

Četrdeseta obljetnica usmjerenja *Prerada polimera na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu*

Priredili: Igor ČATIĆ, Ana PILIPOVIĆ, Maja RUJNIĆ-SOKELE, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje

Usmjerenje posvećeno upoznavanju studenata jednog fakulteta s područjem preradbe plastike i gume prije četrdeset godina bilo je rijetkost i u svjetskim razmjerima. Ove godine navršava se 40 godina otkada su studij strojarstva na *Fakultetu strojarstva i brodogradnje* upisali studenti koji su prvi upisali tadašnje usmjerenje *Prerada nemetala* (drva, plastike i kaučuka) u 7. semestru. U prvom razdoblju bila je bliska povezanost dviju katedri u ostvarivanju postavljenih ciljeva. To su bile *Katedra za nemetale (Zavod za materijale)* i *Katedra za preradu nemetala (Zavod za tehnologiju)*. Stoga se u prvom dijelu teksta naglašava ta povezanost. U drugom dijelu opisuje se trenutačna aktivnost *Katedre za preradu polimera* kao nositelja nastavnih, znanstvenih, stručnih i ostalih aktivnosti vezanih uz preradu plastike i kaučuka.

Uvod

Pretvaranje pretežno organskih polimera, plastike, kaučukovih smjesa, ali i drva u uporabljive proizvode u nastavnim planovima *Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu* ima posebno mjesto ne samo u Hrvatskoj već i znatno šire. Jedan od razloga je što se o proizvodnji duromernih tvorevina predavalo već 1936. Iz tog doba potječe i početak nastave s područja drva i njegove obradbe. No u središtu je ovog teksta obilježavanje 40. obljetnice osnutka usmjerenja *Prerada nemetala*. Prvog na prostoru bivše države, a, prema raspoloživim podacima, trećega u Europi.

Povijesni razvoj¹

Prof. dr. sc. Josip Hribar pripadao je skupini onih sveučilišnih nastavnika koji su zarana shvatili da strojarstvo nije samo konstruiranje metala i izrada tvorevina od tih materijala. Metali su bili, jesu i bit će vrlo važni konstrukcijski materijali. Istodobno su plastika, guma, drvo i keramika podjednako važni. Stoga konstruktori i proizvođači tvorevina moraju poznavati osnovna svojstva svih materijala. Taj je zaključak danas aktualan više nego ikada prije jer se novom sistematizacijom materijala predlaže napuštanje podjele na metale i nemetale te se predlaže podjela na polimere i nepolimere.^{2,3} Među polimerima pretežu oni organskog podrijetla, ali sve su važniji i anorganski polimeri. Plastika i guma pretežno organskog podrijetla po obujmu su već odavno premašile metale, među kojima pretežu oni na osnovi elementa željeza (Fe).

Uviđajući važnost poznavanja plastike, gume i drva, J. Hribar uvodi u nastavne programe *Mehaničke tehnologije* već 1936. predavanja o duromerima i njihovoj preradbi.

Nakon *Drugoga svjetskoga rata* u bivšoj su se državi, pa tako i u današnjoj Hrvatskoj, tražili brojni stručnjaci. Drvo je u to vrijeme jedan od najvažnijih materijala jer je dijelu industrije omogućavalo uspješan izvoz. Stoga se u nastavnom planu 1948. nalazi predmet *Nemetali*, kojim su obuhvaćeni drvo, plastika i guma. U to je vrijeme proizvodnja plastike te proizvodnja plastičnih i gumenih tvorevina bila nerazvijena pa zbog malog interesa predmet privremeno nestaje iz nastavnog plana.

Dolaskom prof. Zore Smolčić-Žerdik na *Fakultet* 1959. ponovno počinje nastava iz kolegija *Nemetali*, ovaj put isključivo posvećena plastici i gumi, njihovim svojstvima, njihovoj proizvodnji te djelomično proizvodnji dijelova od tih materijala. Najprije je to izborni kolegij u *Tehnološkom usmjerenju*, ali u nastavnom planu donesenom 1971. postaje obvezatnim predmetom za sve studente strojarstva i brodogradnje.

Donošenjem nastavnog plana s početkom primjene od školske godine 1971./72. uvodi se usmjerenje *Prerada nemetala*. Prva generacija studenata upisala je to usmjerenje u školskoj godini 1974./75. Za pokretanje usmjerenja posebno su zaslužni prof. J. Hribar i prof. Z. Smolčić-Žerdik. Pod nazivom *Prerada nemetala* bili su obuhvaćeni plastika, guma i drvo te postupci njihove preradbe i obradbe. Već tijekom 1976. diplomiralo je troje studenata: Ljubomir Fističić, Luka Gašpar i Nada Kodžoman (sada Razi).

U školskoj godini 1979./80. prvi su put upisani studenti prema novom nastavnom planu koji od stručnih predmeta predviđa poučavanje o proizvodnji plastičnih i gumenih tvorevina. Tih godina poučavanje s područja drva prelazi na *Šumarski fakultet*. Na postdiplomskoj razini smjer *Primjena plastičnih masa u strojarstvu i brodogradnji* osnovan je još 1966., dok je smjer *Tehnologija prerade polimera* osnovan 1980., a prva generacija upisala je studij u školskoj godini 1980./81.

U ovom tekstu usredotočuje se na dva osnovna razdoblja. Prvih desetak godina i sadašnje stanje. Premda bi trebalo jednom napisati o cjelovitom razvoju nastave s područja plastike, gume i drva.

Navest će se još nekoliko pojedinosti. Od godine 1982. u nastavi svih triju studija: strojarstva, brodogradnje i poslije uvedenog studija zrakoplovstva zastupljene su ne samo plastika i guma kao materijali već i proizvodnja dijelova od tih materijala. Proizvodnja tvorevina u pravilu je uključena u zajedničke kolegije iz tehnologija. Za neke smjerove proizvodnoga strojarstva proizvodnja plastičnih i gumenih tvorevina također je zajednički predmet u višim semestrima.

Usmjerenje *Prerada polimera*

Prvo, *čisto* usmjerenje posvećeno isključivo plastičnim i gumenim materijalima i tvorevinama, pod nazivom *Prerada polimera*, uvedeno je 1979. U nastavku će se opisati osnovne aktivnosti vezane uz to usmjerenje.

