

**ANALIZA I INTEGRACIJA NASTAVNIH PLANOVA U NASTAVI
HEMIJSKOG INŽENJERSTVA
A CURRICULUM ANALYSIS AND INTEGRATION OF CHEMICAL
ENGINEERING EDUCATION**

M. Jotanović, G. Tadić

Univerzitet u Ističnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, RS, BiH

Izvod

U ovom radu autori daju pregled faktora koji utiču na razvoj studija u oblasti Hemijskog inženjerstva i analizu dosadašnjih modela studija u Evropi. Implementacija Bolonjskog modela koristi se za sveobuhvatnu reformu studija u oblasti Hemijskog inženjerstva. Evropska Federacija za Hemijsko inženjerstvo (EFChE) je definisala ciljeve sticanja znanja koji su dati u ovom radu i predložila osnovni nastavni plan koji čini dvije trećine od ukupnog obima tema na prvom ciklusu studija Hemijskog inženjerstva. Ostatak od jedne trećine je definisan za upoređivanje specifičnih kurseva i tema od strane svakog fakulteta pojedinačno. Implementacija ovakvog modela bi obezbijedila potpunu harmonizaciju studijskih programa Hemijskog inženjerstva u Evropi.

Ključne riječi: *Nastavni plan, Hemijsko inženjerstvo, Bolonjski model.*

Abstract

Most commonly, all reforms of curriculum and study programmes in the educational system of Chemical Engineering are based on knowledge integration and developing tools which are designed to help students acquire a global picture of their professional calling. Therefore, this reform, which is the most comprehensive so far, and which was caused by the implementation of the Bologna model as well as by the small number of students at technical faculties, has a major significance for all the faculties of Chemical Engineering. This study, apart from presenting the factors which affect the development of studies in this area, gives a thorough review of the past and the existing educational systems at the faculties of Chemical Engineering in Europe. Thus the implementation of the Bologna model is used in order to harmonize curricula in the educational system of Chemical Engineering in Europe through defined goals of knowledge acquisition and a basic curriculum with the topics that should be incorporated in the curriculums of all the faculties of Chemical Engineering.

Key words: *Curriculum, Chemical Engineering, Bologna model*

1. UVOD

Procesna industrija, na što i sam pojam asocira, obuhvata one industrijske grane u kojima se provođenjem odgovarajućih procesa dobijaju određeni proizvodi. Pri tome se predmet rada hemijski transformiše a u takvim procesima dolazi do prenosa **toplote, mase i količine kretanja**. Zato su procesi, na kojima se zasniva procesna industrija, izuzetno složeni. U procesnu industriju spadaju sledeće industrijske grane: proizvodnja derivata nafte, prerada uglja, proizvodnja obojenih metala, prerada nemetala, proizvodnja baznih hemijskih proizvoda (organskih i neorganskih), prerada hemijskih proizvoda, proizvodnja građevinskih materijala, proizvodnja i prerada papira, proizvodnja tekstilnih prediva, proizvodnja kože i krzna, prerada kaučuka, proizvodnja prehrambenih proizvoda, proizvodnja pića, proizvodnja raznovrsnih proizvoda, crna metalurgija, grafička djelatnost i dr. U Evropi u prvoj polovini XX vijeka u obrazovanju inženjera napušta se koncept tehnologije već se procesi koji su sama suština procesne industrije, proučavanju konceptom **jediničnih operacija i jediničnih procesa**. Ovaj pristup je uslovio nagli razvoj **Hemijskog inženjerstva** kao zasebnog naučnog polja u području tehničkih nauka. Zato se u Evropi i SAD obrazovanje inženjera za rad u procesnoj industriji obavlja na **fakultetima Hemijskog inženjerstva** (Department of Chemical Engineering), a svršeni studenti dobijaju zvanje inženjera za oblast Hemijskog inženjerstva (B. Chem. Eng.). Hemijsko inženjerstvo, kao osnovno naučno polje na kome se razvija procesna industrija, počiva na baznim naučnim disciplinama Hemiji, Fizici i Matematici i jedinoj sopstvenoj naučnoj disciplini koja se naziva **Fenomeni prenosa mase, toplote i količine kretanja**. Hemijsko inženjerstvo se prema klasifikaciji OECD svrstava u područje tehničkih nauka, uporedo sa Građevinskim inženjerstvom, Elektrotehnikom i Mašinskim inženjerstvom (1). **Evropska federacija za Hemijsko inženjerstvo (EFChE)**, kao asocijacija Fakulteta hemijskog inženjerstva, je definisala ovo naučno polje na sledeći način: "Hemijsko inženjerstvo je multidisciplinarna oblast koja obuhvata koncepciju, razvoj, projektovanje i primjenu procesa i proizvoda. Tu je uključen ekonomski razvoj, projektovanje, izgradnja, eksploatacija, kontrola i menadžment postrojenja u kojima se odvijaju određeni procesi (2). Iako se sve reforme u nastavnim programima zasnivaju na itegraciji znanja i razvijanju oruđa koja će omogućiti studentima da steknu globalnu svijest o svom profesionalnom pozivu, ova naša reforma mora da počne od samih temelja. To podrazumijeva da dosadašnje obrazovanje inženjera tehnologije treba osavremeniti, prilagoditi evropskom obrazovnom prostoru i koncepcijski izmijeniti u pravcu sticanja znanja potrebnog za rad u procesnoj industriji.

