važnih činjenica:

Sekcija za kemijsko i biokemijsko inženjerstvo (s podsekcijama Osnovne operacije i reaktorska tehnika i Uređaji i postrojenja) javlja se prvi put na 3. sastanku održanom u Zagrebu 1973. godine.

Uz 9. sastanak u Zagrebu 1985. godine organizira se izdvojeni (što je u to vrijeme bilo uobičajeno za značajnije discipline ili discipline u razvoju) Jugoslavenski simpozij o kemijskom i biokemijskom inženjerstvu.

Na 15. sastanku u Opatiji 1995. godine Skup hrvatskih kemičara proširuje se u nazivu i na kemijske inženjere, da bi se na 18. Hrvatskom skupu kemičara i kemijskih inženjera 2003. u Zagrebu izdvojile temeljne sastavnice discipline i

uvela Sekcija za reakcijsko inženjerstvo, Sekcija mehanički, toplinski i separacijski procesi, Sekcija za analizu, sintezu i vođenje procesa i Sekcija za biokemijsko inženjerstvo.²

Koncepcija i metodologija

Za prikaz razvoja kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj ipak je potrebno učiniti temeljitiju analizu. To je najjednostavnije ako se usporedi razvoj discipline nastale u svijetu početkom 20. stoljeća, na iskustvima pri preradi nafte i velike kemijske industrije, s razvojem u vlastitoj sredini. Za kemijsko inženjerstvo je to posebice lako, jer postoji opće prihvaćena koncepcija i metodologija potrebna za razumijevanje i primjenu procesa u kojima se sirovine pretvaraju u korisne proizvode.

Općenito, postoji čvrsta interakcija znanja koje gospodarstvo traži, a treba ih pružiti znanost. Više je mogućih putova kako treba doći do odgovora na zahtjeve industrije i društvene izazove. Temeljna znanja iz matematike, fizike, kemije i biologije te društvenih znanosti mogu samo u iznimnim, gotovo teorijskim slučajevima, dati željeni odgovor. Češće se ta znanja koriste, uz prilagodbu s tehničkim znanjima, za postizanje traženih potreba³ (slika 1).

Rješavanje napretka kemijske procesne industrije potaklo je zato stvaranje nove znanstvene tehničke discipline koja raspolaže vlastitim alatima, paradigmama, temeljenim na

znanstvenim spoznajama različitih disciplina. Paradigme predstavljaju ukupnost čimbenika koji definiraju tu znanstvenu disciplinu ili struku i čine je drugačijom od ostalih disciplina odnosno struka. To su obično: čvrste teorijske osnove, usporedivost teorije s empirijskim razmatranjima, mogućnost primjene pri rješavanju složenih problema, iskazivanja jezgre obrazovnih programa, široko prihvaćeni udžbenici i priručnici te posebna stručna društva i časopisi. Paradigma određuje što dobro obrazovani stručnjak treba znati i definira opravdanost istraživanja kao i ispravnost rješenja.

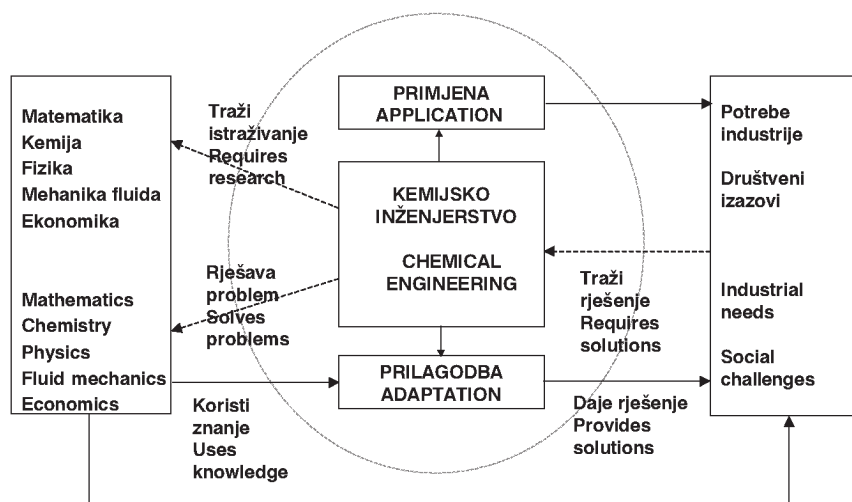
Metodologija kemijskog inženjerstva temelji se na pojmu procesnog prostora, pod kojim se razumije omeđena prostorna cjelina u kojoj se proces (postupak) zbiva. Pojam omeđenog prostora prisutan je u svim područjima tehničkih znanosti pa omogućuje interdisciplinarno razmatranje mnogih znanstvenih i praktičkih problema. Metodologija uključuje uočavanje zajedničkih značajki u svakom pojedinom koraku procesa. Te zajedničke značajke vode zatim do istovrsnih matematičkih modela koji su osnova za analizu, dimenzioniranje ili izvedbu bilo kojeg realnog procesa ili uređaja. Glavne su značajke procesnog prostora njegov geometrijski oblik i zavisnost procesnih varijabli o vremenu, položaju i vrsti procesa unutar procesnog prostora te o prolazu i prijenosu tvari i energije kroz procesni prostor i u njemu.

