

Igor ČATIĆ, Gordana BARIĆ, <sup>1</sup>Nenad CVJETIČANIN, <sup>2</sup>Kata GALIĆ,  
 Damir GODEC, <sup>3</sup>Ana Maria GRANCARIĆ, <sup>4</sup>Ivan KATAVIĆ,  
<sup>5</sup>Tonka KOVAČIĆ, <sup>6</sup>Pero RAOS, <sup>7</sup>Ana ROGIĆ, Maja RUJNIĆ-SOKELE,  
<sup>8</sup>Nina VRANJEŠ, <sup>8</sup>Domagoj VRSALJKO, <sup>6</sup>Branka ANDRIČIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, <sup>1</sup>WOCO Bad Soden-Salmunster, SR Njemačka, <sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, <sup>3</sup>Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, <sup>4</sup>Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Rijeka, <sup>5</sup>Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, <sup>6</sup>Sveučilište J. J. Strossmayer, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, <sup>7</sup>Tehničko veleučilište, Karlovac, <sup>8</sup>Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb

## Polimeri – od prapočetaka do plastike i elastomera

ISSN 0351-187

UDK 678.4/.8

Autorski pregled / Author's review

Primljeno / Received: 8. 3. 2010.

Prihvaćeno / Accepted: 8. 11. 2010.

### Sažetak

Polazeći od filozofskih misli O. Spenglera i Aristotela, utvrđeno je da su polimeri prastari, jer sežu tamo do postanka osnovnih prirodnih organskih i anorganskih polimera. Istodobno je uočeno da se riječ *polimeri* učestalo upotrebljava kao zajedničko ime za plastiku i elastomere. Od osnovnih prirodnih organskih polimera: bjelančevina, nukleinskih kiselina i polisaharida dug je povijesni put. Taj se put pokušalo opisati dijagramom toka, tokovnikom. Za navedeni opis potrebne su brojne definicije, ali i motivacijska osnova. To je učinjeno u dodatcima A i B. Zaključak je istraživanja: praoblikovanje i prastrukturiranje prirodnih polimera staro je oko 3,5 milijardi godina, a humana obradba razdvajanjem oko 3,4 milijuna godina. Svatko tko se bavi polimerima trebao bi biti obrazovan na odgovarajućoj razini potrebnog znanja s razvijenim tokovnikom.

### KLJUČNE RIJEČI:

elastomeri  
 osnovni polimeri  
 plastika  
 polimeri  
 prirodne  
 umjetne  
 tokovnik

### KEYWORDS:

artefacts  
 basic polymers  
 elastomers  
 flow chart  
 plastics  
 polymer  
 products of nature

### Polymers – from the primeval beginning to plastics and elastomers

#### Summary

Based on the philosophic ideas of O. Spengler and Aristotle it has been determined that polymers are ancient since they reach back all the way to the origin of the basic natural organic and inorganic polymers. At the same time it has been noted that the word polymers is frequently used

as a common name for plastics and elastomers. Since the basic natural organic polymers: proteins, nucleic acids, and polysaccharides there is a long historical path. An attempt was made to present this path by means of a flow chart. For the mentioned description numerous definitions are required, as well as a motivating basis. This was done in Annexes A and B. The conclusion of the research is that primary shaping and primary structuring of natural polymers is around 3.5 billion years old and human separation with natural tools about 3.4 million years. Anyone involved in polymers should be educated at an adequate level of the necessary knowledge with the developed flowchart.

*Polimeri su prastari, ništa osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito jer sežu tamo do postanka osnovnih prirodnih organskih i anorganskih polimera.<sup>1</sup>*

### Uvod / Introduction

Svaka bi generacija trebala propitivati značenje temeljnih pojmova svoga područja rada i djelovanja. Za one koji se pretežno bave plastikom i elastomerima to su svi aspekti značenja definicije polimera. Je li se generacijski, kod odabranog pojma, zbilježio nešto bitno što mijenja sveukupnost njegova značenja?

Što su polimeri? *Polimeri* su skupno ime za prirodne i sintetske *polimerne tvari* (kemijski spoj sastavljen od makromolekula) i *polimerne materijale* kojih je osnovni sastojak sustav makromolekula, makromolekulni spoj, s *ponavljajućim* jedinicama (npr.<sup>2-4</sup>) koje svojim prostornim rasporedom mogu uvjetovati nastajanje određenih konfiguracija, odnosno konformacija.

Postoje organski i anorganski makromolekulni spojevi.<sup>5a</sup>

Pozornim čitanjem uočava se proširenost stvari i materijala koji zadovoljavaju navedeni kriterij o *makromolekulnim* spojevima s većim brojem *ponavljajućih* jedinica.<sup>3</sup>

Tekst je generacijsko propitivanje definicije polimera. Postoje brojni razlozi tom propitivanju, sa svrhom jasnijeg opisa posljedica produbljenijeg razumijevanja navedene definicije. Iz ove temeljne svrhe proizašao je metodologijski pristup istraživanju ovog pojma. Rezultati istraživanja pretvoreni su u dijagram toka (e. *flow chart*), tokovnik, od stvaranja prvih makromolekulnih spojeva do njegova vrška, sintetske plastike i elastomera. Iz tokovnika proizlaze važni poticaji za suvremeno poučavanje polimerâ na svim razinama i cjelokupnog pučanstva.

Konačno, treba naglasiti da je rad kolektivno djelo velikog broja autora koji su sudjelovali u njegovu stvaranju i time prihvatili predloženi tokovnik.

<sup>a</sup> K. Adamić u<sup>6</sup> upozorava na nepreciznost pojmova organski i anorganski (neorganski). Primjerice, voda je anorganski spoj, pa kako živa bića sadržavaju velike količine (do 90 %) vode, ona su po svom sastavu pretežno anorganska.<sup>6</sup>

## Poticaji za preispitivanje / Motivations for re-examination

Poticaji za ova promišljanja su brojni i nemoguće ih je detaljnije objašnjavati.

U najširoj javnosti, ali i među vrlo upućenima, često se poistovjećuje naziv *polimeri s plastikom*.<sup>4</sup> To vodi, osobito sa sintetskom plastikom, do zaključka da su polimeri stari stotinjak godina. To je dokaziv zaključak, međutim u suprotnosti je s uvodnim citatom o prastarosti polimera. Stoga treba razgraditi to poistovjećivanje, odnosno treba naglasiti da se iz praktičnih razloga tada radi o sužavanju pojma *polimeri*.

U radu<sup>7</sup> objašnjeni su neki od razloga promišljanju tokovnika izradbe prirodnih i sintetskih polimera od makromolekulnih spojeva do plastike i elastomera.

Sažeto, proučavanje globalizacije gume i plastike potaknulo je uočavanje prvoga materijalnoga globalizacijskog puta, onoga kamenih alata. Nametnulo se pitanje što se obrađivalo tim kamenim alatima. Prema arheološkim nalazima, prirodni makromolekulni materijali su drvo, bjelokost i sirova koža.<sup>5</sup> Drvo je biljnoga, a bjelokost i sirova koža životinjskog podrijetla.

Jedan od poticaja je Spenglerova teza o starosti tehnike<sup>8</sup> koja je dovela do koncepta opće tehnike.<sup>9</sup> Ključni poticaj je svakako Algerova definicija biopolimera,<sup>10</sup> koja je među ostalim potaknula pitanje od kada postoji praoblikovanje i razdvajanje polimera. Za to je potrebna i potpora filozofskih spoznaja.

To su neki od poticaja da se načini tokovnik razvoja polimera od atoma i molekula do plastike i elastomera. Pritom se mora uzeti u obzir da se danas mnoge prirodne tvari i materijali prave uzgajanjem ili umjetnim sintezama.

## Teškoće sistematizacije razvoja polimera od atoma i molekula do plastike i gume / Difficulties in possible systematisation of polymers from atoms and molecules to plastics and cross-linked rubber

U ranijoj fazi rada na ovom tekstu nametala se riječ *sistematizacija*. Zbog brojnih teškoća pri uporabi riječi *sistematizacija* i njezinih izvedenica<sup>6</sup> odlučilo se za prikaz dijagramom toka, tokovnikom razvoja polimera.

