

# Stranice *Kemije u industriji* - zrcalo razvoja kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj

KUI 8/2002

Prispjelo 1. prosinca, 2001.

Prihvaćeno 17. prosinca, 2002.

M. Hraste

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

U članku je prikazan pregled radova i ostalih priloga iz područja kemijskog inženjerstva objavljenih u *Kemiji u industriji* u razdoblju od 1952. do 2001. godine.

**Ključne riječi:** *Kemijsko inženjerstvo, jedinične operacije, reakcijsko inženjerstvo, sinteza i vođenje procesa, publicirani radovi*

## Uvod

Rješavanje napretka kemijske procesne industrije potaknulo je stvaranje nove znanstvene discipline koja raspolaže vlastitim alatima (paradigmama) temeljenim na znanstvenim spoznajama različitih disciplina. Nova disciplina, kemijsko inženjerstvo omogućava već 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. U početku su obuhvaćeni procesi bili kontinuirani, ali kako je kemijsko inženjerstvo evoluiralo iz pretežno fizičke baze prema kemiji i reakcijskom inženjerstvu, sve su više obuhvaćeni šaržni procesi. Istodobno, potreba za optimiranjem procesa uključuje sustavski pristup. Umjesto traženja detalja, sintezom procesa osmišljavaju se više razine organizacije. Primjena kompjutora postaje ključni element pri modeliranju i vođenju procesa. Na taj način metode kemijskog inženjerstva šire se i na druge industrije, pri čemu disciplina zadržava iste temelje i karakteristike. Kemijski inženjeri preuzimaju značajnu ulogu u zadovoljenju općih industrijskih i društvenih potreba.<sup>1</sup>

## Razdoblja i objavljeni radovi

Do promicanja ideja kemijskog inženjerstva dolazi u Hrvatskoj relativno rano. Godine 1935. Rikard Podhorsky iskazuje jezgru obrazovnog programa kemijskog inženjerstva člankom u *Tehničkom listu*. Godine 1936. uvodi u nastavu na Kemijskom odsjeku Tehničkog fakulteta kolegij "Kemijsko tehnološko računanje" i 1947. godine kolegij "Operacije kemijske industrije".<sup>2</sup> Na stranicama *Kemije u industriji*, koja se pojavljuje 1952. dominiraju stajališta "predparadigmatskog" perioda, tj. radovi pretežno iz po-

dručja industrijske kemije. Prikazuje se "Kemijsko inženjerstvo u Francuskoj i Belgiji" i piše o projektiranju u kemijskoj i prehrambenoj industriji. I. dekadu (1952.-1961.) karakteriziraju početni radovi u području jediničnih operacija: tehnološke sheme flotacije (1955.), sušenje ugljena i treseta pod pritiskom (1957., 1959., 1961.), određivanje filtracijske konstante (1960.), izbor pumpi (1959.), značajne miješanja (1961.) itd. Javljaju se prikazi o automatizaciji u kemijskoj tehnici i industriji (1957. i 1958.).

Za II. dekadu (1962.-1971.) značajno je uvođenje priloga "Kemijsko inženjerstvo". U popratnom tekstu uredništvo navodi: "Do sada nije bilo mnogo mogućnosti da se povezu 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".<sup>3</sup> Objavljeni radovi pretežno su iz područja jediničnih operacija. Hidraulički gubici tlaka u cijevima, pad tlaka i kapacitet punjenih tornjeva, koaguliranje sitnih čestica pri separaciji uglja, sušenje raspršivanjem, destilacijske kolone teme su u godini uvođenja priloga "Kemijsko inženjerstvo". Te godine i sljedeće javljaju se i radovi o automatskom vođenju procesa destilacije. U sljedećim godinama publicirana su istraživanja vezana uz flotaciju (1966., 1967., 1968.), mehanizam miješanja (1969.) i utroška snage pri miješanju (1970.), usitnjavanje (1970.), adsorpciju (1966.) i frakcijsku destilaciju (1970.). Važni su prvi radovi koji opisuju istraživanja pojava pri prijenosu tvari (1966.) i topline (1968.), te prvi radovi iz područja reakcijskog inženjerstva i to o diskontinuiranom kemijskom reaktoru za provođenje reakcija u tekućoj fazi (1966.), reduktivnom raščinjavanju ruda u tekućem mediju (1968.), esterifikaciji u prisustvu katalizatora, te aspektima razvoja katalitičkih procesa (1970.).