U nastavnom planu usmjerenja *Prerada nemetala* postojala su četiri kolegija povezana s plastikom i gumom, skraćeno polimerima: *Polimeri*, *Procesi prerade polimera*, *Strojevi za preradu polimera* i *Kalupi za preradu polimera*. Ukupno je bilo predviđeno 120 sati predavanja i 90 sati vježbi. Studenti su osim toga u devetom semestru imali 240 sati vježbi, što je u pravilu bilo iskorišteno za pripreme radove potrebne za uspješno rješavanje diplomskog zadatka. Izrada diplomskog rada trajala je dva mjeseca.

Već u tom nastavnom planu, međutim, došlo je do određenih izmjena u stvarnoj provedbi. Nisu se posebno predavali procesi pa strojevi i kalupi, već su se predavale određene operacije kao što su ekstrudiranje, injekcijsko prešanje itd. Pri tome se nisu ponavljali svi elementarni koraci u svim postupcima. Plastiificiranje je raspravljeno u dijelu o ekstrudiranju pa osim nekih posebnosti nije bilo više predmet analize pri injekcijskom prešanju. Također je od prvog dana zauzeto stajalište da treba predavati preradu duromera, elastomera i plastomera te naznačivati razlike. Ta su se stajališta s vremenom usavršavala jer su stjecana iskustva ne samo u dodiplomskoj nastavi usmjerenja već i u postdiplomskoj nastavi preradbe polimera sveučilišnoga postdiplomskog studija *Makromolekularne znanosti* (1971. - 1986.).

Tadašnji nastavni plan *Fakulteta strojarstva i brodogradnje* bio je rezultat niza kompromisnih rješenja, od kojih samo na neke mogu utjecati njegovi nastavnici. Područje strojarstva vrlo je široko, pa je i vrlo teško sastaviti nastavni

plan koji bi u cijelosti zadovoljio svakoga. No određenim prilagodbama unutar usmjerenja moguće je postići ono što se želi. Za usmjerenje *Prerada polimera* osnovna je teza bila da obrazuje *prerađivače i obrađivače materijala s posebnim naglaskom na plastici i gumi*. Pri tome se polimeri zbog viskoelastičnog ponašanja smatraju vrlo kompleksnim materijalima.

Na ovome mjestu navodi se tadašnji nastavni plan, koji je bio podijeljen u dva dijela (tablica 1). Prvi dio studija, koji je obvezatan za sve studente strojarstva, trajao je pet semestara. Zatim su studenti upisivali usmjerenje koje je trajalo tri semestra, dok je završni, deveti semestar bio predviđen za izradbu diplomskog rada. Stručni predmeti usmjerenja predavali su se u sedmome i osmom semestru.

Nastava

Treba se osvrnuti na početno razdoblje nastave, osobito s područja proizvodnje polimernih tvorevina. Za razliku od područja polimera kao materijala, iza kojega je bila već dugogodišnja nastava i laboratorij te nastavno osoblje, na području pravljenja plastičnih i gumenih tvorevina počelo se doslovno od nule. Do 1979. za to područje bio je zadužen samo jedan stalni nastavnik, tada docent Igor Čatić. Tek 1979. dolazi na *Katedru za preradu nemetala* prvi stalni asistent dipl. ing. Mladen Šercer. Te se godine osniva *Laboratorij za preradu polimera* uz snažnu podršku *Zaklade Alexander von Humboldt* koja je donirala mjernu opremu (slika 1). Osnovna karakteristika tog razdoblja na području proizvodnje plastičnih i gumenih tvorevina, koje je relativno dugo trajalo, nepostojanje je opremljenog laboratorija, koji se bolje oprema tek početkom 21. stoljeća.

Ipak, činjenica da nije postojao opremljeni laboratorij rezultirala je vrlo velikim brojem eksperimentalnih završnih radova devetog semestra i diplomskih radova u tadašnjim poduzećima. Na taj način bilo je moguće zadavati teme interesantne za industriju i *Fakultet*. Mnogi koji su diplomirali na ovom usmjerenju, zahvaljujući temi i kvaliteti diplomskog rada odmah su se u tim radnim organizacijama i zaposlili. Tada su diplomirani inženjeri strojarstva bili izrazito deficitarni stručnjaci, a oni koji poznaju preradu plastike i kaučuka prava rijetkost. Istodobno je to dovelo do pojačane povezanosti zainteresirane industrije i *Fakulteta*, što je i inače jedan od prvorazrednih društvenih zadataka.

Ta se povezanost znanstveno-nastavne ustanove i novonastalih tvrtki postupno gubila nakon 1990.

Laboratoriji

Već od 1960. postoji *Laboratorij za ispitivanje polimera*, koji je tada bio opremljen uređajima za ispitivanje mehaničkih, toplinskih i kemijskih svojstava i koji je već tih godina vrlo aktivno surađivao s gospodarstvom, a organizacijski i danas pripada *Zavodu za materijale*.

Za potrebe prijašnjeg usmjerenja *Prerada nemetala* postojao je u *Zavodu za tehnologiju Laboratorij za obradu drva*. Prva laboratorijska oprema za područje preradbe polimera nabavljena je tek godine 1979. *Znanstveno-nastavno vijeće Fakulteta* odobrilo je 1980. spajanje *Laboratorija za obradu drva* i dijela za preradu polimera u jedinstveni *Laboratorij za preradu polimera i drva*.

Tih je godina dio laboratorija koji se odnosi na preradu polimera raspolagao 4-kanalnim

pisačem, tlakomjerom za mjerenje tlaka u kalupnoj šupljini, analognim oponašalom vlastite konstrukcije *Grič*, analognim računalom *Thermolog* i ručnom ubrizgavalicom vlastite proizvodnje. Dio te opreme bio je tih godina jedinstven na području bivše države, a npr. 4-kanalni pisac često su rabile ostale jedinice *Fakulteta*.

Postdiplomski studij Tehnologija prerade polimera

Nastavni plan postdiplomskog studija *Tehnologija prerade polimera*, uveden 1980., naveden je u tablici 2.

Tehnologija prerade polimera 1980. je bio novoosnovani studij pa tada nisu postojala iskustva s nastavnim planom. Prvi koji je uspješno magistrirao bio je Pero Raos (1987.).