Uporaba riječi *sistematizacija* pretpostavlja čvrste kriterije. Već je sporna uporaba riječi *materijal* i *tvorevina*. Primjerice, u pravilu upotrebljava se naziv *kompozitni materijal*, pri čemu se zapravo misli na tvorevinu načinjenu od tog materijala (primjer: staklom ojačani poliesterski brod). Usporedba materijala moguća je uz uvjet da se svojstva određuju pri potpuno identičnim ispitnim uvjetima. To uključuje i *istost* oblika ispitka, a time se ukida utjecaj geometrije oblika tvorevine. Stoga se u nastavku upotrebljava riječ *polimeri* u smislu materijala, ako se drukčije ne naglasi. Dvojbene su pojmovi *organski*, *anorganski*. Je li dovoljno precizan pojam *priroda*, a osobito *kultura*?<sup>c</sup> Što znači sintagma *opća tehnika*?

Kako sistematizirati polimere? Mogući su, primjerice, kriteriji za materijale: kemijska struktura, fizička struktura, uključujući dinamiku strukture, kombinirana kemijsko-fizička struktura i fizičko-kemijska svojstva.<sup>6</sup> Materijali bilo koje razine nastaju proizvodnim postupcima, odnosno procesima povezivanja pri čemu se praoblikuje tvorevina određene prastrukture. Prilika je to da se iskoriste i spoznaje iz teksta<sup>9</sup> o revolucionarnom potencijalu razvoja materijala, a samo inovativnom proizvodnih postupaka i proizvoda.

<sup>b</sup> U engleskom se značenjski razlikuju *skin* i *leather*. U hrvatskom nema različitih naziva. Zato se u smislu *skin* upotrebljava *sirova koža*, a *leather* je *štavljena koža* ako je riječ o koži organskog podrijetla.

<sup>c</sup> Na neke nejasnoće upozoreno je u<sup>6</sup>, što je obrađeno u dodatku A.

Stoga se čini za potrebe obrazovanja i komunikacije s najširoj javnosti primjerenijim načiniti tokovnik za polimere polazeći od definicije da su polimeri makromolekulni spojevi s ponavljajućim jedinicama.

## Koncept opće tehnike / Concept of general technology

Postoji više poticaja za razvoj koncepta opće tehnike kao sintagme koja obuhvaća prirodnu tehniku i umjetnu tehniku. To su, među ostalim, Spenglerova misao o općenitosti tehnike<sup>8</sup> i Deegeov koncept fraktalne tehnike.<sup>11</sup> Za razumijevanje koncepta opće tehnike nužno je navesti definicije nekih često rabljenih naziva.

Glavoviti njemački filozof O. Spengler još je 1931. u svom djelu *Čovjek i tehnika* napisao: *Tehnika je prastara, ništa osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito jer seže preko čovjeka daleko natrag u život životinja, i to svih životinja*.<sup>8</sup>

U svom članku *Fraktologija tehnike* njemački filozof M. Deege iznio je dva bitna stajališta. *Biološko opredmećivanje i ljudsko (tehničko) ostvarivanje podvrgnuto je istim procesima nastajanja i optimiranja i tehnika nije odijeljena od prirode. Pritom postoji zajedništvo tehničkih i bioloških funkcionalnih jedinica, one služe cjelini. Priroda i tehnika<sup>d</sup> pripadaju jednom te istom razvojnog procesu, budući da su sva njihova svojstva sustavno osnovana*.<sup>11</sup>

## Nužna terminologija / Necessary terminology

O smislenosti uvodno navedene definicije polimera svjedoče brojni literaturni izvori.<sup>2-4</sup>

Postoje tri osnovne skupine organskih makromolekulnih spojeva koje zadovoljavaju kriterij pripadnosti polimerima. To su bjelančevine, nukleinske kiseline i polisaharidi.<sup>12</sup>

U neorganskom svijetu postoje brojni makromolekulni spojevi. Neki od njih mogu se smatrati anorganskim polimerima. Mogu biti mineraloški, poput stakla, ili anorganski polimeri: poli(sumpor-nitridi), poli(ditrifluoretoksifosfazen), borazin (anorganski benzen) itd.<sup>13</sup>

## Nema bezoblične materije / There is no matter without form

Neki temeljni pojmovi definirani su u dodatku A. Zbog nužnosti navodi se na ovome mjestu djelomična definicija materije. Materija je sve što ima masu i zauzima fizički prostor.<sup>14</sup>

Potrebno je naglasiti da postoji odnos forme (oblika) i materije. Na temelju više izvora moguć je zaključak: forma je uvijek prva, općenito i u svakom pojedinom slučaju. U svakom pojedinom slučaju materija kojoj se daje određena forma već ima neku formu. Sasvim općenito, materiju se nikada ne može naći bez ikakve forme (npr.<sup>15</sup>). Ta je zamisao povezana s Aristotelom.<sup>e</sup>

To rezultira važnim zaključkom: stvaranje forme, praoblikovanje, ali i prastrukturiranje prethodi nastajanju svake razine materije.

## Definicija opće tehnike / Definition of general technology

Na temelju tih poticaja, fraktalne raščlambe zbivanja u prirodi i kulturi, započelo se 1999. razvijati koncept opće tehnike.<sup>16,17</sup>

Pokazalo se nužnim definirati pojam opće tehnike. Definicija opće tehnike načinjena je na temelju poticaja iz<sup>8,11</sup> i definicije tehnike u<sup>18,19</sup>.

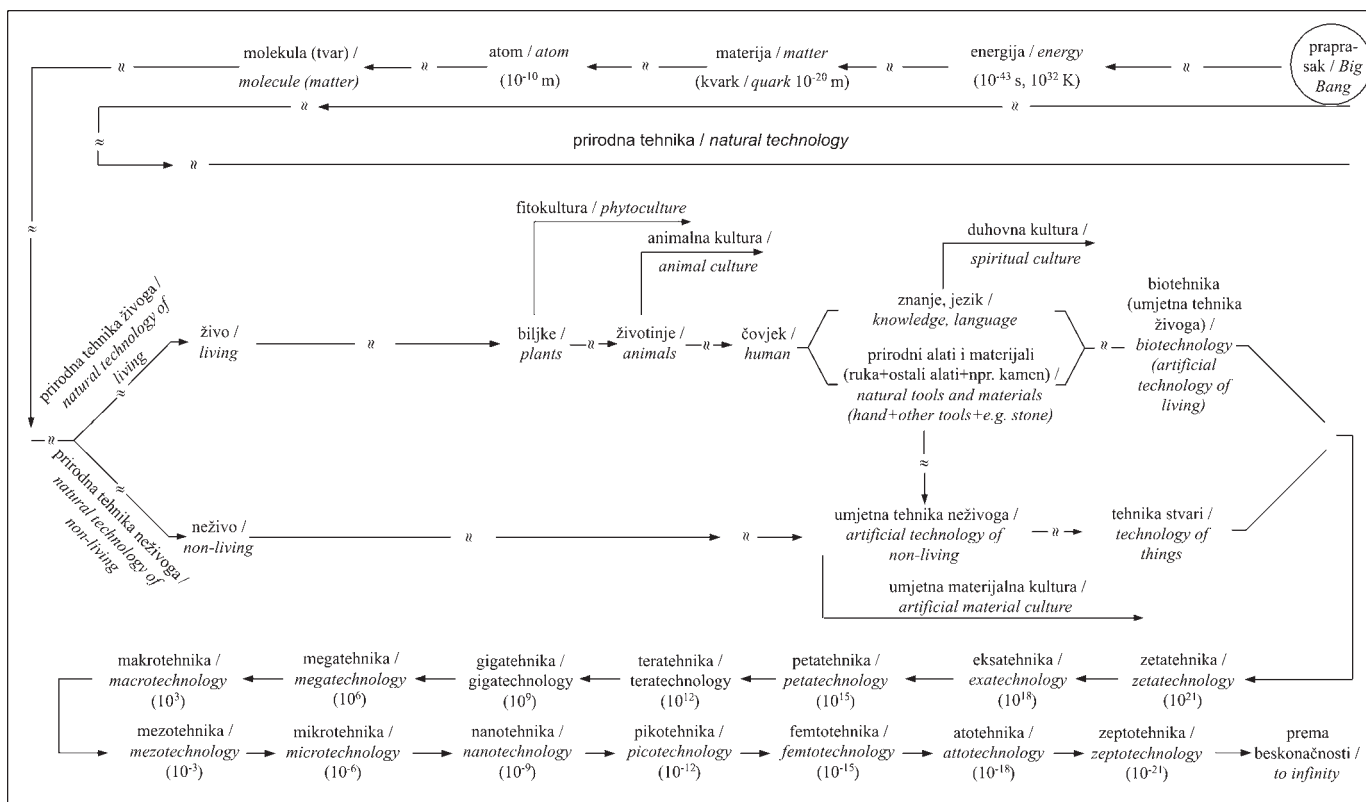
Prema Ropohlu, neživo nastalo u prirodi postupcima i procesima tipičnima za prirodnu tehniku je prirodna, f, a što je stvorio čovjek je umjetnina<sup>21,1.g</sup>. U tom slučaju moguće je definirati opću tehniku kao:<sup>21,22</sup>

<sup>d</sup> Definicije prirode i tehnike navedene su u dodatku A.