2. FAKTORI KOJI UTIČU NA RAZVOJ STUDIJA U OBLASTI HEMIJSKOG INŽENJERSTVA

Osnovni faktori, sa stanovišta EFChE, koji utiču na razvoj nastavnih planova i programa u Hemijskom inženjerstvu su:

- nedostatak studenata
- proces harmonizacije visokog obrazovanja u Evropi (Bolonja proces)

Nedostatak studenata

U većini evropskih zemalja Univerziteti su suočeni sa opadanjem broja studenata na tehničkim naukama pa u tom sklopu i na studijskim programima Hemijskog inženjerstva. Na osnovu analize koju je uradila EFChE (3) mogu se izvući sledeći zaključci:

- Češka: ogromno smanjenje studenata od 1997 godine;
- Njemačka: konstatno nizak nivo, povećanje samo na Bioprocenom inženjerstvu;
- Francuska: nema smanjenja broja studenata na Univerzitetskim studijskim programima;
- Norveška: broj studenata ispod stvarnih kapaciteta;
- Portugal: veći interes od stvarnih kapaciteta;
- Španija: isti trend kao u Portugaliji;
- Švajcarska: stabilan interes, porast se uočava u procesnom i bioprocenom inženjerstvu;
- Engleska: stalna borba za popunjavanje kapaciteta.

Očigledno je, da osim zemalja u jugozapadnom dijelu Evropske Unije, ostale trpe ili smanjenje broja studenata koji pohađaju studijske programe Hemijskog inženjerstva, ili opstaju sa brojem studenata ispod stvarnih kapaciteta Univerziteta ali i ispod budućih potreba njihove industrije. Opadanje interesovanja za studij inženjerske profesije je posebno razmatran a razlozi ukazuju na sociopolitičke faktore, trenutnu privlačnost studijskih programa menadžmenta, ekonomije, prava i medicine u odnosu na teške inženjerske programe, situaciju na tržištu rada za inženjere itd. U cilju prevazilaženja navedenih problema u raznim zemljama se razvijaju različite inicijative za privlačenje mladih ljudi na studijski program Hemijskog inženjerstva (3):

- Kooperacija Univerziteta sa velikim kompanijama koje finansiraju razne aktivnosti regrutovanja srednjoškolaca i obezbjeđuju za studente ljetne poslove, projekte i zaposlenje (Univerzitet za nauku i inženjerstvo u Tordenhajmu);
- I razne druge specifične inicijative u drugim zemljama.