Usmjerenje *Prerada polimera* preuzelo je obvezu vođenja magistranata prijašnjeg studija *Makromolekularne znanosti*, njih oko 25. Prvi koji je magistrirao na tom studiju pod vodstvom nastavnika s područja preradbe polimera bio je Ivan Širović (1978.).

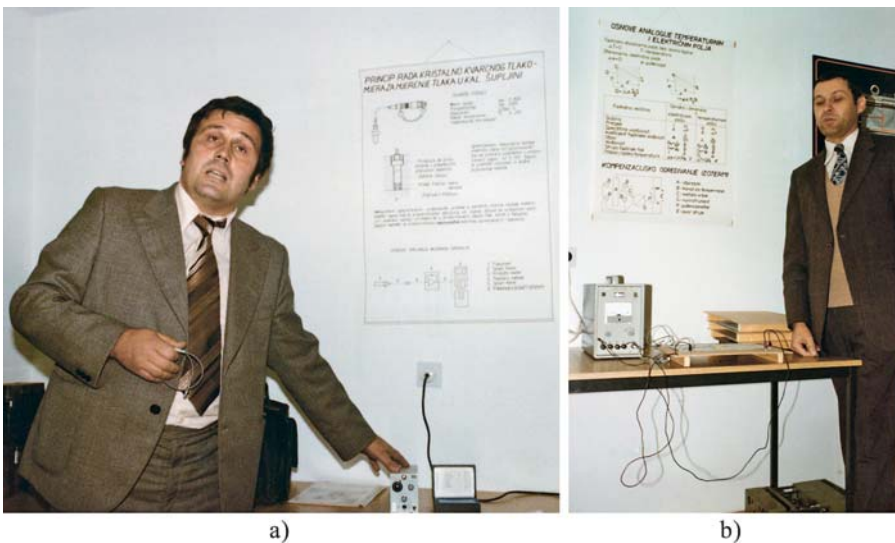
Dosadašnja su izlaganja bila potrebna da bi se objasnile teorijske osnove izobrazbe polimernih prerađivača i istraživača u usmjerenju *Prerada polimera*.

Osnove nastavnog plana i programa usmjerenja Prerada polimera¹

Uključivanje preradbe plastike i kaučukovih smjesa u nastavni plan *FSB*-a nije slučajno. Odavna je jedno od težišta djelovanja strojar-skih kadrova proizvodnja gotovih izradaka. Do tada su se pretežno bavili preradbom i obradom metala, što je povijesno uvjetovana činjenica.

Za daljnja izlaganja potrebno je najprije utvrditi nekoliko bitnih činjenica, koje su uzete u obzir tijekom razrade nastavnog plana i programa usmjerenja. To su:

- ne postoji općeprihvaćena definicija strojarstva
- proizvodnja tvorevina sastavljena je od niza sličnih operacija koje se razlikuju samo u specifičnostima
- dobro organizirana proizvodnja dobara zahtijeva integralno promatranje rukovanja materijalom, proizvodnih postupaka i rukovanja proizvodom tijekom njegova pravljenja te kontrolu. U nekim slučajevima, npr. pri reakcijskom praoblikovanju plastike i kaučukovih smjesa, valja uzeti u obzir još i prethodnu fazu, pretvaranje tvari u materijale. To se može promatrati i sa stajališta tijeka materijala, energije i informacija i predočiti odgovarajućim sustavima na koje djeluju okolina i ostali sporedni utjecaji.



SLIKA 1 – Otvorenje *Laboratorija za preradu polimera* 1979.: a) honorarni asistent dipl. ing. Ivo Belamarić (*TOZ*) prikazuje načelo rada kristalno-kvarcnog tlakomjera za mjerenje tlaka u kalupnoj šupljini (tlakomjer je dar *Zaklade Alexander von Humboldt*); b) mr. sc. Josip Grilec (*FSB*) demonstrira uređaj za analognu usporedbu temperaturnih i električnih polja koji je razvio 1974.

TABLICA 1 – Nastavni plan usmjerenja *Prerada polimera*

Predmet	Godina									
	I.		II.		III.		IV.		V.	
	Z	Lj	Z	Lj	Z	Lj	Z	Lj	Z	Lj
	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V	P/V
Matematika	4+4	4+4	2+2	2+2						
Mehanika	3+3	4+3								
Nacrtna geometrija	2+2									
Materijali	2+2	2+2	2+1							
OONO i DS	2+0	2+0	2+0	1+1						
Osnove marksizma	1+1	1+1								
Ekonomika proizvodnje	2+0									
Strani jezik	1+1	1+1	1+1	1+1						
Tjelesni odgoj	0+2	0+2								
Tehničko crtanje (neobavezno)	0+2									
Nauka o čvrstoći		2+2	2+2							
Elementi strojeva			2+3	3+3	3+5					
Lijevanje			2+1							
Elektronička računala			1+2							
TIPSS			2+2							
Nauka o toplini				3+2	3+2					
Mehanika fluida				3+2	2+1					
Oblikovanje metala deformiranjem				2+1						
Zavarivanje				2+1						
Strojevi na strujanje					2+2					
Stapni strojevi					2+2					
Obrada odvajanjem čestica					2+1					
Zaštita materijala					2+1					
Predmeti usmjerenja <i>Prerada polimera</i>										
Prenosila i dizala						3+1				
Alatni strojevi						2+2				
Elektrotehnika						3+2				
Mjerenje oblika i dimenzija						1+2				
Pretvorba i korištenje energije						2+2				
Obrada podataka i programiranje						2+2				
Statistička analiza						2+1				
Toplinska obrada						2+1				
Industrijska praksa						1 mjesec		1 mjesec		
Automatska regulacija							2+2			
Industrijska elektronika							2+0			
Prerada polimera							4+4	2+1		
Temperaturna polja							2+0			
Hidraulički pogoni i sheme							2+1			
Studij rada							2+2			
Mjerenje dinamičkih veličina							1+2			
Tehnološka priprema rada							2+2			
Svojstva i primjena polimera								1+1		
Projektiranje proizvodnih procesa								2+2		
Tehnološka kontrola								2+1		
Alati i naprave								2+2		
Alatni materijali								3+0		
Tehnika inženjerskog rada								2+0		
Organizacija proizvodnje								2+0		
Industrijska sociologija								4+0		
Diplomski praktikum									0+6	
Diplomski rad										2 mjeseca