Razvoj kemijskog inženjerstva, pa prema tome i obrazovanje kemijskih inženjera, određeno je također nizom paradigmi.^{4,5} U "predparadigmatskom" periodu smatra se da je kemijsko inženjerstvo povezivanje industrijske kemije i strojarstva. Ne postoje ni temeljni kemijsko-inženjerski predmeti niti konsenzus o tome što kemijski inženjer treba znati. Prva se paradigma veže uz Arthura D. Littlea, koji 1915. predlaže da jezgro obrazovanja kemijskih inženjera čine "jedinične operacije", tj. dijeljenje svakog procesa u niz jedinica tzv. operacija te oslanjanje tih operacija na zajednička znanstvena načela npr. prijenos topline, destilacija, tok fluida, filtracija, usitnjavanje, kristalizacija itd. (slika 2).

Prema Prvoj paradigmi, kemijski inženjer bavi se studijem većeg dijela opreme koja se upotrebljava u proizvodnji, uključujući konstrukciju i primjenu. Udžbenik koji prikazuje stanje znanja u tom razdoblju tiskali su 1923. Walker, Lewis i Mc Adams pod naslovom "Principles of Chemical Engineering". Složeni proces di-

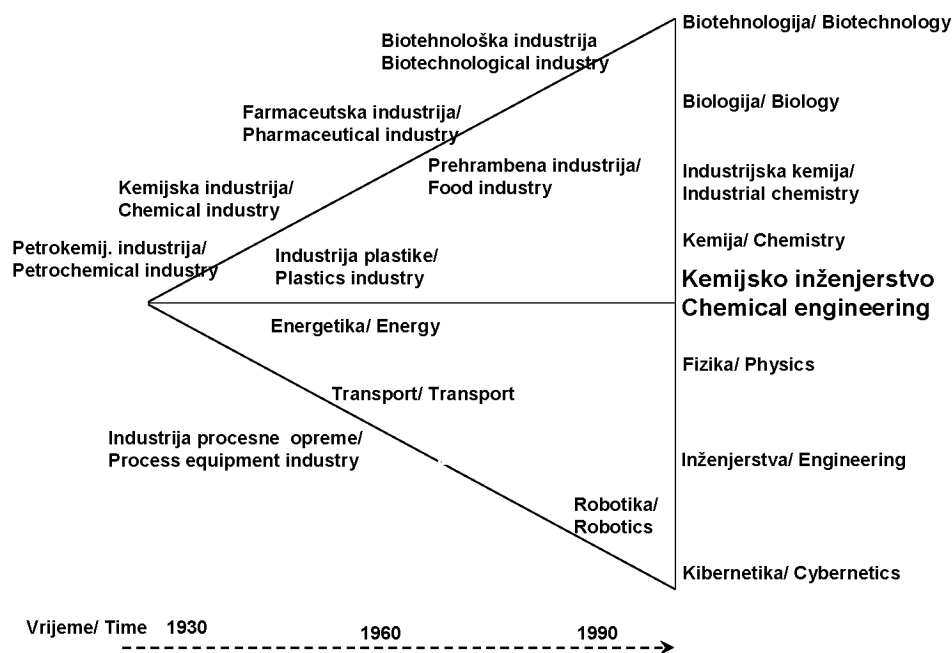
jeli se na jednostavnije procesne korake, dobro definirane funkcionalnosti tzv. jedinične operacije. Opis pojedine operacije idealizirana je slika realnih sustava, kako sa stajališta fizičkih i kemijskih procesa tako i karakterizacije svojstva komponenata. Simplifikacija modela bila je neminovna. Ipak, 1. kemijsko-inženjerska paradigma potakla je brojne istraživačke aktivnosti u rješavanju problema kemijske proizvodnje i dominira do kraja II. svjetskog rata (slika 3).