<sup>e</sup> W. Jaeger smatra da je upravo nauk o formi najveći Aristotelov doprinos zapadnoj kulturi.<sup>16</sup>

<sup>f</sup> Naziv *prirodnina* propisan je za proizvode pridobivene iz prirode, poput nafte, prirodnog plina ili ugljena, u *Zakonu o zaštiti okoliša* iz 2003.<sup>20</sup>

<sup>g</sup> Ropohl za *prirodninu* upotrebljava riječ *predmet* (nj. *Ding*), a za *umjetninu* (artefakt) riječ *stvar* (nj. *Sache*).<sup>18</sup>



SLIKA 1 - Od praprasaka do beskonačnosti (verzija 2010.)

FIGURE 1 - From Big Bang to infinity (version 2010)

- I. skup uporabnih živih i neživih prirodnina, uzgojina, neživih umjetnina (sintezina i ostalih) i tehničkih sustava
- II. skup djelovanja i uređaja u kojima nastaju prirodne, uzgojne, sintezine i tehnički sustavi stvari
- III. skup djelovanja tijekom kojih se upotrebljavaju živo, neživo i tehnički sustavi stvari.

Želi li se ispuniti točku I iz definicije opće tehnike, mora postojati skup djelovanja i uređaja u kojima nastaju prirodne, uzgojne, nežive umjetnine i tehnički sustavi stvari (točka II). Skup djelovanja moguće je nazvati tehničkim postupkom, a uređaj tehničkom tvorevinom. Primjer tehničkog postupka je bušenje (npr. ljudske lubanje, drvene grede ili plastične ploče). Za to je potrebna tehnička tvorevina (stroj), npr. bušilica, a sredstvo djelovanja je alat, u ovom slučaju svrdlo.

Postavljaju se dva pitanja: kada je stvorena prva materija i kada su nastali prvi organski makromolekulni spojevi? Razmatranje stvaranja viših razina materije koje započinje kvarkovima i gluonima do razine atoma i molekula prelazi mogućnosti ovog teksta.

Za određivanje početka vremena proizvodnje prvih organskih makromolekulnih spojeva bitna je prva rečenica Algerove definicije biopolimera.<sup>10</sup> *Biopolimer (prirodni, op. a. organski, polimer) proizveden<sup>h</sup> je biosintezom u prirodi, kao suprotnost sintetskom polimeru načinjenom ljudski kontroliranom polimerizacijom.*<sup>10</sup> Nastajanje tvorevina sintezom je reakcijsko praoblikovanje i prastrukturiranje na molekularnoj razini. Odgovor na pitanje kada su nastali organski makromolekulni spojevi vjerojatno još nitko ne zna. Vjeruje se da su nastali s prvim životom, pred kojih 4 do 3,5 milijardi godina.<sup>23</sup>

<sup>h</sup> Upozorava se na ispravnost riječi *proizveden* (*produced*, moguće je i izraz *fabricated*), što pretpostavlja stvaranje tvorevine više razine postupcima reakcijskog praoblikovanja i prastrukturiranja na molekularnoj razini.

Navedeno razdoblje pokazuje opravdanost da se opiše koncept opće tehnike od praprasaka (velikog praska) do beskonačnosti.

### Od praprasaka do beskonačnosti / From Big Bang to infinity

U tom konceptu polazi se od definicije opće tehnike koja se dijeli na prirodnu tehniku (naturu) i umjetnu, čovjekovu tehniku (kulturu). Rezultat djelovanja u prirodnoj tehnici je priroda, sve nastalo bez djelovanja čovjeka. U umjetnoj tehnici stvara se znanjem i voljom čovjeka.

Slika 1 prikazuje koncept opće tehnike. Riječ je o usavršenoj inačici izvorno objavljene slike u<sup>9</sup>. Usavršena inačica koncepta sadržava dva poboljšanja.

Potica da se na slici 1 zrcalno prikažu tehnike s apsolutno istim eksponentom različitih predznaka (npr. gigatehnika, 10<sup>9</sup>, i nanotehnika, 10<sup>-9</sup>) potječe iz rasprave W. Brostowa na skupu u Pragu.<sup>24,25</sup>

Novouneseni postupci praoblikovanja i preoblikovanja rezultat su istraživanja u sklopu projekta *Primjena opće sustavosne teorije u općoj tehnici*.<sup>26</sup> Njihovo unošenje bit će objašnjeno u daljnjem tekstu.

### Proizvodi opće tehnike / Products of general technology

Na slici 1 vidljiv je put prve materije, kvarkova i gluona, atoma i molekula do živih i neživih prirodnina. Od molekula nastaju živi i neživi makromolekulni spojevi. Pretežni dio tih makromolekulnih spojeva jesu polimeri, ali sve makromolekulne tvari i materijali nisu ujedno i polimeri. Slično je i s mineralima; samo dio njih su prirodni anorganski polimeri, geopolimeri.<sup>j</sup> Među ostale geološke tvari i materijale ubrajaju se metali.

<sup>i</sup> Danas prevladava mišljenje o prihvatljivosti teorije o praprasaku, što neki osporavaju. Za prikaz razvoja opće tehnike to je nebitna podrobnost.

<sup>j</sup> Riječ *geopolimeri* prvi je upotrijebio Davidovits<sup>27,28</sup> sedamdesetih godina prošlog stoljeća za klasu sintetskih aluminosilikata.<sup>29</sup>

Slika 2 prikazuje tokovnik od opće tehnike do proizvoda prirode i kulture.

Prirodnine mogu biti žive i nežive, a proizvodi kulture živo (uzgojene biljke i životinje) i neživo, proizvodi načinjeni od materijala koji su rezultat određenih reakcija (npr. sintezine su proizvodi reakcija sinteze).

Razine od *n* do *n-2* vrijede općenito i nisu nužno povezane s polimerstvom.

**Polimeri u konceptu opće tehnike / Polymers in general technology concept**

Temelji razvoja polimera u konceptu opće tehnike su Spenglerova misao o starosti tehnike<sup>8</sup> i početni dio Algerove definicije biopolimera.<sup>10</sup>

Povezivanjem Algerove definicije biopolimera i citirane Spenglerove misli o starosti tehnike proizašla je parafraza. *Polimeri su prastari, ništa osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito jer sežu tamo do postanka osnovnih prirodnih organskih polimera, bjelančevina, polisaharida i nukleinskih kiselina te anorganskih prirodnih polimera, geopolimera, poput gline.*<sup>1</sup> Time je početak proizvodnje polimera pomaknut u najraniju prošlost razvoja prirodne tehnike.

Kako prirodna tehnika prethodi umjetnoj tehnici, slijedi zaključak da su najprije nastali prirodni polimeri, organski polimeri (biopolimeri) i prirodni anorganski polimeri (prirodni geopolimeri), a zatim su slijedili proizvedeni, umjetni polimeri, načinjeni od prirodnina ili uzgojina.