Legenda: Z - zimski semestar /, LJ - ljetni semestar, P - predavanje, V – vježbe

TABLICA 2 – Nastavni plan postdiplomskog studija *Tehnologija prerade polimera*

Postdiplomski studij <i>Tehnologija prerade polimera</i>	Sati
1. SEMESTAR	
Numerička analiza	30
Programiranje na elektroničkom računalu	22
Organizacija znanstveno-istraživačkog rada	14
Planiranje pokusa	14
2. SEMESTAR	
Vođenje digitalnih procesa	30
Fizika polimernih materijala	20
Polimerni kompoziti	10
Teorija prerade polimera	20
3. SEMESTAR	
Tehnologija prerade polimera (odabrana poglavlja)	24
Proizvodnja polimernih materijala	16
Ispitivanje polimernih materijala i izradaka	16
Konstruiranje s polimerima	10
Konstruiranje, proizvodnja i eksploatacija alata i kalupa	14

- uspješno konstruiranje i dizajniranje proizvoda i opreme nemoguće je bez poznavanja proizvodnih procesa
- sve je veći broj prerađivača ostalih materijala koji organiziraju vlastitu proizvodnju polimernih dijelova i zatim te dijelove od raznorodnih materijala sastavljaju u sklopove. Ta poduzeća daju zapažen poticaj proizvodnji plastičnih i gumenih dijelova koristeći se iskustvima s područja ostalih materijala.
- po proizvedenom obujmu plastika i guma uskoro će dostići, a zatim i prestići do sada najrasprostranjenije materijale, metale (što se zbililo već 1983.)
- polimeri nisu više jeftin nadomjestak ostalim materijalima, već postaju optimalno rješenje zadatka
- sve je veći interes proizvođača plastičnih i gumenih tvorevina i za pretvorbu polimernih tvari u tehnički upotrebljive polimerne materijale
- postupci proizvodnje polimernih tvorevina gotovo su u cijelosti izvedeni iz sličnih postupaka preradbe ostalih materijala, posebno metala
- procesi proizvodnje plastičnih i gumenih tvorevina stohastički su i zbivaju se samo sa stanovitom vjerojatnošću
- analizu proizvodnih procesa i na ovom području moguće je provesti elementarnim koracima
- uspješna proizvodnja plastičnih i gumenih dijelova, kao i ona od ostalih materijala, temelji se na optimalno uravnoteženoj izobrazbi iz temeljnih znanosti te teorijskih i primijenjenih inženjerskih disciplina
- usmjerenje nije specijalizacija, već produbljeno upoznavanje s jednom znanstvenom disciplinom. Svršeni student *Fakulteta strojarstva i brodogradnje* u Zagrebu može se zaposliti na bilo kojem odgovarajućem radnom mjestu,

bez obzira na završeno usmjerenje, jer postiže zvanje diplomiranog inženjera strojarstva.

- uključivanje studenata u znanstveno-istraživački rad daje izvrsne rezultate jer se studenti odlikuju svježim idejama.

Te su se postavke potvrdile u praksi u proteklih 40 godina, uz nužno prilagođavanje novim trendovima od kojih treba naglasiti: sve prošireniju i produbljeniju uporabu računala, brzu proizvodnju dijelova i gospodarenje otpadom.

Neke posebnosti u obrazovanju proizvođača plastičnih i gumenih tvorevina

Zahvaljujući utjecaju prof. A. Đuraševića, u usmjerenju su od početka bile prisutne njegove dvije obrazovne ideje. Studente se poučavalo načinu izradbe seminarskoga i diplomskog rada. Kad je riječ o eksperimentalnim radovima, gdje je to bilo moguće, primijenjene su zakonitosti planiranja pokusa, što je rezultiralo vrlo zanimljivim rezultatima.

Na temelju planiranja pokusa tijekom istraživanja u sklopu studentskih radova stvarana su sve raznovrsnija znanja o proizvodnji plastičnih i gumenih tvorevina kao rezultat sustavne analize proizvodnih postupaka.

Jedna od posebnosti bila je *Bolonja prije Bolonje*. Već od prvih dana usmjerenja bilo je uobičajeno da gostuju najistaknutiji nastavnici s drugih fakulteta. Popis tih gostiju naveden je u literaturi⁴.

Treba naglasiti da su studenti, osim što su izrađivali svoje seminarske i diplomske radove u realnim uvjetima pogona, imali priliku izvještavati o svojim dostignućima na znanstveno-stručnim skupovima. Primjerice na *6. jugoslavenskom simpoziju o kemiji i tehnologiji makromolekula* u Novom Sadu 1979. svoje ra-

dove predstavilo je 15 studenata. Već 1979. u Varšavi je Nenad Cvjetičanin predstavio svoj diplomski rad *The Influence of Adjustable Plant Parameters on the Mechanical Properties of Blown Polyethylene Film* na skupu *SIMPLAST*, a godinu dana poslije na *ANTEC-u* u New Yorku.

Na usmjerenju se poticala izradba radova kojima su se studenti natjecali za *Rektorovu nagradu*. Do sada su studenti usmjerenja primili 25 *Rektorovih nagrada*.

Već do 1980. studenti su istraživali na području injekcijskog prešanja plastomera, a poslije duromera i kaučukovih smjesa, ekstrudiranja, optimiranja kaučukovih smjesa i uvjeta umreživanja. Isto tako primjenjivali su znanja iz projektiranja proizvodnih procesa i studija rada u proizvodnji plastičnih i gumenih dijelova. Poslije su istraživanja proširena na područje toplog oblikovanja i puhanja.

O rezultatima radova, među ostalim, zainteresirani su bili obavješćivani putem *Izviješća*, publikacije koju je usmjerenje izdavalo jedanput godišnje.

Obrazovanje s područja polimerâ i polimernih tvorevina na FSB-u u doba Bolonje

Studiji strojarstva, brodogradnje i zrakoplovstva usklađeni su 2003. sa zakonskim odredbama kojima se među ostalim određuje prilagođavanje studija *Bolonjskom procesu* i vrednovanje rada studenta putem ECTS-bodova. Prema tome, struktura studija zasnovana je na tri razine: preddiplomski studij u trajanju od 7 semestara, kojim se stječe akademski naziv *baccalaureus struke* (strojarstva, brodogradnje ili zrakoplovstva), diplomski studij u trajanju od 3 semestra, kojim se stječe akademski naziv magistar struke, te poslijediplomski studij u trajanju od 6 semestara, kojim se stječe akademski naziv doktora znanosti.