Velikom dijelom empirijski pristup modelu jediničnih operacija počinje se nadopunjavati molekularnim objašnjenjima makroskopskih pojava. Događaj koji simbolizira "Drugu paradigmu" kemijskog inženjerstva je knjiga "Transport



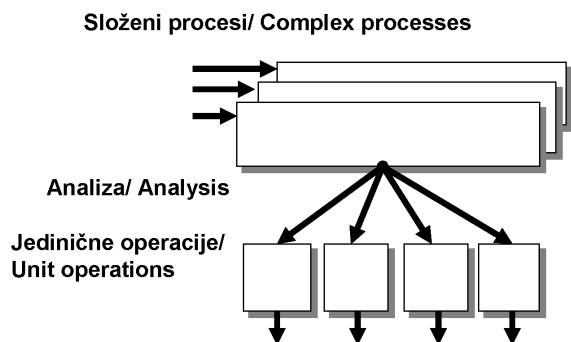
Slika 1 – Konceptija kemijskog inženjerstva prema J. Vilermauxu

Fig. 1 – The concept of chemical engineering according to J. Vilermaux



Slika 2 – Razdoblja u kojima disciplina pokriva područja različitih industrija

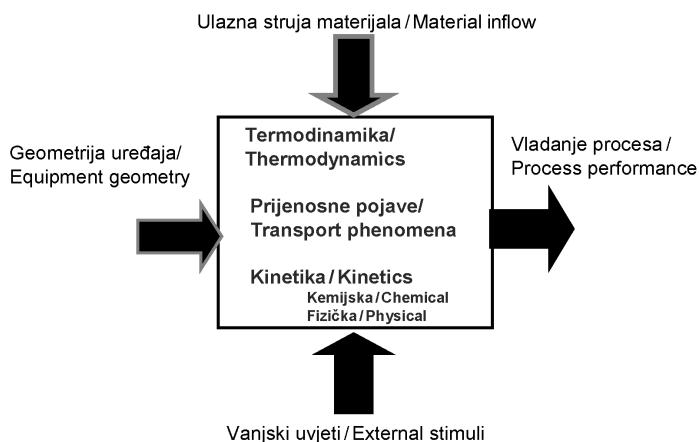
Fig. 2 – The period in which chemical engineering embraced a wide range of industries



Slika 3 – Pojednostavljena struktura Prve kemijsko-inženjerske paradigme

Fig. 3 – A simplified structure of the First Chemical Engineering Paradigm

Phenomena” koju su 1960. objavili Bird, Stewart i Leightfoot. Autori navode: “Iznosimo sadržaje prijenosa količine gibanja (viskozni tok), prijenosa energije (vođenje topline kondukcijom i konvekcijom te radijacijom) i prijenos tvari (difuziju)... uslijed zahtjeva koji u inženjerskom obrazovanju pretpostavlja razumijevanje temeljnih fizičkih principa slijepoj primjeni empiricizma”... Druga paradigma izaziva dramatične promjene u kemijskom inženjerstvu jer je analiza procesa evoluirala iz pretežno fizičke baze prema kemiji i reakcijskom inženjerstvu, pa se prema tome i istraživački standardi temelje na naprednoj matematici, fizici i fizikalnoj kemiji⁶ i (slika 4).



Slika 4 – Opća struktura dizajna i analize

Fig. 4 – The general structure of design and analysis

Promjene na globalnom tržištu potiču devedesetih godina prošlog stoljeća nova istraživanja i evoluciju u podučavanju.^{7,8,9} U vrijeme promicanja ideje održivog razvitka i pojačanog zahtjeva tržišta za proizvodima definiranih konačnih uporabnih svojstava kemijsko inženjerstvo, koje je otvoreno prema problemima i izazovima industrije, suočava se s činjenicom da temeljne paradigme o jediničnim operacijama i prijenosnim pojavama iziskuju konceptijski iskorak. Ako je svrha istraživanja razvoj koncepcija, metoda i tehnika za bolje razumijevanje, promišljanje i dizajn procesa kojima se sirovine i energija pretvaraju u korisne proizvode nova paradigma podrazumijeva integrirani pristup simulta-