**Razlikovnost prirodnoga i uzgojenoga / Difference of natural and planted**

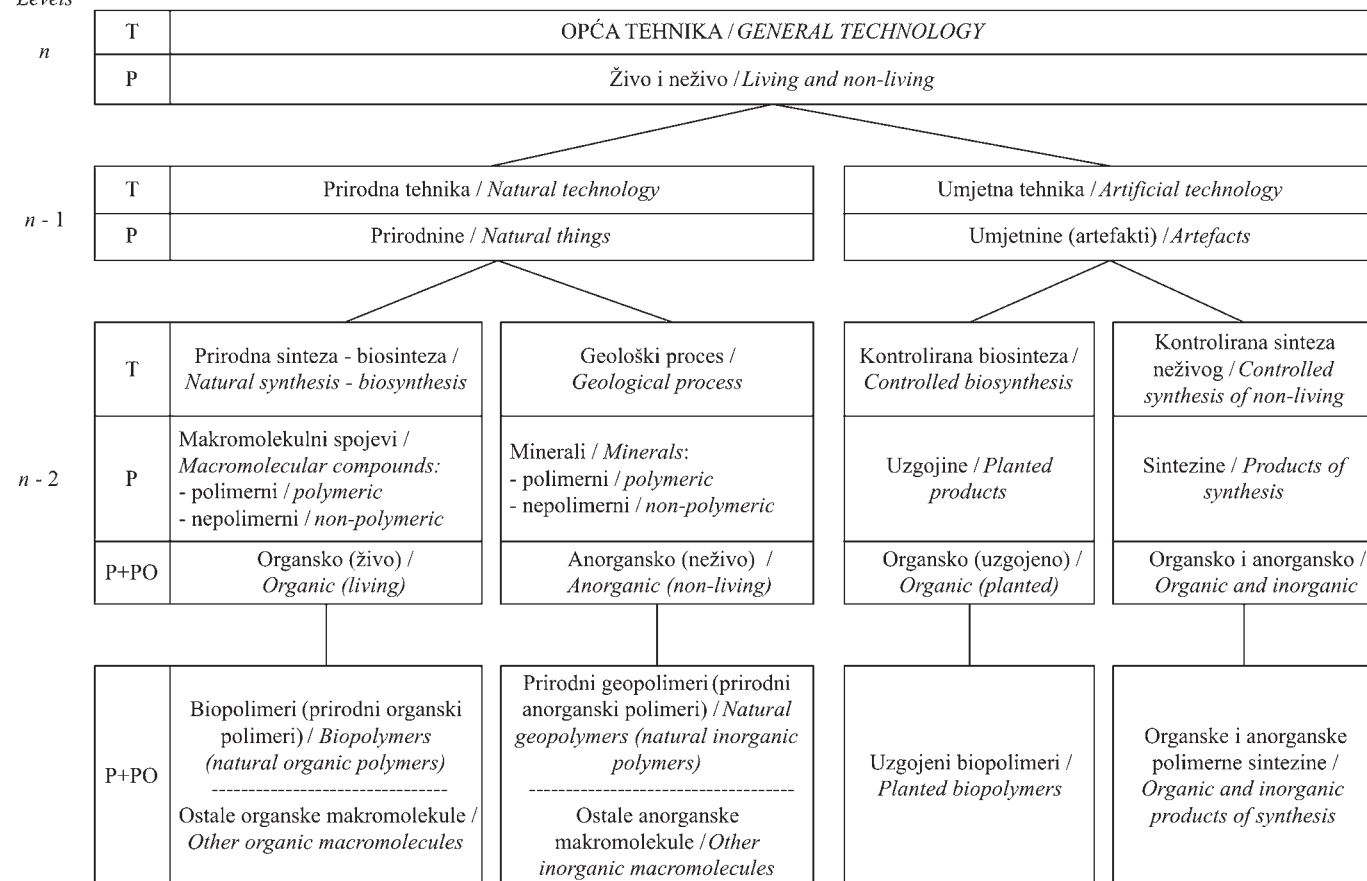
Za razradbu tokovnika makromolekulnih tvari i materijala potrebna je još jedna podjela. Sve živo može biti prirodno, proizvod prirode, prirodina, ili uzgojeno, znanjem i radom čovjeka, uzgojina. Ta se razlika pretežno, svjesno ili nesvjesno, ne uočava. Proizvode prirode često se naziva divljima (*divlji kesten, divlja svinja*), dok se uzgojine proglašava prirodnima.

**Biopolimeri / Biopolymers**

Polazeći od navedenoga razmotrena je postojeća podjela prirodnih organskih polimera, biopolimera prema Algeru. Alger je napisao da su tri osnovne skupine biopolimera: polisaharidi, bjelančevine (proteini) i nukleinske kiseline, a manje važni su prirodni kaučuk i lignin.<sup>10</sup> U tekstu<sup>30</sup> piše: *Na pitanje što su to biopolimeri, Alger bi odgovorio: To su polimeri nastali biosintezama u prirodi. Ratner je naveo tri glavne skupine biopolimera: bjelančevine koje ga podsjećaju na komplicirane poliamide, polimerizirane monosaharide, polisaharide i polimerizirane nukleotide, polinukleotide (npr. nukleinske kiseline).*<sup>30</sup> *Kod polinukleotida kao primjer bila je navedena DNK. (Op. a. Ratner nije spominjao prirodni kaučuk, lignin i ostale eksudate biljaka i drveća.)*

Uočeno je, lignin i prirodni kaučuk nisu sporedni polimeri, kako to navodi Alger.<sup>10</sup> Oni su druge razine s obzirom na osnovne biopolimere. U proučavanju se pošlo od koncepta razvoja opće tehnike od *prapraska*

Razine / Levels



SLIKA 2 - Proizvodi opće tehnike: T - tehnika ili postupak, P - proizvod, PO - podrijetlo  
 FIGURE 2 - Products of general technology: T - technology or process, P - product, PO - origin



(velikog praska) do *beskonačnosti*.<sup>9</sup> Do zaključka da *lignin i prirodni kaučuk nisu sporedni polimeri* došlo se s pomoću zakonitosti sustavnosne teorije.<sup>31,26</sup>

### Geopolimeri / Geopolymers

Smisleno je upotrijebiti riječ *geopolimeri* za prirodne anorganske polimerne tvari čije je osnovno strukturno obilježje homopolarna međupovezanost između multivalentnih elemenata uz praktičnu odsutnost ugljika (slika 2).

Primjeri prirodnih geopolimera koji zadovoljavaju navedeni uvjet su, među ostalim, liskun (tinjac), glina,<sup>k</sup> milovka (talk), zeoliti, dijamant, grafit, azbest<sup>l</sup> i slične tvari.<sup>32,33,6</sup>

### Sintetska plastika i elastomeri / Synthetic plastics and elastomers

Od prirodnina ili uzgojina i neživih tvari moguće je proizvesti kemijski modificiranu plastiku i elastomere: gumu i elastoplastomere.