Prva godina studija zajednička je svim studijima, koji se u drugoj godini razdvajaju. Studij strojarstva nudi devet smjerova, čime student dobiva blago usmjeravanje prema odabranom području strojarske struke. O plastici i gumi, postupcima njihove preradbe te o konstrukciji alata i kalupa za preradbu polimera poučava se na dva smjera studija strojarstva - *Proizvodno inženjerstvo* (usmjerenje *Prerada i montaža*) i *Računalno inženjerstvo* (usmjerenje *Proizvodnja polimernih tvorevina i Računalno modeliranje alata i kalupa*). Osim kao obvezatni kolegiji smjera, kolegiji vezani uz plastiku i gumu ponuđeni su i kao izborni tehnički kolegiji.

Diplomski dio studija daje stručno i znanstveno produbljivanje znanja stečenog na preddiplomskom studiju te je na taj način njegov logični nastavak. Studentima se pruža

mogućnost nastavka studija u odabranom smjeru preddiplomskog studija, ali i eventualna promjena smjera ako su odgovarajućim izborom izbornih kolegija zadovoljeni traženi uvjeti pojedinih obvezatnih kolegija odabranog smjera

diplomskog studija. Kolegiji vezani uz preradu polimera navedeni su u tablici 3. Nastava poslijediplomskoga (doktorskog) studija održava se u sklopu smjera *Strojarske tehnologije*. Kolegiji vezani uz preradu polimera navedeni su u tablici 4.

Katedra i Laboratorij za preradu polimera

Katedra za preradu polimera provodi znanstvena istraživanja usmjerena povišenju učinkovitosti proizvodnih postupaka. Pridonijela je pojačanoj povezanosti industrije i *Fakulteta*, što je jedan od trajnih društvenih zadataka.

TABLICA 3 – Kolegiji u kojima se predaju sadržaji vezani uz preradu plastike i gume

Studij	Preddiplomski studij							Diplomski studij		
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	I.	II.	III.
Satnica (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)	P+V (ECTS)
<i>Studij strojarstva, smjerovi: Brodostrojarski, Konstrukcijski, Inženjerstvo materijala, Procesno-energetski, Računalno inženjerstvo</i>										
Tehnologija I			3 + 1 (5)							
<i>Studij strojarstva, smjer Proizvodno inženjerstvo</i>										
Ljevarstvo i prerada polimera			4 + 2 (7)							
<i>Studij zrakoplovstva</i>										
Osnove tehnologija II				3 + 1 (5)						
<i>Studij strojarstva, smjerovi: Inženjersko modeliranje i računalne simulacije, Mehatronika i robotika</i>										
Proizvodni postupci					4 + 2 (7)					
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo</i>										
Projektiranje alata i naprava						2 + 2 (6)				
<i>Studij strojarstva, smjer Proizvodno inženjerstvo, usmjerenje Prerada i montaža</i>										
Strojevi za obradu polimera							2 + 2 (5)			
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo, usmjerenje Proizvodnja polimernih tvorevina</i>										
Proizvodnja polimernih tvorevina							3 + 2 (7)			
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo, usmjerenje Računalno modeliranje alata i kalupa</i>										
Računalno modeliranje alata i kalupa							3 + 2 (7)			
<i>Studij strojarstva, izborni tehnički kolegiji</i>										
Prerada polimera					2 + 1 (4)		2 + 1 (4)			
Proizvodnja kompozitnih tvorevina						2 + 1 (4)				
Proizvodnja plastične ambalaže						2 + 1 (4)				
Alati i kalupi za polimere PI							2 + 1 (4)			
<i>Studij strojarstva, smjer Inženjerstvo materijala</i>										
Recikliranje materijala									2 + 1 (5)	
<i>Studij strojarstva, smjer Proizvodno inženjerstvo, grupa Preradba i montaža</i>										
Alati i kalupi za polimere								2 + 2 (5)		
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo, grupa Proizvodnja polimernih tvorevina</i>										
Proizvodnja kompozitnih tvorevina								2 + 1 (4)		
Proizvodnja plastične ambalaže								2 + 1 (4)		
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo, grupa Računalno modeliranje alata i kalupa</i>										
Projektiranje kalupa za preradu polimera								2 + 1 (4)		
<i>Studij strojarstva, smjer Računalno inženjerstvo</i>										
Napredni proizvodni postupci										2 + 1 (7)
<i>Studij strojarstva, izborni tehnički kolegiji</i>										
Proizvodnja kompozitnih tvorevina								2 + 1 (4)		2 + 1 (4)
Proizvodnja plastične ambalaže								2 + 1 (4)		2 + 1 (4)

TABLICA 4 – Kolegiji iz preradbe polimera na doktorskome studiju *Strojarske tehnologije*

Kolegij	Broj sati	ECTS
Teorija sustava	45	8
Injekcijsko prešanje polimera	45	7
Oporaba polimera	45	7
Konstruiranje i izradba kalupa	50	7
Razvoj polimernih proizvoda	50	7
Reakcijska preradba polimera	50	7
Karakterizacija polimera	50	7

Valja posebno istaknuti razvoj kompozitnog poklopca građevinskog stroja (tehnološki projekt *Izrada kompozitnog poklopca građevinskog stroja*), ambalažu za zbrinjavanje medicinskog otpada (tehnološki projekt *Prototipovi ambalaže za medicinski otpad*), originalnu ambalažu za pakiranje margarina te patentiranu jednodijelnu kutiju za pohranjivanje CD-a. Dan je doprinos i injekcijskom prešanju

polipropilena punjenoga drvenim česticama (EUREKA projekt E! 2819 – FACTORY ECO-PLAST), provedena su i istraživanja na području biorazgradljivog poliuretana (EUREKA projekt E! 3611 – EUROAGRI+BIOPUR). Posebno treba istaknuti rad *Katedre* na području ekologije, tj. gospodarenja otpadom, a treba napomenuti kako je *Katedra* otvorila i novo područje, mikrotehnike i nanotehnike te nanomaterijala.