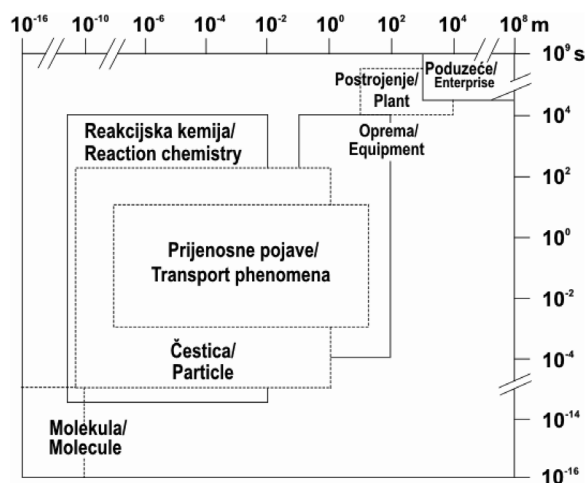
nim i često povezanim pojavama i procesima koji se odvijaju u različitim vremenskim intervalima (10^{-6} – 10^8 s) i različitim veličinskim mjerilima (10^{-8} – 10^6 m) uključujući nanorazinu (molekule), mikrorazinu (čestice), mezorazinu (uređaje), makrorazinu (postrojenja) i megarazinu (okoliš). Potrebno je znači razumjeti i opisati odnos između događanja na nano i mikrorazini radi bolje pretvorbe molekula u korisni proizvod na procesnoj razini. Dobro razvijen redukcionistički, analitički pristup, koji se svodi na dijeljenje procesa do sve niže i niže razine, čak do molekularnih procesa, treba zamijeniti integracijski, sustavni pristup. Umjesto da se traže novi i novi detalji, treba osmišljavati više razine organizacije. Javlja se novi, “induktivni” način razmišljanja koji umjesto traženja rješenja potiče formulaciju problema.

Istraživanja se svode se na tri osnovna nastojanja:

- širenje znanja povezanog s disciplinom,
- prilagodbu višerazinskog pristupa studiju produkta/proizvoda i procesa, te
- uvođenje koncepcije kemijskog produktnog inženjerstva.⁷

Širenje znanja podrazumijeva istraživati nove sadržaje i granična područja drugih disciplina, poglavito materijala i živih organizama, a u poučavanju uvođenje novih predmeta, npr. tehnologije prašaka, odnosno novih područja: biologije i biomedicine.

Zadovoljavanje zahtjeva tržišta za proizvodima konačnih uporabnih svojstava te društvenih i ekoloških ograničenja vezanih uz industrijske procese dovodi do koncepta “kemijskog opskrbnog lanca” (“chemical supply chain”). Napredak se veže uz razumijevanje i razvoj sustavne procedure dizajna i optimalne provedbe procesa, od nano do industrijske razine. Povezivanje razina mjerila i složenosti omogućuje razumijevanje i zapis pretvorbe molekula u korisne proizvode. Višerazinski pristup pokriva sada u istraživanjima dizajn i inženjerstvo produkta, sintezu i vođenje procesa, optimiranje opskrbnog lanca, te upravljanje kvalitetom. Povezuju se područja istraživanja i razvoja s logistikom i distribucijom proizvoda. U nastavi to podrazumijeva upoznavanje strukture svih procesnih razina i njihovu međusobnu integraciju⁸ (slika 5).



Slika 5 – Razine analize kemijskog procesa

Fig. 5 – The length and time scale covered by the multiscale approach

Konačno se javlja uz dosadašnje promišljanje kako raditi, što je koncepcija kemijskog procesnog inženjerstva, i pitanje što raditi, novo usmjerenje prema tzv. kemijskom produktom inženjerstvu. Uvodi se pristup 3PE (molekularni proces-proces-produkt), što u istraživanjima znači usmjeriti pažnju na razvoj odnosa proces-struktura-svojstvo i propisati procedure dizajna produkta, povezivanje procesa i produkta i višerazinskog pristupa. U nastavi to iziskuje značajniju promjenu programa.^{9,10,11}