U III. dekadi (1972.-1981.) još dominiraju radovi iz područja jediničnih operacija, a počinju se javljati radovi iz

Izlaganje na skupu 50 godina časopisa *Kemija u industriji* i 15 godina časopisa *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, HDKI, Zagreb, 7. prosinca 2001.

područja reakcijskog inženjerstva i sinteze procesa. U prvoj su grupi radovi vezani uz problematiku dvofaznog strujanja u cijevima (1975., 1976., 1977., 1979., 1980.), pneumatski transport (1976.), flokuliranja i taloženja (1972., 1973., 1978.), tlačne filtracije (1972.), reverzne osmoze i ultrafiltracije (1974.), utroška energije pri usitnjavanju (1972.), kinetiku usitnjavanja (1974., 1975.), optimiranje procesa usitnjavanja (1976.), aglomeriranja (1979.) i šaržne destilacije (1980.). Istraživanja prijenosnih pojava usmjerena su na mehanizme prijenosa topline u sistemu s različitim geometrija (1976., 1979.), srednje i lokalne koeficijente prijenosa tvari (1976.), prijenos topline prisilnom konvekcijom u cijevima (1981.), prijenos tvari u miješalicama (1978.) i u zrnatim slojevima (1979.). Radovi iz područja reakcijskog inženjerstva bave se problemima sinteze uz katalizator (1972.), ovisnosti brzine raspada uz katalizator (1973.), hidriranjem uz katalizator (1980.), reaktorom s enzimskim katalizatorom (1979.), matematičkim modelom reaktora (1973., 1975., 1980.), značajkama trofaznih reaktora (1980.), kotlastim suspenzijskim reaktorom (1980.), kolonskim suspenzijskim reaktorom (1980.), hidrodinamikom i prijenosom tvari u dvofaznim i trofaznim reaktorima (1980.) i periodičkim provođenjem procesa (1978., 1979.). Godine 1972. nalazimo radove o proračunu recirkulacijskih procesa i izračunavanju bilanci tehnoloških procesa. Slijede brojni radovi o sintezi i analizi kemijsko-tehnoloških sustava (1976., 1977.). Na tekovine automatizacije upozorava se također 1972. Značajni su i radovi o suspenzijskoj polimerizaciji (1973.), modeliranju i proračunu procesa sinteze (1980.), te vođenju sustava za obradu otpadnih voda (1980., 1980.).

U IV. dekadi (1982.-1991.) uravnotežuje se odnos radova u sva tri područja do te mjere da su kemijski inženjeri 1985. organizirali prvi značajniji, strogo profilirani skup. (1. jugoslavenski simpozij o kemijskom inženjerstvu) i pokrenuli časopis *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. Radovi u tom razdoblju obuhvaćaju sljedeće sadržaje: pad tlaka pri horizontalnom mjehurastom strujanju (1982.), reološki modeli suspenzija (1988.), karakterizacija grubo-disperznih sustava i čestica polimernih disperzija (1984., 1985., 1987.), ovisnost svojstava suspenzije i specifičnog otpora filterskog kolača (1985.), filtrabilnost (1989.), aglomeriranje polidisperznih materijala (1985.), određivanje brzine strujanja fluida u nakupinama (1984.), utjecaj stijenki na brzinu padanja čestica u fluidu (1988.), prijenos tvari s površine tijela različite geometrije (1984.), opis fluidizirajućeg stanja (1987.), procesi u fluidizirajućem sloju (1984., 1985.), proces priliranja (1984.), suspendiranje čvrstih čestica u miješalici (1989.), prijelaz topline u fluidizirajućem sloju (1989.) i miješalici (1990.), unutarfazni prijenos tvari (1985.), izotermno ravnotežno isparavanje (1984.), protustrujni adsorpcijski sustav (1990.), ekstrakcijske kolone s pulzirajućim pliticama. Godine 1990. slijede radovi o hidrodinamici i prijenosu tvari u dvofaznim i trofaznim reaktorima (1982.), utjecaju difuzije na kinetiku u reaktoru s nepokretnim slojem (1982.), ovisnosti brzine reakcije o uvjetima pripreme suspenzije (1985.), kinetici razvijanja topline u procesu biosinteze (1985.), utjecaju otpora prijenosu tvari na brzinu hidriranja uz katalizator (1983., 1984.), općim značajkama kod projektiranja katalitičkih reaktora (1982.), deaktivaciji katalizatora (1983.), utjecaju otpora prijenosu tvari na brzinu deaktivacije katalizatora (1986., 1988., 1990., 1991.) i vijek trajanja katalizatora (1986.), osnovnim značajkama heterogenih katali-