Laboratorij za preradu polimera uključen je u rješavanje problema iz prakse kao što su izbor najpogodnijeg materijala, preporuke pri izboru opreme za preradu polimera, uključivanje u razvoj proizvoda i kalupa te u suradnji s odgovarajućim specijaliziranim laboratorijima ispitivanje i identifikacija polimera. U laboratoriju se provode reološki, mehanički i toplinski proračuni, proračuni cijene otpreska, simulacija punjenja kalupne šupljine, izrada konstrukcijske dokumentacije itd. Razvoj proizvoda i kalupa, prototipne serije te brza proizvodnja prototipova i kalupa (slika 2) daljnji su poslovi laboratorija, kao i optimiranje parametara procesa, pomoć pri izradbi kompozitnih tvorevina i smješavanju kaučukovih smjesa. Isto tako laboratorij je uključen u certificiranje polimernih tvorevina.

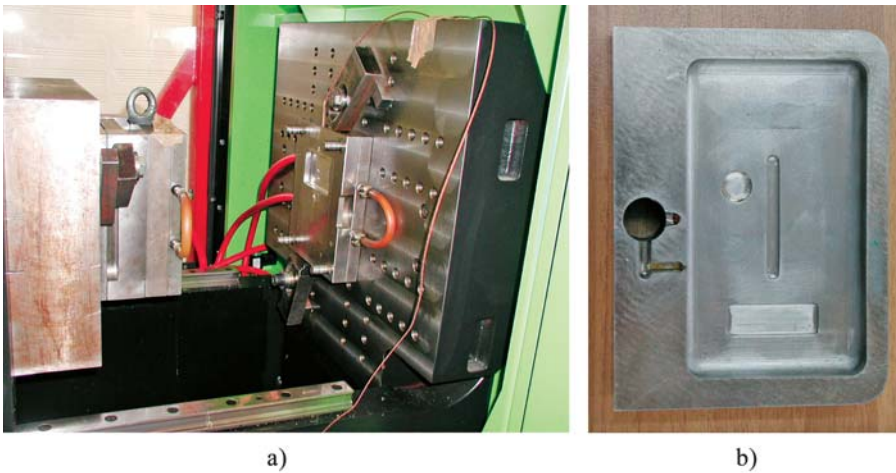
Zahvaljujući osnivanju *Sveučilišnog centra za polimerstvo (SVECIPO-a)* i *Inin*oj doniranoj opremi studenti praktični dio vježbi mogu odrađivati i u sjevernoj zgradi *FSB-a*, u čijem je prizemlju oprema i smještena. Oprema obuhvaća dvovaljak, ekstruder, gnjetilicu, etažnu prešu, sušilicu, temperiralo, kalupe za injekcijsko prešanje i ubrizgavalicu. Većina opreme, međutim, u prilično je lošem stanju i potrebna su velika financijska sredstva za njezino osposobljavanje, koja u današnjoj situaciji nisu dostupna. U dogovoru s tvrtkom *Engel, Katedra* je dobila na posudbu dvije ubrizgavalice *Engel Victory 80* (slika 3) u ukupnom trajanju od pet godina, koje su studentima omogućile upoznavanje s postupkom injekcijskog prešanja.

Katedra sudjeluje na mnogim projektima, primjerice *Povišenje učinkovitosti razvoja i preradbe polimernih proizvoda* – dio programa *Brza proizvodnja – od ideje do stvarnosti* i *Primjena sustavne teorije u raščlambi opće tehnike* (projekti *MZOS-a*) te na međunarodnim projektima *E! 4960 – Next Generation Molding (EUREKA)*, *MarineClean (CIP-EIP-Eco-Innovation-2010)* i *Knowledge Based Process Planning and Design for Additive Layer Manufacturing – KARMA (FP7)*. *Katedra* surađuje sa *Strojarskim fakultetom* u Slavonskom Brodu te s mnogim inozemnim fakultetima poput *Montanuniversität (Leoben)*, *Tomas Bata University (Zlin)*, *Faculty of Mechanical Engineering (Kecskemet)* i *Fakulteta za strojništvo (Maribor)*.

Tijekom proteklog razdoblja na *Katedri* su radili mnogi nastavnici, docenti, asistenti, predavači itd. Početkom 2011. zaposleno je šestero zaposlenika, s voditeljem *Katedre* prof. dr. sc. Mladenom Šercerom (tablica 5).