Autori koji razmatraju povijest kemijskog inženjerstva kroz pojmove dviju paradigmi – “jedinične operacije” i “fenomeni prijenosa” smatraju kemijsko produktno inženjerstvo koncepcijom moguće Treće paradigme, međutim jedinstvena struktura discipline još nije ostvarena.⁷

Stanje u Hrvatskoj

Do promicanja ideja kemijskog inženjerstva i začetaka obrazovanja kemijskih inženjera dolazi u Hrvatskoj relativno rano.¹² Nakon što je 1928. godine u Zagrebu osnovan Klub inženjera kemije sa svrhom “rješavanja cijelog niza staleških pitanja, kao npr. “pripuštanje inženjera kemičara u inženjersku komoru, namještanje stranih inženjera kemičara u našim poduzećima, itd.” Rikard Podhorsky iskazuje 1935. godine jezgru obrazovnog programa kemijskog inženjerstva člankom u “Tehničkom listu”. On i djeluje, te uvodi u nastavu 1936. godine na Tehničkom fakultetu kolegij “Kemijsko-tehnološko računanje” i 1947. godine kolegij “Operacije kemijske industrije”. Skripta izdana na temelju bilješki s njegovih predavanja dugi su niz godina bila temeljno pomagalo u nastavi inženjerskih sadržaja na Kemijsko-tehnološkom studiju. Ako se zna da je R. Podhorsky bio jedan od osnivača Kluba inženjera kemije, kasnije njegov predsjednik i dugogodišnji član upravnog odbora jasno je da je on i utemeljitelj kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj. Čini se stoga vrijednim ponovno otvoriti “Tehnički list” i pročitati misli prof. dr. Rikarda Podhorskog u članku koji je tiskao pod naslovom: “Kemijska tehnologija i kemijska ekonomika kao nauke i kao predmeti tehničke nastave”, posebice u dijelu vezanom uz kemijsku tehnologiju.¹³

Uvodno definirajući “tehnologiju kao nauku o metodama proizvodnje” ukazuje na “neodređenost u opsegu i sadržaju kemijske tehnologije”. Navodi: “Kemijska tehnologija kako se donedavna još svagdje učila i gajila, i kako se danas valjda još u većini europskih škola uči i gaji, nije zapravo uopće nauka u iole strožem smislu te riječi; to je disciplina tehničkog studija u kojoj se prikazuju fabrikacijske metode tehničke prakse. Dok u mehaničkoj tehnologiji, i ukoliko je čisto opisna, njezina razdioba prema obrađenom materijalu omogućuje neku općenitost u prikazu – jer su metode u načelu jednake za sve metale, za svaku vrst kamena itd. – u dojučerašnjoj je kemijskoj tehnologiji razdioba prema gotovom produktu (na tehnologiju sumporne kiseline, sode itd.) onemogućila takvu općenitost. Ona se iscrpljuje u opisu tih specijalnih procesa kako se oni izvršavaju u praksi. Pitanje opsega takve tehnologije bilo je samo utoliko nesigurno, ukoliko postoji nesigurnost u definiciji kemijske industrije”. Diskutira zatim kako se u Sjedinjenim Državama između 1914. i 1920. “na naučnoj bazi rodila spoznaja da su mnogobrojne tehničke operacije u kemijskoj industriji zajedničke mnogim granama te industrije, odnosno da se mnoge