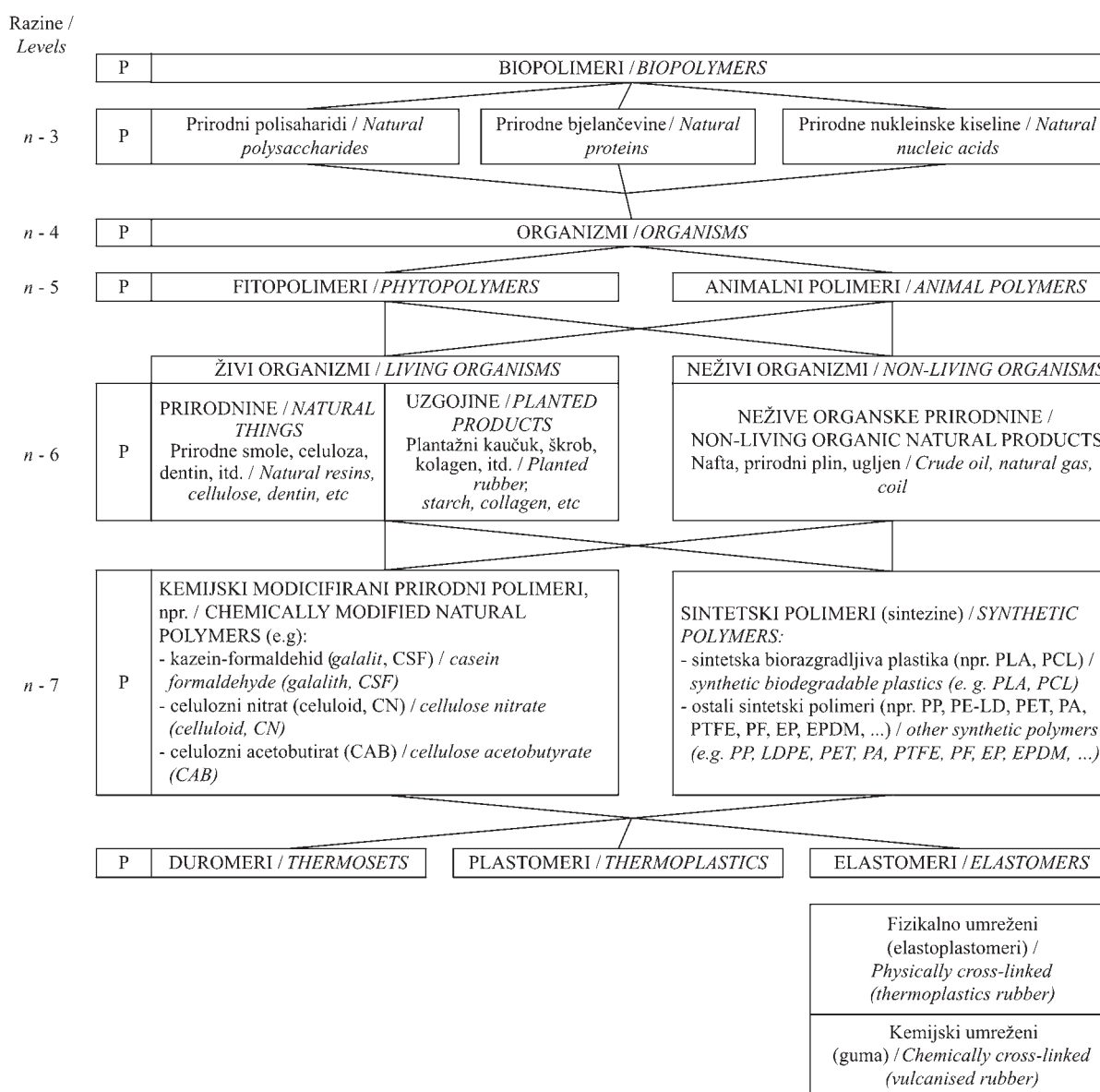
### Od biopolimera do plastike i elastomera<sup>m</sup> / From biopolymers to plastics and elastomers

U izradbi ovog dijela tokovnika upotrijebljen je Algerov iskaz da su tri osnovne skupine biopolimera (osnovnih biopolimera): polisaharidi, bjelančevine (proteini) i nukleinske kiseline<sup>10</sup>, što je iskorišteno na slici 3, razina *n-3* s obzirom na razinu *n* – opća tehnika (slika 2). Od atoma i molekula do stvaranja biopolimera moglo je doći reakcijskim praoblikovanjem (stvaranje forme sintezom).

### Organizmi / Organisms

Od navedenih osnovnih biopolimera nastaju žive prirodine koje mogu biti *mikroorganizmi* (makromolekulne tvari) i *makroorganizmi* (makromolekulni materijali): biljke i životinje (slika 3, razina *n-4*).

Postoje prirodni i uzgojeni (za biotehnoške procese) mikroorganizmi. Mikroorganizmi su vrlo različiti i uključuju među ostalim bakterije, gljivice, mikroskopske biljke (zelene alge) i mikroskopske životinje poput



SLIKA 3 - Od osnovnih biopolimera do plastike i elastomera

FIGURE 3 - From basic polymers to plastics and elastomers

<sup>k</sup> Glina je ruda koja se sastoji od više vrsta glinenih (montmorilonit, ilit, kaolinit...) i neglivenih (kvarc, glinenac...) minerala.

<sup>l</sup> Zbog štetnosti azbest je danas zabranjena tvar.

<sup>m</sup> Uobičajena je sintagma *plastika i guma*. P. Raos predložio je da se uvede sintagma *plastika i elastomeri* koji mogu biti guma (kemijski umreženi kaučuci) i elastoplastomeri (fizikalno umreženi kaučuci).

planktona, ameba i treptaša.<sup>32</sup> Izgrađeni su uglavnom od bjelančevina i polisaharida. Mikroorganizmi poput bakterija, algi i gljivica mogu se među ostalim iskoristiti za sintezu ili razgradnju biorazgradljive plastike.<sup>34,35</sup>

U osnovi postoje dvije osnovne skupine polimera u makroorganizmima. To su fitopolimeri (biljke), i animalni polimeri (životinje).<sup>35</sup> Kao poseban oblik animalnih makroorganizama smatraju se ljudi.<sup>35</sup>

Sve navedene vrste biopolimera mogu biti prirodne (npr. prirodne smole, celuloza itd.) ili uzgojne (npr. plantažni kaučuk, škrob, domaće životinje).

Biljke i životinje nakon određenog razdoblja ugibaju i pretvaraju se u neživo (slika 3, n-6). Od neživog su tijekom vrlo dugog razdoblja nastale nežive organske prirodne, nafta, prirodni plin i ugljen (fosilna goriva), ali i jantar.

### Organski i anorganski polimeri / Organic and inorganic polymers

Postoje različite klasifikacije/podjele polimera. Ovdje se nametnula podjela polimera na prirodne polimere (biopolimere i prirodne geopolimere) i umjetne polimere (kemijski modificirane prirodne polimere i sintetske polimere).

### Prirodni organski polimeri / Natural organic polymers

Kao rezultat djelovanja u sklopu prirodne tehnike, prirodni polimeri prethode kemijski modificiranim prirodnim polimerima i sintetskim polimerima.

### Osnovni prirodni organski polimeri / Basic natural organic polymers

Već je navedeno da su osnovni biopolimeri prirodni polisaharidi, bjelančevine i nukleinske kiseline.<sup>10</sup> Zbog brojnih razloga, npr. nedovoljnih količina ili za potrebe istraživanja osnovnih biopolimera, pristupilo se njihovoj proizvodnji. To definicijski znači da je riječ o umjetnim organskim polimerima ili *polimerima identičnim prirodnima*.

### Prirodni i sintetizirani biopolimeri / Natural and synthesized biopolymers

Ključni problem usustavljenja polimera potječe iz činjenice da se u dosadašnjim sistematizacijama nije jasno odvojilo osnovne prirodne polimere od ostalih polimera i nije se izriekom navelo što nastaje od tih polimera.

Slika 4 prikazuje neke od biomakromolekulnih tvari koje sadržavaju fitopolimeri te animalni i humani polimeri. Pri izradbi slike 4 korišteni su brojni izvori, od kojih se navode tri.<sup>36-38</sup>

Mogući zaključci o važnosti slike 4 za obrazovanje na svim razinama navedeni su u dodatku B.