TABLICA 5 – Popis zaposlenika

Nastavnici			
1.	Prof. dr. sc. Stanko BAĐUN †	honorarni nastavnik	1977. - 1979.
2.	Doc. dr. sc. Franjo CAJNER		1975. -
3.	Prof. dr. sc. Igor ČATIĆ		1965. - 2006.
4.	Doc. dr. sc. Damir GODEC		1996. - 2000.; 2002. -
5.	Prof. dr. sc. Mario ESSERT		1978. -
6.	Prof. dr. sc. Antun GALOVIĆ		1974. -
7.	Prof. dr. sc. Janez INDOF		1971. - 2005.
8.	Drago MALER, pred.	honorarni nastavnik	1975. - 1979.
9.	Prof. dr. sc. Mladen NOVOSEL †		1967. - 1991.
10.	Dr. sc. Stjepan PETROVIĆ	honorarni nastavnik	1975. - 1979.
11.	Prof. dr. sc. Zora SMOLČIĆ-ŽERDIK †		1962. - 1980.
12.	Prof. dr. sc. Mladen ŠERCER	voditelj <i>Katedre</i>	1978. -
13.	Dr. sc. Đurđica ŠPANIČEK		1970. -
14.	Mario ŠTAMBUK, viši pred. †	honorarni nastavnik	1977. - 1983.
Asistenti i znanstveni novaci			
1.	Gordana BARIĆ		1994. - 2005.
2.	Božo BUJANIĆ		2004. - 2007.
3.	Josip DOBRANIĆ		1998. - 2002.
4.	Šuhreta HUSIĆ		2000. - 2003.
5.	Darko MESEK		1990. - 1992.
6.	Donald KIŠ		1990. - 1994.
7.	Rajko ORLIĆ		1985. - 1989.
8.	Goran ORSAG		1985. - 1986.
9.	Ana PILIPOVIĆ		2008. -
10.	Pero RAOS		1984. - 1993.
11.	Maja RUJNIĆ-SOKELE	voditeljica <i>Laboratorija za preradu polimera</i>	1994. -
12.	Mladen SLAVICA		1992. - 1998.
13.	Jurica ZORIĆ		1980. - 1981.
Nenastavno osoblje			
1.	Vladimir DETELBACH		1973. - 1993.
2.	Miodrag KATALENIĆ		1999. -
3.	Sunčica TUCMAN		2002. -
Gosti predavači		Honorarni asistenti	Istraživači na području <i>Proizvodnja polimernih tvorevina</i>
1.	Akademik Stjepan BABIĆ	Ivo BELAMARIĆ	Krešimir BAKŠA
2.	Dr. sc. Zrinka BABIĆ	Vladimir BOGDANOVIĆ	Olga BORIĆ
3.	Prof. dr. sc. Vjekoslav BAJSIĆ †	Jasminka FRLETA (S. Brod)	Marija MIŠČEVIĆ
4.	Prof. dr. sc. Aleksandar BAZALA †	Zvonko GLAVINA	Dane OPSENICA
5.	Prof. dr. sc. Petar BILJANOVIĆ	Donald KIŠ	Jadranka RAŠUO
6.	Prof. dr. sc. Juraj BOŽIČEVIĆ	Marijana JAGETIĆ-MAROVIĆ	Nada RAZI
7.	Prof. dr. sc. Blaženka DESPOT †	Milorad NIKITOVIĆ	Ana ROGIĆ
8.	Vladimir Ferdelji	Dane OPSENICA	Ivan ŠIROVIĆ
9.	Prof. dr. sc. Antun GALOVIĆ	Rajko ORLIĆ	
10.	Akademik Dragutin FLEŠ †	Zvonimir PAVIN	
11.	Prof. dr. sc. Damir HORGA	Krešimir PIZENT	
12.	Prof. dr. sc. Ivor KARAVANIĆ	Frane POJATINA	
13.	Prof. dr. sc. Zlatko KNIEWALD	Alfred RESCHNER	
14.	Prof. dr. sc. Ivica KOSTOVIĆ	Ranko RESMAN	
15.	Prof. dr. sc. Slavko KULIĆ	Ana ROGIĆ (Karlovac)	
16.	Dr. sc. Stipe KUTLEŠA	Krešimir ŠINTIĆ	
17.	Mr. sc. Marina MATANIĆ	Pavica ŠIROLA †	
18.	Prof. dr. sc. Tonči MATULIĆ	Ivan ŠIROVIĆ	
19.	Prof. dr. sc. Vlatko PREVIŠIĆ	Nikola VUKOREPA	
20.	Prof. dr. sc. Oskar SPRINGER	Darko VUKOVIĆ	
21.	Prof. dr. sc. Josip SUDAR †	Jurica ZORIĆ	
22.	Prof. dr. sc. Nikola ŠAKIĆ	Aida ŽGOMBIĆ	
23.	Prof. dr. sc. Ivo ŠKARIĆ †		
24.	Mr. sc. Tibor TOTH †		
25.	Dr. sc. Zorica VEKSLI		
26.	Prof. dr. sc. Nikola VRANKOVIĆ		



SLIKA 2 – a) hibridni kalup s osjetilima za mjerenje tlaka i temperature, b) kalupni umetak hibridnoga kalupa načinjen aditivnim postupkom brze proizvodnje metalnih tvorevina – SLS

Djelatnici *Katedre* surađuju u uređivanju znanstvenih i stručnih časopisa s područja polimerstva, posebno časopisa *Polimeri* te aktivno sudjeluju na mnogobrojnim savjetovanjima u zemlji i inozemstvu, a trajan društveni zadatak je suradnja s nizom tvrtki.

Postignuti stupnjevi

Velik broj studenata izradio je seminarske, završne, diplomske, magistarske i doktorske radove u sklopu usmjerenja i *Katedre za preradu polimera*. I dalje se njeguje praksa, kada je to moguće, izradbe studentskih radova u plastičarskoj i gumarskoj industriji.

U tablici 6 navedeni su postignuti stupnjevi u sklopu pojedinih usmjerenja.

Izdavačka djelatnost *Katedre za preradu polimera*

Za pomoć studentima pri učenju te stručnjacima koji se u svakodnevnom radu bave preradbom

polimera *Katedra* je izdala mnoge knjige i skripta (tablica 7).

Zaključak

Četrdeseta obljetnica osnutka usmjerenja *Prerada nemetala*, sada *Prerada polimera*,

prigoda je da se ukratko opiše nastavna, znanstvena, stručna i ostala djelatnost vezana uz to područje.

Osnivanje usmjerenja pionirsko je dostignuće na ovim prostorima. Započelo se doslovno od nule. U prvom razdoblju stvorena je potpuna infrastruktura potrebna za uspješan rad. Napisani su potrebni udžbenici i skripta, sređena je osnovna terminologija. Godine 1979. otvoren je *Laboratorij za preradu polimera*. Uz veliko sudjelovanje studenata istraživački su pokrivena najvažnija područja proizvodnje plastičnih i gumenih tvorevina. Ostvarena je i suradnja s drugim sličnim ustanovama u svijetu, posebice s *Institut für Kunststoffverarbeitung* iz Aachena. Studenti su trajno upoznavani sa zanimljivim temama vezanima za njihovo područje djelovanja, ali i izvan klasičnih kolegija, gostovanjem brojnih istaknutih znanstvenika i stručnjaka iz prakse.

U drugom razdoblju, vezano uz *Bolonjski proces* bitno je povećan broj kolegija koje studenti



SLIKA 3 – Tehnički suradnik Miodrag Katalenić uz ubrizgavalicu Engel Victory 80

TABLICA 6 – Razine postignutih stupnjeva po područjima od 1971. do 14. travnja 2011.