Bolonja proces

Drugi važan faktor koji utiče na obrazovanje studenata na studijskim programima Hemijskog inženjerstva je tzv. Bolonjski proces čiji je cilj da uspostavi jedinstveni evropski prostor visokog obrazovanja u prvoj dekadi trećeg milenijuma (Bolonja 1999). Glavni ciljevi i elementi ovog procesa su:

- Usvajanje sistema lakočitljivih i uporedivih stepena obrazovanja i ocjena kroz izdavanje dodatka diplomama;
- Usvajanje sistema koji je zasnovan na tri glavna stepena obrazovanja, dodiplomski (I stepen), diplomski (II stepen) i doktorski (III stepen) studij. Pristup drugom zahtjeva uspješan završetak prvog stepena obrazovanja koji traje najmanje 3 godine. Stečena diploma I stepena obrazovanja se priznaje na Evropskom tržištu rada kao odgovarajući stepen kvalifikacije. Uspješan završetak drugog stepena je pretpostavka za upis doktorskog studija (III stepen);

- Uspostavljanje sistema kredita prema Evropskom sistemu transfera kredita (ECTS 1997), kao odgovarajući način promovisanja najšire mobilnosti studenata;
- Prevažilaženje prepreka u promovisanju slobodnog kretanja studenata, nastavnika, istraživača i administrativnog osoblja;
- Promovisanje evropske kooperacije u obezbjeđenju kvaliteta uz osvrt na razvoj uporedivih kriterija i metodologija.

Bolonjska deklaracija je dograđivana na kasnije održanim konferencijama u Pragu, Berlinu, Londonu a i dalje će se dograđivati. Na ostvarivanju Bolonjskog procesa u svojim obrazovnim sistemima, neke zemlje su ostvarile veći ili manji progres a u oblasti Hemijskog inženjerstva neka pitanja zaslužuju posebnu pažnju.

Obrazovanje inženjera u Evropi

Ciljevi Bolonjskog procesa se moraju implementirati na sva polja visokog obrazovanja. Ako se usredsredimo na **obrazovanje inženjera** u Evropi **svih profila**, onda je očigledno da sada postoje dva koncepta: jedan zastupljen u kontinentalnoj Evropi a drugi u Velikoj Britaniji i Irskoj. Obrazovanje inženjera u kontinentalnoj Evropi obično prate dva osnovna modela koji često paralelno koegzistiraju u jednoj zemlji:

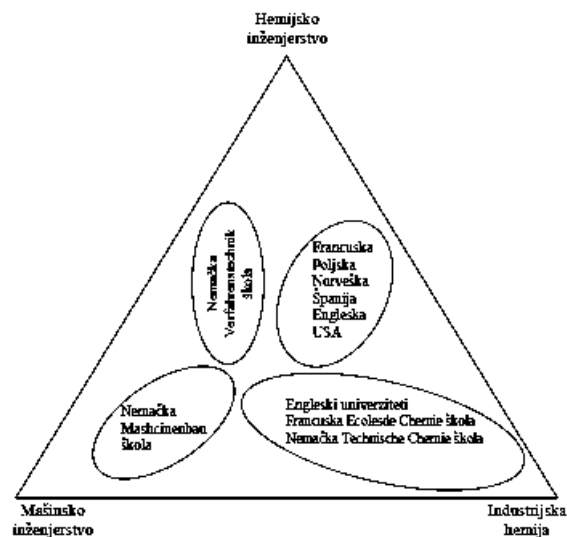
- Prvi model, koji se obično naziva "**dugi inženjerski studij**" ili integrisani studij za zvanje II stepena karakteriše se jakom teorijskom osnovom i jakim usmjerenjem ka istraživanjima, traje 5 godina;
- Drugi model se naziva "**kratki inženjerski studij**" čiji programi traju 3-4 godine i više su orijentisani na praksu.

U Velikoj Britaniji i Irskoj već postoje modeli koji su najbliži Bolonja konceptu ali situacija nije tako jednostavna jer postoje velike razlike među njima. Ovakav koncept je primijenjen i u Americi i Aziji. Zato su uglavnom sve zemlje pristupile prilagođavanju postojećih programa Bolonjskom konceptu u čemu su poseban napor podnijeli Univerziteti. Razmatrajući detaljnije visokoškolsko obrazovanje, Bolonjski proces zahtijeva duge integrisane programe koji su podijeljeni u tri dijela, od kojih je već prvi (dodiplomski) stepen relevantan za Evropsko tržište rada. Sve dosadašnje programe inženjerskog studija, pa samim tim i studija Hemijskog inženjerstva, je trebalo preraditi i koncipirati sasvim novi integrisani studij. To se odnosi i na "dugi inženjerski studij" i na "kratki inženjerski studij" na kontinentu a i na dvostepeni studij u Velikoj Britaniji i Irskoj. Kako je to uređeno u svakoj zemlji pojedinačno, zavisi od karakteristike dosadašnjih programa. Važno je pri tome voditi se devizom da se samo ne reorganizuju stari programi već da se pride razvoju sasvim novih programa inženjerskog studija u oblasti Hemijskog inženjerstva. Vrlo interesantan pristup je učinila grupa inženjera sa različitih Univerziteti u Americi uključujući i MIT u svom projektu "Granice obrazovanja u Hemijskom inženjerstvu", koji zahtijeva posebno proučavanje.