### Neke primjene fitopolimera i animalnih polimera / Some applications of phytopolymers and animal polymers

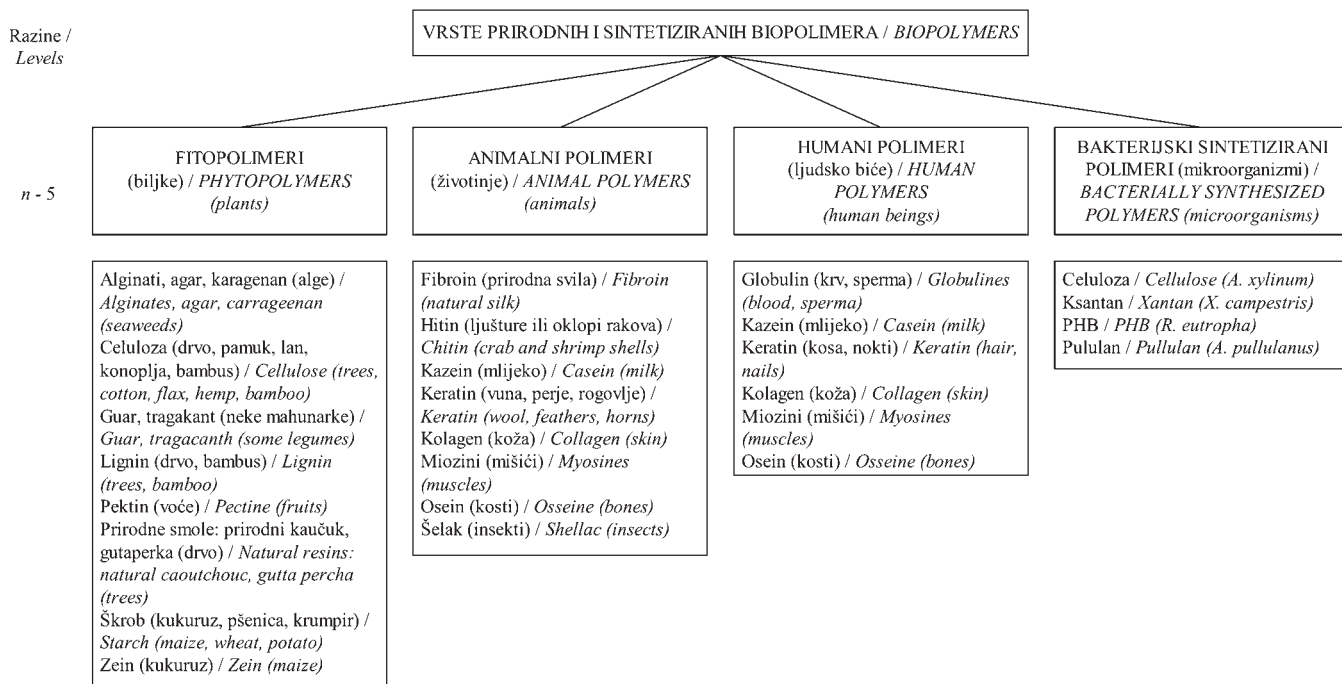
Slika 5 prikazuje neke primjene dijela fitopolimera i animalnih polimera.

### Sintetski anorganski polimeri<sup>a</sup> / Synthetic inorganic polymers

Neki od anorganskih sintetskih polimera jesu:<sup>6,40</sup>

- polifosfazeni i slični polimeri: poli(karbo-fosfazeni), poli(tiofosfazeni), poli(tionilfosfazeni)
- polisilikati
- polisiloksani
- polisilani
- polisilazani
- polimerni sumpor i selenij
- polimeri koji sadržavaju arsen, kositar i aluminij, bor, germanij
- poli(vinil-feroceni)
- polisulfidi itd.

<sup>a</sup> Prema IUPAC-ovim preporukama (2007.) anorganski polimeri su polimeri ili *polimerne mreže* čija skeletna struktura ne sadržava atome ugljika.<sup>39</sup>



SLIKA 4 - Vrste biopolimera (temeljeno na izvorima<sup>36-38</sup>)

FIGURE 4 - Sorts of biopolymers (based on references<sup>36-38</sup>)

## Podjela polimera prema kemijskom sastavu i podrijetlu / Classification of polymers according to chemical composition and origin

Prema *postanku* polimeri mogu biti prirodni (biopolimeri i prirodni geopolimeri) i umjetni (kemijski modificirani prirodni polimeri i sintetski, organskoga i anorganskog podrijetla).

Prema *kemijskom* sastavu polimeri mogu biti *organski* (npr. PS, PF, EPDM) ili *anorganski* (npr. silikonski kaučuk). Postoje i mješoviti polimeri. To su *anorgansko-organski*<sup>o</sup> polimeri (npr. poli(organosiloksani)) i *organsko-anorganski* polimeri (npr. polidiacetilen (PDAs)-lipid).<sup>41-43</sup>

## Proizvodnja umjetnih polimera / Fabrication of artificial polymers

Dvije su glavne skupine umjetnih polimera (npr.<sup>44</sup>):

- kemijski modificirani prirodni polimeri
- sintetski polimeri.

Prema ponašanju pri povišenim temperaturama dijele se na tri osnovne skupine: duromere, plastomere i elastomere: kemijski umrežene, gume i fizikalno umrežene, elastoplastomere<sup>44</sup> (slika 3, razina *n-7*).

Slika 3 prikazuje i tokovnik proizvodnje navedenih polimera od razina *n-5* do *n-7*. Iz slike je moguć zaključak: ono što se prošireno razumijeva pod nazivom *polimeri* tek je na razini *n-7*. Stoga stoji tvrdnja da je obuhvaćanjem samo kemijski modificiranih prirodnih polimera i sintetskih polimera pod nazivom polimeri, ponešto prenaplaštena uporaba

<sup>o</sup> U duhu hrvatskog jezika *anorgansko-organski* znači da preteže (važnija je) organska sastavnica polimera, i obrnuto.

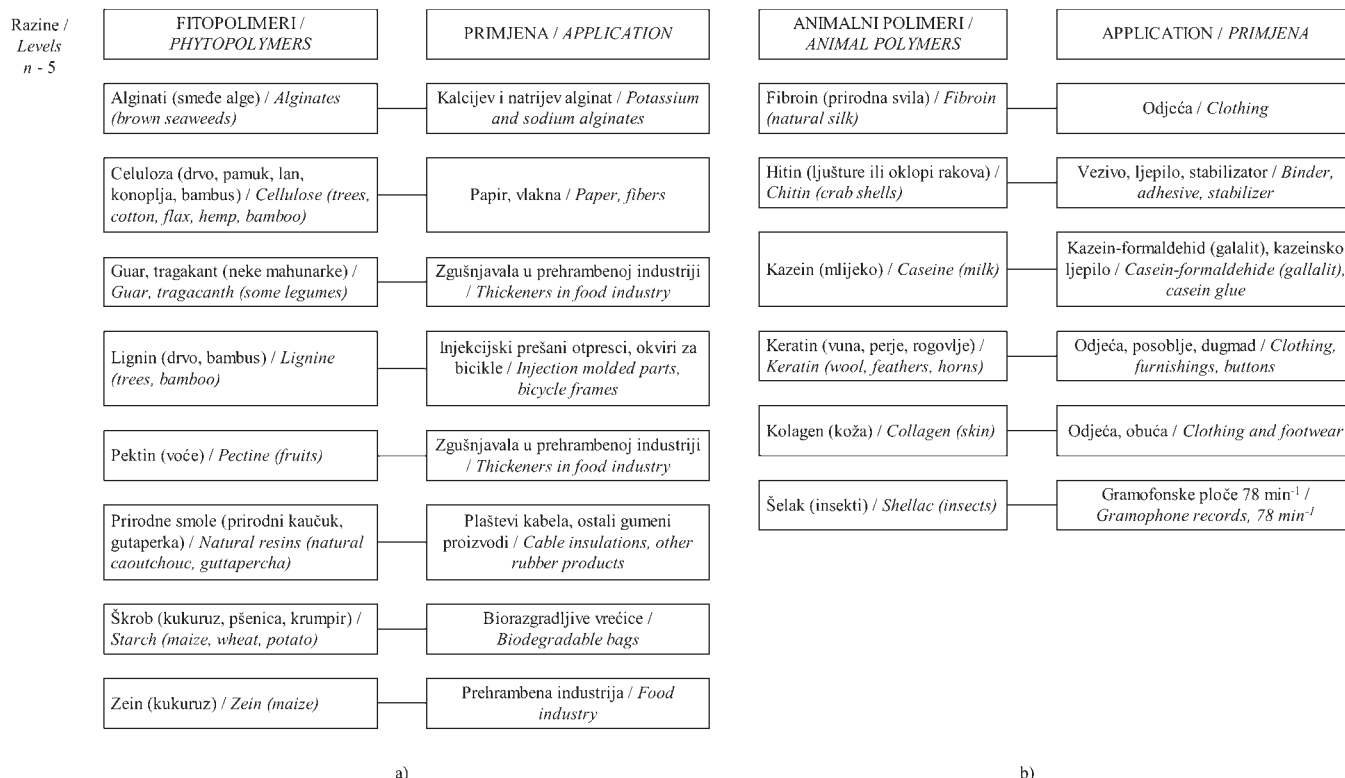
riječi *polimeri*. To nameće i području stručne literature ponešto drukčiji, prošireniji pristup polimerima. U nastavi s područja plastike i gume trebalo bi protumačiti tokovnik polimera u cijelosti i naglasiti da će se u nastavku izlaganja pod polimerima praktički razmatrati samo razina *n-7*. To ne bi bilo ništa neuobičajeno. Primjerice, pojam *kultura* u svakodnevici upotrebljava se za djelatnosti na razini *n-3* (dodatak A).