Područje	Postignuti stupanj							Ukupno
	VII. stupanj (dipl. ing. stroj.)	VI. stupanj (ing. stroj.)	Magistri struke (mag. ing. stroj.)	Baccalaureus – Prvostupnik (univ. bacc. ing. stroj.)	Interdisciplinarni specijalistički poslijediplomski studij	Magisterij	Doktorat	
Konstrukcija kalupa i alata	82	43	1	7	-	3		136
Postupci prerade polimera	72	15	1	4	-	16	2	110
Polimerni materijali	37	6	3	9	-	1	-	56
Kompoziti	13	10	1	3	1	2	-	30
Gospodarenje otpadom	11	8		3	-	-	-	22
Slojeviti postupci	2	1	1	1	-	-	1	6
Uklanjanje grešaka	7	5	1	-	-	-	-	13
Drvo	27	-	-	-	-	-	-	27
Ostalo	53	15	-	2	-	1	-	71
Ukupno	304	103	8	29	1	23	3	471

TABLICA 7 - Knjige i skripta

	Knjige
1.	Čatić, I.: <i>Projektiranje kalupa za preradu termoplasta</i> , vlastita naklada, Zagreb, 1969.
2.	Čatić, I.: <i>Injekcijsko prešanje plastomera</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1979.
3.	Čatić, I.: <i>Izmjena topline u kalupima za injekcijsko prešanje plastomera</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1985.
4.	Čatić, I.: <i>Toplo i hladno oblikovanje plastomera</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1986.
5.	Šercer, M., Čatić, I.: <i>Vođenje procesa injekcijskog prešanja plastomera</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1986.
6.	Čatić, I.: <i>Uvod u proizvodnju polimernih tvorevina</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1990.
7.	Čatić, I., Razi, N., Raos, P.: <i>Analiza injekcijskog prešanja polimera teorijom sustava</i> , Društvo plastičara i gumaraca, 1991.
8.	Raos, P., Čatić, I.: <i>Razvoj injekcijski prešanih otpresaka</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1992.
9.	Šercer, M.: <i>Proizvodnja gumenih tvorevina</i> , Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 1999.
10.	Šercer, M., Opsenica, D., Barić, G.: <i>Oporaba plastike i gume</i> , mtg topgraf d.o.o., Velika Gorica, 2000.
11.	Čatić, I., Johannaber, F.: <i>Injekcijsko prešanje polimera i ostalih materijala</i> , Društvo za plastiku i gumu i Katedra za preradu polimera FSB-a, Zagreb, 2004.
12.	Čatić, I.: <i>Proizvodnja polimernih tvorevina</i> , Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2006.
13.	Rogić, A., Čatić, I., Godec, D.: <i>Polimeri i polimerne tvorevine</i> , Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2008.
14.	Šercer, M., Križan, B., Basan, R.: <i>Konstruiranje polimernih proizvoda</i> , Sveučilište u Zagrebu – Fakultet strojarstva i brodogradnje i Sveučilište u Rijeci – Tehnički fakultet, Rijeka, 2009.
15.	Raos, P., Šercer, M.: <i>Teorijske osnove proizvodnje polimernih tvorevina</i> , Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod/Zagreb, 2010.
	Autorstvo i suautorstvo skripata
1.	Čatić, I.: <i>Proizvodnja polimernih tvorevina</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1987.
	Autorstvo internih skripata / Authorship of internal scripts
1.	Čatić, I.: <i>Injekcijsko prešanje</i> , autorizirana predavanja na postdiplomskom studiju Makromolekularne znanosti, naklada studenata, Zagreb, 1975.
2.	Čatić, I.: <i>Oblikovanje i obrada</i> , naklada studenata, Zagreb, 1975.
3.	Čatić, I.: <i>Postupci prerade polioplasta: Injekcijsko prešanje, tolerancije, prerada duromera, ispitivanje plastičnih masa</i> , naklada studenata, Zagreb, 1975.
4.	Čatić, I.: <i>Ekstrudiranje</i> , Publicitas, Zagreb, 1976.
5.	Čatić, I.: <i>Proizvodnja polimernih materijala</i> , naklada studenata, Zagreb, 1979.
6.	Čatić, I.: <i>Polimerne pjene</i> , naklada studenata, Zagreb, 1979.
7.	Čatić, I.: <i>Kalandriranje polimera</i> , naklada studenata, Zagreb, 1979.
8.	Čatić, I.: <i>Proizvodnja polimernih materijala - deformacije</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1985.
9.	Šercer, M.: <i>Injekcijsko prešanje kaučukovih smjesa</i> , Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1988.
10.	Čatić, I., Rujnić-Sokele, M.: <i>Proizvodnja polimernih materijala</i> , vlastita naklada, Zagreb, 2000.
11.	Čatić, I., Godec, D.: <i>Reologija</i> , vlastita naklada, Zagreb 2000.
12.	Čatić, I., Šercer, M.: <i>Proizvodnja polimernih tvorevina</i> , vlastita naklada, Zagreb, 2004.

služaju obvezno ili izbornu. Cjelokupna europska gibanja omogućila su bitno proširenje suradnje s inozemnim ustanovama putem zajedničkih projekata. Došlo je do vrlo zapaženog proširenja *Laboratorija za preradu polimera* i posljedično do povišenog stupnja suradnje s gospodarstvom. Otvorena su i nova istraživačka područja poput brze proizvodnje tvorevina.

Doprinos *Katedre za preradu polimera* radu i razvoju današnjeg *Društva za plastiku i gumu* i časopisa *Polimeri* je nemjerljiv.

Osnivanjem usmjerenja *Prerada polimera* prije četrdeset godina pokrenut je pionirski i snažan razvoj nastavne, znanstvene, stručne i društvene aktivnosti na području proizvodnje plastičnih i gumenih tvorevina.

LITERATURA

1. Čatić, I.: *Polimeri i njihova prerada u nastavnom planu FSB*, Međunarodna konferencija o izobrazbi polime-

rijskih prerađivača, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1980, A27/1-11.

2. Čatić, I., Rujnić-Sokele, M.: *Zašto je precizna terminologija preduvjet za donošenje odluka*, 4. skup Tekstilna znanost i gospodarstvo, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2011., 55-59.

3. Čatić, I., Barić, G., Galić, K., Grancarić, A. M., Rogić, A., Rujnić-Sokele, M., Karavanić, I.: *Draft of the basic systematization of inorganic and organic macromolecular compounds*, ANTEC 2011, Society of Plastics Engineers, Boston, May, 1-4, 2011.

4. *Četrdeseta obljetnica usmerenja Prerada polimera*, Katedra za preradu polimera, FSB, Zagreb, 2011.