Sličnosti i razlike obrazovanja na studijskim programima Hemijskog inženjerstva

U cilju pripreme za dolazeći proces harmonizacije visokog obrazovanja u Evropi, analiziran je veliki broj studijskih programa u Evropi u oblasti Hemijskog inženjerstva. Ovim programima se

pokriva širok spektar različitih profila prikazanih na sl.1. Jedna grupa ima programe obrazovanja u hemijskom inženjerstvu slične američkom modelu koji je istorijski blisko povezan sa petrohemijskom industrijom (Belgija, Holandija, Francuska, neke Njemačke škole, Italija, Danska, Norveška, Poljska, Španija, Britanija). Drugu grupu čine njemačka Verfahrenstechnik, Švajcarska ETH, Mađarska i nekoliko francuskih škola; ovi programi imaju korijen u mašinskom inženjerstvu. Na kraju, treća grupa je formirana od programa Technische Chemie (Njemačka), francuskih škola i nekih drugih koje polaze od klasične hemije. Zato je iskorišten Bolonja koncept za harmonizaciju studijskih programa Hemijskog inženjerstva prema modelu koji će biti detaljno prikazan u ovom radu.



Slika 1. Različiti programi obrazovanja u hemijskom inženjerstvu

Osnovni principi na kojima počivaju nastavni Programi Hemijskog inženjerstva po Bolonjskom sistemu

Pošto Evropa implementira Bolonjski sistem studiranja sastavljen iz dva ciklusa i trećeg doktorskog studija, Evropska Federacija za Hemijsko inženjerstvo (EFChE) je formulisala osnovne principe za nastavu Hemijskog inženjerstva u Bolonjskom tipu organizacije studiranja. I pored sve različitosti i specifičnosti u nastavi Hemijskog inženjerstva, postoje određene metode i tehnike koje su zajedničke za Hemijsko inženjerstvo. Zato osnovni principi u nastavi Hemijskog inženjerstva obuhvataju:

1. Ciljeve sticanja znanja
 - opšte vještine i znanja inženjera
 - prenosive vještine.
2. Postizanje ciljeva sticanja znanja
 - osnovni nastavni plan
 - predavanje i učenje
 - iskustvo u industriji
 - ocjenjivanje studenata.

Ciljevi sticanja znanja

Opšte vještine i znanja inženjera formulisane su kao osnovni ciljevi prvog i drugog ciklusa studiranja Hemijskog inženjerstva. Nakon završetka studija inženjer prvog ciklusa studija Hemijskog inženjerstva treba da:

- posjeduje znanje relevantnih baznih nauka (matematike, hemije, fizike) radi boljeg razumijevanja, opisivanja i korišćenja fenomena Hemijskog inženjerstva,
- razumije osnovne principe na kojima počiva Hemijsko inženjerstvo:
 - materijalni bilans, energetski bilans i bilans količine kretanja
 - ravnoteže
 - kinetičke procese (hemijske reakcije, prenos mase, toplote, količine kretanja) i bude sposoban da ih koristi kako bi postavljao i rješavao (analitički, numerički, grafički) razne probleme iz oblasti Hemijskog inženjerstva,
- razumije glavni koncept kontrole procesa,
- razumije principe na kojima počivaju metode procesnih i proizvodnih mjerenja,
- bude sposoban da planira, izvodi, objašnjava i podnosi izvještaje za proste eksperimente,
- posjeduje znanje o izvorima relevantne literature i podataka,
- ima osnovno razumijevanje zdravstvenih, bezbjedonosnih i ekoloških pitanja,
- razumije koncept održivosti,
- razumije osnovni koncept procesnog inženjerstva,
- ima znanje o praktičnoj primjeni procesnog i proizvodnog inženjerstva,
- ima iskustvo u korišćenju odgovarajućeg softvera,
- bude sposoban da izvodi odgovarajući projekat,
- bude sposoban da izračunava troškove procesa ili projekta.