## Zaključak / Conclusion

Provedena raščlamba pokazuje da je uobičajena uporaba riječi *polimeri* kao zajedničkog imena za plastiku i elastomere (guma i elastoplastomere) načinjenih postupcima kemijskog modificiranja prirodnih polimera i sintezom ponešto prenaplaštena i da je to uporaba te riječi u užem smislu. Zbog brojnih razloga treba pazljivo prikazati makromolekulne tvari i materijale. U prvom redu radi sveobuhvatnog obrazovanja novih naraštaja i sadržaja stručnih časopisa.

Istodobno se nameće jedna druga zamisao. Praktički postoji samo jedna klasifikacija proizvodnih postupaka (norme *DIN 8580*).<sup>45</sup> Ona je nepotpuna, zapravo je usmjerena na izradbene postupke. Nedostaju neki bitni elementi za bolji opis upravo proizvodnje plastičnih i elastomernih tvorevina koji bi uzeli u obzir posebnosti, npr. reakcijsko praoblikovanje. Poboljšana klasifikacija prema *DIN 8580*, i to na najopćenitijoj razini, objavljena je u<sup>44</sup>. Bilo bi vrlo korisno s motrišta sve prisutnijeg trenda ugledanja umjetne tehnike na prirodnu tehniku te povezivanja umjetne tehnike živoga (biotehnike) i tehnike stvari (neživoga) razraditi opis prirodne tehnike na temelju usavršene norme *DIN 8580*.<sup>45</sup>

Konačno, predlaže se obnova barem doktorskoga interdisciplinarnog studija u području makromolekulnih znanosti, što bi bilo važno za daljnji razvoj tih znanosti u Hrvatskoj.<sup>46</sup>



SLIKA 5 - Primjena: a - fitopolimera, b - animalnih polimera

FIGURE 5 - Application: a - phytopolymers, b - animal polymers

## Dodatak A - Definicije temeljnih pojmova / Addendum A - Definitions of basic terms

Igor ČATIĆ, Gordana BARIĆ, Damir GODEC,  
Ivan KATAVIĆ, Tonka KOVAČIĆ, Ana ROGIĆ,  
Maja RUJNIĆ-SOKELE

### Kultura / Culture

Postoji vrlo velik broj definicija kulture. U tekstu<sup>47</sup> temeljnom se definicijom kulture smatra ona britanskog antropologa E. B. Tylora. *Kultura je kompleks cijelog koji obuhvaća znanje, vjeru, art (umjetnost, umijeće, vještina, tehnika, obrt, zanat), moral, zakone, običaje i sve ostale sposobnosti i navike koje je stekao čovjek kao pripadnik društva.*<sup>48</sup> Tumačeći značenje najvažnijih karakteristika navedene definicije, u nastavku piše: *može se raditi i o napravama poput pluga, dakle i o oruđu (op. a. sredstvo djelovanja, tehnika).*

Sintetska definicija kulture u *Enciklopediji LZMK* glasi: *Lat. kultura znači: gajenje, obrađivanje, usavršavanje, njegovanje i oplemenjivanje.*<sup>49</sup> Može se pridodati i uljudivanje. Kultura je, dakle, stvorena voljom i znanjem čovjeka, kao rezultat djelatnosti opisanih u navedenoj definiciji.

Kulturu je moguće podijeliti na različite načine, ovisno o kriterijima podjele. Prosudi li se s pomoću kriterija Ropohlove morfološke sistematike,<sup>18a</sup> kultura posjeduje obilježja stvorenoga, umjetnog sustava. Postoje tri podsustava sustava kultura. To su fitokultura, animalna kultura i humana kultura.

U definiciji *LZMK* u nastavku piše: *U prvom značenju (op. a. humana) kultura je skupnost materijalnih i duhovnih vrijednosti koje je stvorio čovjek u svojoj društveno-povijesnoj praksi... Kulturu sačinjavaju dva međusobno povezana područja: materijalna kultura koju čine sredstva za proizvodnju i ostale materijalne tvorevine te duhovna kultura kao ukupnost rezultata znanosti, umjetnosti, filozofije, morala, običaja itd.*

Razine kulture jesu:<sup>50</sup>

- kultura, razina *n*
- fitokultura, animalna kultura i humana kultura, razina *n-1*
- humana kultura: materijalna kultura i duhovna kultura, razina *n-2*
- duhovna kultura: umjetnost, književnost, znanost i sl., razina *n-3*.

### Kulturologija / Culturology

Znanost o kulturi je kulturologija, a pripadni odnosni pridjev je kulturološki.<sup>47,50</sup>

### Materija / Matter

Objektivna realnost koja postoji neovisno o spoznaji o njoj je materija. Fizička polja (npr. elektromagnetno polje), elementarne čestice (kvarkovi) i kompliciranije čestice (atomi) ili tvari različiti su oblici materije. Materija je sve što ima masu i zauzima fizički prostor. Zapravo, materija je filozofski pojam; treba izbjegavati njegovu upotrebu osim u najopćenitijem smislu. Posebno treba izbjegavati upotrebu termina *tvar* kao zamjenu za *materiju*.<sup>14</sup>

### Materijal / Material

Tehnički upotrebljiva tvar je materijal (tvorivo).<sup>14</sup> Rjeđe je to prirodna neprerađena tvar (npr. kamen, drvo, zlato), a mnogo češće se u prirodnoj tvari (sirovini, npr. prirodnom plinu) fizikalnim i kemijskim procesima postižu promjene na atomskoj i višim strukturnim razinama, što tvar čini tehnički upotrebljivom (npr. polimerni materijali).<sup>47</sup> Materijale čine osnovni sastojci (npr. element željezo (Fe) u željeznim slitinama (gvožđu) ili kaučuk u gumi) te *dateci* (npr. Cr u čelicima ili omekšavala u plastici).<sup>51</sup>

### Priroda / Nature

Ukupnost materijalnog svijeta, svemir i sile koje u njemu djeluju, sve postojeće po sebi, bez čovjekova rada (dop. a. *i znanja*) naziva se priroda.<sup>52</sup>

### Prirodnina / Natural things

Objekt neposredno ponuđen u prirodi je prirodna tvorevina, prirodna. Prirodnina je svaka izvorna sastavnica prirode (npr. biljka, životinja, mineral, fosil, voda, tlo i drugo).<sup>20</sup>

### Umjetne tehnike / Artificial technologies

Sva tvarna zbivanja koja odlučujuće utječu na duhovne događaje mogu se obuhvatiti terminom *opća tehnika*. Opća je tehnika zajednički naziv za prirodnu i umjetnu (čovjekovu) tehniku. U obje je tehnike moguće razlikovati tehniku živoga i neživoga. U prirodnoj tehnici primjer je živoga samoniklo bilje, a neživoga prirodno nastali mostovi. U umjetnoj tehnici moguće je razlikovati biotehniku - umjetnu tehniku živoga (npr. uzgoj križanih biljaka ili kloniranje životinja uz djelovanje čovjeka) i tehniku (umjetnu tehniku neživoga ili tehniku stvari).<sup>53</sup>

### Biotehnika / Biotechnology

U *Enciklopediji Britannica* biotehnika (e. *biotechnology*) se definira kao industrijska primjena napretka postignutoga u postupcima, metodama i mjernoj tehnici tijekom istraživanja u biologiji, osobito genetike.<sup>54</sup> Definicija *Europske federacije za biotehniku* glasi: *Biotehnika (biotechnology) je uporaba mikroba, životinjskih ili biljnih stanica ili njihovih dijelova za dobivanje proizvoda ili unapređenje proizvodnih procesa namijenjenih dobiti čovječanstva.*<sup>55</sup> Biotehniku je moguće definirati kao granu tehničkih znanosti u kojima se biologija (biološke znanosti) koristi za proučavanje povezanosti između radnika i njegova okoliša (sinonimi bioinženjerstvo, ergonomija - *bioengineering, ergonomics*).<sup>56</sup>

Na temelju definicije opće tehnike moguće je definirati biotehniku kao:<sup>53</sup>

- skup uporabnih, umjetno načinjenih tvorevina: živoga i neživoga, polazeći od živoga
- skup djelovanja i uređaja u kojima nastaju živo i neživo
- skup djelovanja tijekom kojih se upotrebljavaju živo i neživo nastalo od živoga i tehnički sustavi stvari.