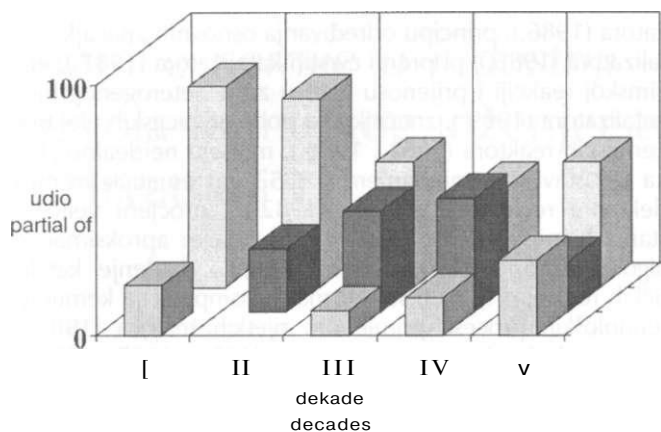
zatora (1986.), principu određivanja osnovnih značajki katalizatora (1986.), pripremi čvrstih katalizatora (1987.), enzimskoj reakciji i prijenosu tvari u zrnu heterogenog biokatalizatora (1989.), značajkama polimerizacijskih elektrokemijskih reaktora (1983., 1986.), modelu neidealnog toka u sustavima s miješanjem (1985.), matematičkom modeliranjem reakcijskih sustava (1982.) i procjeni veličine stanja kemijskih reaktora (1985.). Nadalje: aproksimacije algoritama optimalnog vođenja (1985.), vođenje katalitičkih reakcija (1986.), strukturalna dekompozicija kemijsko-tehnoloških procesa primjenom rijetkih matrica (1985.), procjena koštanja procesne opreme (1986., 1987., 1988.), potrošnja energije i obnovljivi izvori u kemijskoj industriji (1987.).

Konačno, u V. dekadi (1992.-2001.) uravnotežen je odnos broja radova iz područja jediničnih operacija, reakcijskog inženjerstva, te sinteze i vođenja procesa. Publicirani su rezultati vezani uz pad tlaka pri dvofaznom strujanju (1994.), karakterizaciju disperznih sustava (1992.), miješanje čvrstih čestica (1996.), dubinsku filtraciju (1992., 2000.), aktivirano sinteriranje (1999.), kinetiku, optimiranje i povećanje djelotvornosti procesa sušenja (1992., 1993., 1999.), djelotvornost kolonskih ekstraktora (1993.) i adsorpciju (1996.). I dalje se izvješćuje o mogućnostima pripreme katalizatora (1995.), postupcima za smanjenje emisije zagađivala u okolinu uz primjenu katalizatora (1999.), modeliranje kolone za frakcioniranje (1995.), modeliranje i optimiranje proizvodnog reaktora (1995.), traženju optimalnih radnih uvjeta procesa (1997.) i matematičkom modeliranju i upravljanju u biotehnologiji (1993.). Iznose se iskustva vezana uz provedbu katalitičkog krekninga (1992., 1999.) i metode određivanja korozivskih parametara (1995.). Brojni su radovi o procjeni fizičkih i toplinskih svojstava frakcija nafte (1995., 1996., 1997.).