Studij drugog ciklusa se odlikuje većom diferencijacijom kako između fakulteta tako i između studenata. Ciljevi se ovdje manje zasnivaju na specifičnom zajedničkom znanju, već na zajedničkim metodama postavljanja i rješavanja različitih problema. Nakon završetka drugog ciklusa inženjer treba da:

- studioznije koristi znanje i pojave pri stvaranju naprednijih modela,
- koristi odgovarajuća oruđa za istraživanje i obradu rezultata,
- bude sposoban da izvodi naprednije eksperimente,
- bude sposoban da analizira, procjenjuje i utvrđuje relevantne alternative u odabranoj orijentaciji,
- bude sposoban da sintetizira i optimizira nova rješenja,
- bude sposoban da sam studiozno proučava određene teme.

Preosive vještine odnose se na inženjersko obrazovanje koje treba da pruži inženjeru određen broj vještina koje su manje više nezavisne od tipa inženjerstva. Ove vještine nisu specifične za osnovu

niti za nivo studija. Prenosive vještine EFChE je preuzela od američkog akreditacionog tijela ABET. Nakon završetka studija inženjer treba da:

- bude sposoban da komunicira efikasno, uključujući i na Engleskom jeziku, koristeći moderna oruđa za prezentaciju,
- bude sposoban da radi u multidisciplinarnim timovima
- ima razumijevanje uticaja inženjerskih rješenja na ekološki i društveni razvoj,
- ima razumijevanje profesionalne i etičke odgovornosti,
- bude sposoban za samostalno učenje za cio život.

Postizanje ciljeva

Osnovni nastavni plan. Da bi se obezbijedio na fakultetima Hemijskog inženjerstva, ispravan zajednički sadržaj i ispravan nivo prvog i drugog ciklusa studija, EFChE je preporučila minimalan broj predmeta za oba ciklusa. Ovaj minimalan broj predmeta čini **osnovni nastavni plan**. Iako je osnovni nastavni plan prvog ciklusa i specifičan i ekstenzivan, ipak je ostavljeno dosta prostora za ugrađivanje svojstvenih specifičnosti u orijentaciji. Preporuke za drugi ciklus su veoma uopštene, što olakšava pružanje širokog raspona različitih orijentacija u okviru fakulteta i između njih, ali u skladu sa opštim ciljevima. Kako je zajednička evropska jedinica bodovanja ECTS kojih ima 60 u jednoj akademskoj godini, sve preporuke su date koristeći ECTS sistem. EFChE je odabrala šemu od dva ciklusa studija sa 3+2 godine kao primjer. Za šemu 4+1 godine se odgovarajući predmeti moraju prilagoditi šemi.

Osnovni nastavni plan prvog ciklusa studija Hemijskog inženjerstva po šemi 3+2 godine:

*Prirodne nauke i matematika

- Matematika, Statistika, Numeričke metode, Informatika.....min 20 ECTS
- Hemija, Fizika, Molekularna biologija.....min 25 ECTS

*Hemijsko inženjerstvo

- Materijalni i energetski bilans.....min 4 ECTS
- Termodinamika/Fizička hemija..... min10 ECTS
- Dinamika fluida.....min 6 ECTS
- Separacioni procesi.....min 5 ECTS
- Prenos toplote.....min 3 ECTS
- Reakciono inženjerstvo.....min 3 ECTS
- Konstrukcioni materijali.....min 2 ECTS
- Osnove procesnog inženjerstva.....min 3 ECTS
- Kontrola i instrumentacija procesa.....min 3 ECTS
- Tehnike analize procesa.....min 3 ECTS
- Bezbednost, zdravlje, životna sredina.....min 3 ECTS