metode koje su do onda bile upotrebljavane samo u ovoj ili onoj grani, dadu općenito primijeniti”. Piše nadalje: “Uvidjelo se da se svaki kemijsko-tehnički proces može shvatiti kao kombinacija ovakvih osnovnih operacija (unit operations), pa je “kemijsko inženjerstvo” (chemical engineering) ona grana inženjerstva koja na temelju teorijskih zakona tih osnovnih procesa i poznavanja upotrijebljenih materijala, uči na egzaktno-kvantitativan način računski konstruirati i voditi kemijsko-tehnička postrojenja. Kemijski inženjer, koji je ranije bio uglavnom kemičar s nešto mašinskog i općeinženjerskog znanja, odnosno s nešto fabričke prakse, postao je time jedan tip tehničara koji se i od kemičara i od mašinaca principijelno razlikuje ne samo po polju djelatnosti, već i po prirodi osnovnih teorijskih zakona koje upotrebljava za svoje računanje i po metodi kojom se služi na europskom kontinentu nazvana je ova nova inženjerska nauka općom kemijskom tehnologijom.” Diskutira zatim o podjeli pojedinih operacija, objašnjava “paradoksalnu činjenicu”, koja se dobiva na prvi pogled, “da u tom kemijskom inženjerstvu uopće nema kemije”, te ukazuje na klasifikacije kemijskih procesa u Europi i Americi. Zaključuje: “Rezimirajući na ovom mjestu što smo rekli o današnjem stanju kemijske tehnologije na njenom putu od opisne do egzaktne nauke, mi možemo reći ovo: granice kemijske tehnologije kao zasebne, od drugih tehničkih i – “čistih” – nauka različite egzaktne nauke, danas se već prilično jasno ocrtavaju. Jednim svojim dijelom (kemijsko inženjerstvo) ta je nauka već čvrsto fundirana na više ili manje definiranim osnovama, ali je, sve u svemu, njen razvoj do egzaktne nauke još daleko od toga da bude završen. Svaki nam dan donosi nove napretke na tom putu, i definitivna se forma cjeline teško može i previdjeti”. Raspravljajući o problemima izvođenja “tehnološke nastave” na europskim visokim školama iznosi svoje mišljenje o “teškoćama što ih ima mladi kemičar u tehničkoj praksi”. Smatra da mu “nedostaje znanje one discipline koja predstavlja ključ za prevodenje s jezika laboratorija na jezik pogona: opće tehnologije”. Zato: “Proširenje opće kemijske tehnologije kao predmeta tehnološke nastave morat će dakako ići na račun specijalne tehnologije kako se danas mahom predaje, ali to neće praviti poteškoće, jer se po prirodi same stvari specijalna tehnologija može to sumarnije obraditi, što je predznanje iz opće tehnologije veće. Na koncu će se specijalna tehnologija moći predavati ili seminarski obradivati više kao ilustracija i primjena opće, nego kao poseban predmet.” Treba se diviti kako je svojedobno Rikard Podhorsky prepoznao značajke nove discipline i kako je rano temeljne sadržaje kemijskog inženjerstva prenio u Hrvatsku. Međutim, treba istaknuti i dio teksta kojim zaključuje svoju raspravu: “Raspravljati danas već o tom u kojem opsegu treba teorijsku kemijsku tehnologiju kod nas uvoditi u tehničku nastavu, smatram preuranjenim. Zasada je glavno da se potreba te promjene jasno uvidi i prizna, i da se preduzme što je potrebno za ovo postepeno privođenje njezino u djelo”.

Do značajnijih pomaka u razvoju discipline dolazi tek tri-desetak godina kasnije. To je vrijeme značajnog razvoja kemijske industrije u Hrvatskoj. Tehnološka razina novoizgrađenih postrojenja gotovo je na razini industrijski razvijenih zemalja. Radi se o razdoblju intenzivnog transfera iz svijeta razvijenih i kupnje licencija. U časopis “Kemija u industriji” uvodi se prilog “Kemijsko inženjerstvo”. U popratnom tekstu članovi uredništva priloga (Egon Bauman, Ivo Jerman,

Ivica Lovreček, Rikard Podhorsky, Stanko Rozgaj, Emilijan Sokele, Milan Zglav) navode: "Do sada nije bilo mnogo mogućnosti da se povežu nastojanja pojedinaca ili grupica koje intenzivnije obrađuju ili koriste problematiku kemijskog inženjerstva, te stručnjaka u pogonima koji žele da se u ta nastojanja upute, u njima sudjeluju i rezultate koriste u praksi". I dalje: "Za sada smatramo da kao osnova treba obuhvaćati probleme pojedinačnih operacija i procesa, tehnoloških procesa kao cjeline, te ekonomskih aspekata vezanih na problematiku – i to kako s teoretsko-istraživačkog aspekta, tako i aspekta primjene i iskustva u primjeni".¹⁴

Taj događaj predstavlja u vremenskom prikazu razvoja kemijskog inženjerstva i kraj dominacije koncepta "jedinčnih operacija" tzv. perioda Prve paradigme.