## Zaključak

Za prosudbu dinamike razvoja pojedinih područja kemijskog inženjerstva uzeta je najjednostavnija struktura, do koje se došlo praćenjem obrazovnih procesa. (Tijekom vremena javljale su se i još se uvijek javljaju nove podjele koje bolje opisuju problematiku). Važno je istaknuti: da se metode kemijskog inženjerstva primjenjuju i u razvoju tehnologija posebne namjene, pa se uobičajilo govoriti o polimernom inženjerstvu, elektrokemijskom inženjerstvu, biokemijskom inženjerstvu i si.<sup>4</sup> Kako u Hrvatskoj postoji tradicija u tim istraživanjima i izdaju se vrijedni časopisi može se očekivati da se u njima nalaze radovi koji su se mogli pojaviti u *Kemiji u industriji*. Analiza broja radova i njihove učestalosti samo bi obogatila sliku o razvoju kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj. Također, treba uzeti u obzir pojavu *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, u kojem su publicirani brojni kvalitetni radovi te potrebu i obavezu istraživača da svoja iskustva predoče što mjerodavnijoj prosudbi i publiciraju radove u međunarodnim časopisima.

Učinjena analiza ukazuje da je u pedeset godina tiskanja *Kemije u industriji* najviše radova iz kemijskog inženjerstva objavljeno u periodu 1972.-1991. godine. Logičan je manji broj radova u početnim dekadama, ali zabrinjava pad broja radova u zadnje vrijeme. Među tiskanim radovima 50 % je bilo iz područja jediničnih operacija, 30 % iz reakcijskog inženjerstva i 20 % iz sinteze i vođenja procesa.



- j-j Sinteza i vodenje procesa  
Process synthesis and control
- Reakcijsko inženjerstvo  
Reaction engineering
- n Jedinične operacije  
Unit operations

Slika 1 - Relativni odnos broja radova po razdobljima i područjima

Fig. 1 - The relative relation of papers according to various periods and fields of chemical engineering (unit operations, reaction engineering process synthesis and control)

sa. Radovi iz jediničnih operacija dominiraju u prve tri dekade, a kasnije se izjednačuju s udjelom radova iz područja reakcijskog inženjerstva.

Zaključno, ovaj prikaz, učinjen u trenutku značajne obljetnice *Kemije u industriji*, svjedoči da stranice *Kemije u industriji* mogu poslužiti kao zrcalo razvoja kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj. Taj je razvoj, premda usporeno i sa zakašnjenjem, tekao sukladno razvoju u svijetu. Među autorima nalazile su se osobe koji su spoznajama i idejama bile na razini svjetskog standarda. Njima treba zahvaliti što je kemijsko inženjerstvo priznato i u Hrvatskoj kao nezaobilazna struka i znanstvena disciplina.

#### Literatura

#### References

1. L. Wei, A Century of Changing Paradigms in Chemical Engineering, *Chemtech* 26 (5) (1996) 16.
2. M. Hraste, Prisjećanje na početke kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj, *Kern. Ind.* 47 (12) (1998) 455.
3. Uredništvo, Kemijsko inženjerstvo, *Kern. Ind.* 14 (3) (1965) 133.
4. j. Božičević, Z. Comzi, M. Hraste, *Kemijsko inženjerstvo u razvoju tehnologije*, Susret generacija, Zagreb 1990., str. 125.

#### SUMMARY

**Kemija u industriji** as Reflection of the Development of Chemical Engineering in Croatia

M. Hraste

The paper represents the outlook of articles published in *Kemija u industriji* in the period from 1952 to 2001 according to the fields of chemical engineering (unit operations, reaction engineering and process synthesis and control).

University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology,  
10001 Zagreb, Croatia

Received December 1, 2001  
Accepted December 17, 2001