*Hemijsko – inženjerska laboratorija..... min 6 ECTS

*Diplomski rad ili inženjerski projekat.....min 6 ECTS

*Netehničke teme (ekonomija, menadžment,...).....min 8 ECTS

*UKUPNO.....min120ECTS

Treba obratiti pažnju da ova preporuka nastavnog plana daje listu tema i nije u vezi sa brojem predmeta niti kako bi teme trebalo grupisati u predmete. U praksi će mnoge teme biti dio većih predmeta (ili kurseva). Standardno, studij prvog ciklusa treba da sadrži 20-30% prirodnih nauka, 40-50% inženjerskih predmeta i do 10% netehničkih predmeta. Osnovni plan sadržan u ovoj preporuci zauzima dvije trećine prvog ciklusa (120 ECTS) i ostavlja jednu trećinu za studioznije pokrivanje nekih od navedenih tema i za druge specifične teme svakog fakulteta. Osnovni nastavni plan drugog ciklusa studija Hemijskog inženjerstva ne sadrži specifične konkretne teme u preporuci EFChE. Ali se iz preporučenih ciljeva učenja može vidjeti da su centralne inženjerske teme fenomeni prenosa, reakciono inženjerstvo, dinamičko modelovanje kao i opšte teme (statistika, optimizacija, procjenjivanje parametara i dr.)

Predavanje i učenje

Bez obzira na strukturu studija, metode predavanja i učenja moraju odgovarati određenoj temi i biti tako orijentisane da se mogu postići ciljevi učenja. Metode predavanja i učenja takođe moraju da potpomažu razvoj vještina kod studenata za nezavisni rad ali i rad u timovima. Zato je neophodan grupni rad ili rad po grupama. Da bi se stekle sposobnosti komuniciranja, moraju se davati i rješavati zadaci komunikacije. Da bi studenti naučili da uče i da preuzimaju odgovornost za svoje vlastito učenje, moraju dobijati odgovarajuće zadatke za samostalno učenje. Da bi se razumijeli etički, društveni, ekološki i profesionalni problemi, moraju se u nastavu uključiti odgovarajući primjeri za ilustraciju i diskusiju. Studij mora biti tako organizovan da obezbjeđuje rad studenata tokom cijelog semestra. Svi predmeti treba da pružaju primjere iz nekoliko oblasti da bi pokazali široku primjenu metoda hemijskog inženjerstva.

Iskustvo u industriji

Industrija, naročito procesna industrija, ima važnu ulogu u obrazovanju inženjera. Iskustvo u industriji služi da ilustruje primjenu i ograničenja teorije i pomaže da se problemi stave u širi kontekst. Šta više, iskustvo u industriji obezbjeđuje društveno umijeće za kasniju ulogu vođe. Zato, iskustvo u industriji tokom studija je nezaobilazna komponenta svakog nastavnog plana.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu iskustva u nastavi Hemijskog inženjerstva u Evropi tokom poslednjih dvadeset godina, može se slobodno zaključiti da preovlađuju kursevi koji nude veće mogućnosti stimulisanja kreativnosti studenata i njihovo angažovanje u integraciji znanja koje je teško postići u drugim, tradicionalnim kursevima i programima. Ovakav program takođe omogućava unapređenje svijesti o režimu društveno-ekonomskim pitanjima kao što su sporazum iz Kjotoa i problemi prečišćavanja otpadnih elemenata procesne industrije. Tokom edukacije studenti treba da nauče o timskom radu i komunikaciji u svim svojim oblicima, usmenoj, pisanoj, formalnoj, neformalnoj. Programi u nastavi Hemijskog inženjerstva su zahtjevni za profesore na fakultetima. Prijedlog Nastavnog plana koji

preporučuje EFChE otklanja svu dosadašnju različitost koja je u Evropi prisutna u predbolonjskom razdoblju.

LITERATURA

- [1] The Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development, Frascati Manual 1993, OECD
- [2] J. E. Gillett, Chemical engineering education in the next Century, Chem. Eng. Technol. 24 (6) 2001, 561-571
- [3] M. Molzahn, Trans IChem E, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 82 (A 12) 2004, 1525-1532.