Daljnji razvoj kemijskog inženjerstva s dosta sigurnosti može se pratiti u tom prilogu "Kemije u industriji". Analiza učinjena u trenutku pedesete obljetnice neprekidnog tiskanja "Kemije u industriji" prikazana je po dekadama i po područjima: jedinične operacije, reakcijsko inženjerstvo te sinteze i vođenja procesa. U prvo doba dominiraju stajališta "predparadigmatskog" razdoblja, tj. radovi pretežno iz područja industrijske kemije. I. dekadu (1952.–1961.) karakteriziraju radovi u području jediničnih operacija. Javljaju se prikazi o automatizaciji u kemijskoj industriji i tehnici. U II. (1962.–1971.) i III. dekadi (1972.–1981.) još dominiraju radovi iz područja jediničnih operacija, a znatniji je broj radova iz područja reakcijskog inženjerstva. U IV. (1982.–1991.) i V. dekadi (1992.–2001.) uravnotežuje se odnos broja radova iz područja jediničnih operacija i reakcijskog inženjerstva te sinteze i vođenja procesa.¹⁵

U nastavi u tom periodu težište je na računanju bilanci tvari i energije (I. Lovreček). 1960-ih E. Bauman i M. Zglav u nastavi jediničnih operacija uveli su ravnotežne stupnjeve i jedinice prijenosa, a 1970-ih D. Skansi studij analogije prijenosa količine gibanja, topline i tvari. U to su doba M. Hrašte i Ž. Olujić promovirali sustavski pristup pretvorbama svojstvenim partikulskim, odnosno višefaznim sustavima. Osnove reakcijskog inženjerstva, koje se mogu prepoznati u radu I. Brihte, razrađivali su Z. Gomzi, Đ. Vasić-Rački i S. Zrnčević. Studij mjerenja i vođenja procesa vezan je uz J. Božičevića, a analiza i sinteza procesa uz V. Mahalca i Ž. Olujića.

Slijedi razdoblje intenzivnijeg razvoja discipline, koje rezultira uvođenjem Sekcije za kemijsko i biokemijsko inženjerstvo u program 3. sastanka kemičara Hrvatske 1973. godine, te organiziranjem Jugoslavenskog simpozija o kemijskom i biokemijskom inženjerstvu održanog u sklopu Sastanka kemičara Hrvatske 1985. Predsjednik organizacijskog odbora Simpozija bio je Egon Buman, tajnici Branko Tripalo i Đurđa Vasić-Rački, a članovi Marijan Bošnjak, Nikola Brajović, Marin Hrašte, Goran Jovanović, Vladimir Karanović, Janez Levec, Vladimir Marić i Dinko Sinčić. Skup je djelovao u sekcijama

Strujanje fluida – Prijenos tvari i energije

Ravnoteža faza – Separacijski procesi

Reakcijsko inženjerstvo, kemijski i biokemijski reaktori

Modeliranje, računanje i vođenje procesa

Industrijska primjena kemijskog i biokemijskog inženjerstva.¹⁶

Kao rezultat tih aktivnosti 1980. godine pokrenuta je i inicijativa u okviru zajednice Alpe-Jadran za izdavanje kemijsko-inženjerskog časopisa na engleskom jeziku. S hrvatske strane najveći doprinos dali su Ivan Butula, Egon Bauman, Eduard Beer i Dinko Sinčić. Prvi broj časopisa "Chemical and Biochemical Engineering Quarterly" izlazi 1987. godine. Glavni urednik bio je Egon Bauman (u suradnji s P. Alessi, A. Moser i T. Koloini), a članovi su uredništva Marijan Bošnjak, Željko Olujić i Željko Vrbanović. Časopis izlazi od tada kvartalno, a 2007. godine dobiva indeksaciju CC. Danas ga uređuje Želimir Kurtanjek u suradnji s E. Baumannom, V. Marićem, M. Rogošićem, D. Sinčićem, B. Šantekom, Đ. Vasić-Rački i B. Zelićem.

Na taj način stvoreni su preduvjeti za izvođenje u visokoškolskoj nastavi uobičajenog i svagdje u svijetu prihvaćenog programa koji obuhvaća:

- bilancu tvari i energije,
- prijenos tvari i energije,
- kemijsko-inženjersku termodinamiku,
- reakcijsko inženjerstvo,
- separacijske procese,
- dizajn procesa,
- vođenje procesa,
- te sintezu procesa koja se prikazuje na odabranim primjerima.

U svim ovim aktivnostima stalno se javlja ime Egona Baumana, pa se s punim pravom on može smatrati glavnim promicateljem razvoja discipline u Hrvatskoj u razdoblju dominacije koncepta Druge paradigme kemijskog inženjerstva.

U ovom prikazu bilo bi preuranjeno ukazivati na dosege hrvatskih kemijskih inženjera u fazi razvoja moguće Treće paradigme premda pojedinci značajno pridonose studiju pojedinih segmenata.

Zaključak

Razvoj kemijskog inženjerstva slijedi u Hrvatskoj svjetske trendove s određenim vremenskim odmakom.

Nositelji su razvoja discipline u fazi Prve paradigme Rikard Podhorsky, a Egon Bauman u fazi Druge paradigme.

Literatura

References

1. H. Hofmann, Community Support to Chemical Science and Technologies, *EFCE Letters* 1 (1994) 37–42.
2. Knjige sažetaka, Sastanak kemičara Hrvatske 1969. – 1991., Skup hrvatskih kemičara 1993. – 1995., Hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera 1997. – 2005.
3. J. Villermaux, New Horizons in Chemical Engineering, V. World Congress on Chemical Engineering, Technologies Critical to Changing World, San Diego 1996.
4. J. E. Gillett, The Education of Chemical Engineers in the Third Millennium. Proceedings 2nd European Congress of Chemical Engineering, European Federation of Chemical Engineering, Montpellier 1999.
5. J. Wei, A Century of Changing Paradigms in Chemical Engineering, *Chemtech*, May 16 (1996).

6. J. N. Michaels, Toward Rational Design of Powder Processes, *Powder Technology* **138** (2003) 1 – 6.
7. R. Costa, G. D. Moggridge, P. M. Saraiva, Chemical Product Engineering: An Emerging Paradigm Within Chemical Engineering, *AIChE Journal* **42** (2006) 1976 – 1986.
8. I. E. Grossmann, A. W. Westenberg, Research Challenges in Process System Engineering. *AIChE Journal* **46** (2000) 1700 – 1703.
9. J. C. Charpentier, The Triplet “Molecular Processes-Product-Process” Engineering: the Future of Chemical Engineering. *Chemical Engineering Science* **57** (2002) 4667–4690.
10. E. L. Cussler, G. D. Moggridge, *Chemical Product Design*, Cambridge University Press, Cambridge 2001.
11. J. Wei, *Product Engineering: Molecular Structure and Properties*, Oxford University Press, New York 2007.
12. M. Hraste, Prisjećanje na početke kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj, *Kem. Ind.* **47** (12) (1998) 455.
13. R. Podhorsky, Kemijska tehnologija i kemijska ekonomika kao nauke i kao predmeti tehničke nastave, *Tehnički list* **17** (1935) 185.
14. Uredništvo: *Kem. Ind.* **14** (1965) 133.
15. M. Hraste, Stranice Kemije u industriji – zrcalo razvoja kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj, *Kem. Ind.* **51** (3) (2002) 110.
16. Sinopsisi radova, Jugoslavenski simpozij o kemijskom i biokemijskom inženjerstvu, Zagreb 1985.

SUMMARY

Milestones of Chemical Engineering Development in Croatia

M. Hraste

Solving important problems of chemical and process industries stimulated the creation of a new scientific discipline, chemical engineering, which apart from other disciplines includes firm theoretical foundations, core subjects taught to entering students, widely adopted textbooks and journals. The new discipline, at the beginning of the 20th century, provided a way of analyzing the wide variety of processes in terms of small “unit operations”. Later, the largely empirical approach of the unit operations was broadened by molecular explanations of macroscopic phenomena. It was not long before chemical engineering extended the operation approach to chemical reaction engineering. At the same time, process optimization prompted the system approach. Instead of looking for details, higher levels of organization were recognized by synthesis. The use of computers has become the key element in process modeling and control. The methods of chemical engineering have extended to other fields, while the discipline keeps the same basis and characteristics.

The changes on the global market stimulate new trends in research and education. Product development has become an important segment of the discipline, which presumes an integrated approach to the phenomena and processes at different time and length levels following the possible transfer from molecule to product at process level.

This paper mainly deals with the development of this discipline in Croatia, with a preview of the persons that contributed to the acceptance and propagation of the new concepts.

*Faculty of Chemical Engineering and Technology,
University of Zagreb, Marulićev trg 19, 10 000 Zagreb, Croatia
Croatian Academy of Sciences and Arts,
Zrinski trg 11, 10 000 Zagreb, Croatia*

*Received May 21, 2007
Accepted June 6, 2007*