Biotehnika započinje razvojem poljoprivrede, točnije oplemenjivanjem bilja.<sup>53</sup>

### Tehnika (neživoga) / Technology (of non-living)

Postoje brojne definicije tehnike (neživoga, u nastavku samo tehnika). Kukoleča navodi pet područja koja obuhvaća nazivom *tehnika*.<sup>57a</sup>

Naziv *tehnika* upotrebljava se kao oznaka za *vještinu* (mahom svladana učenjem) rutinskog izvođenja radnih procesa bilo koje vrste, i u proizvodnji i izvan nje. Popularno se naziv tehnika upotrebljava kao naziv za *opremu* za izvođenje radnog procesa i *sredstva rada* u industrijskim ili zanatskim organizacijama.<sup>57b</sup>

Kukoleča navodi još dvije definicije tehnike. Tehnika je i naziv za skup metoda ili znanstveno ili empirijski formuliranih rješenja za primjenu i provođenje znanstveno definiranih ili u praksi otkrivenih spoznaja pri zadovoljavanju zahtjeva i potreba realnog života, u gospodarskoj proizvodnji i razmjeni u znanosti, medicini, zdravstvenoj zaštiti, umjetničkim ostvarenjima, u domaćinstvima ili pri organiziranju osobnog života i sl.

Tehnika obuhvaća:<sup>57b</sup>

- *konstrukcijska rješenja novih stvari* (industrijskih, građevinskih, rudarskih i sličnih proizvoda)
- *rješenja tehničkih procesa* provođenjem kojih se prave (konstruirane) stvari



- *provedbu tehničkih procesa* u praksi kojima se od konstrukcijskih rješenja postupcima proizvodnje dolazi do tehničkih proizvoda  
 - *tehnika je znanstveno područje* (skup znanstvenih grana) koje, polazeći od općih zakona fizike, kemije, biologije itd., proučava u prvome redu primjenu navedenih znanstvenih dostignuća u proizvodnji, uz istodobno istraživanje novih mogućnosti i projektiranje novih rješenja, njihovu provjeru, uvođenje u život i daljnje razvijanje.

U osnovi se tehnika vrlo slično tumači i u brojnim drugim izvorima. Ropohl vrlo opširno objašnjava pojam *tehnike*.<sup>18b</sup> Upozorava na različitost definicija koje se kriju pod nazivom *tehnika*.

Sustavnosno, tehnika nije primjeren označitelj za vještinu, opremu ili sredstva rada. Definiranje tehnike kao skupa metoda ili rješenja potječe od Gottl-Ottlilienfelda iz 1923. i pokazalo se da je definicija multivarijantna, što nije primjereno pojmu *tehnike*.<sup>18c</sup> Riječ *tehnika* ne valja upotrebljavati ni kao zamjenu za način postupanja (postupak), proizvodljivost, izradljivost ili uvođenje sredstava rada.<sup>18c</sup>

Stoga Ropohl definira tehniku u smislu realne tehnike. Pod tehnikom razumijeva pretežno umjetne objekte, artefakte, koje je čovjek proizveo da bi ih zatim svrsishodno upotrijebio.<sup>18c</sup> Pri tome valja uzeti u obzir da postoji *prirodna* (prirodnoznanstvena, tehnička i ekološka), *humana* (antropološka, fiziološka, psihološka i estetska) te *socijalna* (gospodarska, sociološka, politološka i povijesna) dimenzija tehnike.<sup>18d</sup>

Tehnika (stvari) započinje izradbom prvoga kamenog rezala.<sup>58</sup>

## Tehnologija / Technology

Sveobuhvatna znanost o isprepletenosti tehnike, gospodarstva i društva je tehnologija (J. Beckmann, 1777.).<sup>18e,p</sup>

## Tvar / Substance

Oblik materije sastavljen od atoma je tvar. Jednostavne su tvari sastavljene samo od atoma istog naboja jezgre, i njih je u prirodi relativno malo, a sve bogatstvo u živoj i neživoj prirodi nastaje kombiniranjem različitih atoma. Pri tome se u tvari javlja hijerarhija struktura (brojne molekulne i nadmolekulske strukture, kristalne strukture) i upravo su polimeri tvari s najrazvijenijom strukturom.<sup>14</sup>

## Tvorevina / Product

Objekt definirana geometrijskog oblika naziva se tvorevina.<sup>47</sup> Valja razlikovati prirodne tvorevine, *prirodnine*, i umjetne tvorevine, *umjetnine* (artefakte), načinjene u nekom sredstvu djelovanja (npr. kalupu za lijevanje čokoladnih blokova).<sup>47</sup>

## Umjetnina / Artefact

*Umjetnina* (stvar) je objekt, općenito, stvar je sve što jest, sve neživo, realno ili izravno ili posredno vidljivo (očito, očevidno), a nastalo je kao rezultat čovjekove namjere i rada.<sup>61</sup>

## Uzgojina / Planted products

Proizvod uzgoja, biljaka (agrokultura) ili životinja (domaće životinje), je uzgojina.<sup>9</sup>

## Dodatak B - Materijali su središte modela obrazovanja usredotočenog na čovjeka / Addendum B - Materials are the core of person-centered educational model

Igor ČATIĆ, Ana ROGIĆ, Branka ANDRIČIĆ

Izradbu tokovnika razvoja polimera moguće je obrazložiti s najmanje tri nezavisna argumenta. To je u prvom redu potreba obnove, sada kao multidisciplinarnoga doktorskog studija, svojedobnoga sveučilišnog magistarskog studija *Makromolekularne znanosti*. Pritom nije bitan naziv.

Jedan od razloga je novo definiranje što moraju znati neka zvanja, npr. proizvodni inženjeri. Posebna pozornost posvetit će se zamisli R. Roya, da su materijali središte modela obrazovanja usredotočenog na čovjeka. Potreba obnove sveučilišnog studija *Makromolekularne znanosti* dovoljno je obrazložena u osnovnom tekstu.

## Tehnički postupci i tehničke tvorevine / Technical procedures and technical products

Potrebno je detaljnije raščlaniti točku *b* iz definicije opće tehnike. Ona glasi: skup djelovanja i uređaja u kojima nastaju *prirodnine*, *uzgojine*, *sintezine* i *tehnički sustavi stvari*. Skup djelovanja moguće je nazvati tehničkim postupkom, a uređaj tehničkom tvorevinom. Primjer tehničkog postupka je bušenje (npr. ljudske lubanje, drvene grede ili plastične ploče). Za to je potrebna tehnička tvorevina, npr. bušilica (stroj), a sredstvo djelovanja je alat, u ovom slučaju svrdlo.<sup>63</sup>

Tomu treba pridodati i misao J. Beckmanna iz 1806. koju je napisao u *Prijedlogu opće tehnologije*.<sup>18e,31</sup> Treba svrstati ukupnost pojedinih vrsta postupaka koji se javljaju u najrazličitijim zanatima u rubrike u odnosu prema njihovoj istoj ili sličnoj svrsi, pri čemu svaka skupina postupaka nudi srodno sredstvo obradbe, a vrsta materijala na koju se obradba primjenjuje pritom je sporedna.<sup>18,31</sup>

U sklopu pojedinoga tehničkog postupka odvijaju se tokovi tvari i energije, proces.<sup>31,64</sup> To je uvijek popraćeno tokom informacija (informacijski proces).<sup>18,31</sup>

Razvojem tehničkih postupaka te analizom odgovarajućih tvornih, energijskih i informacijskih procesa na znanstvenoj i provedbenoj razini bave se stručnjaci raznovrsnih zvanja i zanimanja. Za ovaj tekst posebno su zanimljivi procesni i izradbeni inženjeri.

Procesni inženjeri posjeduju znanja o procesnim sustavima, procesnim tehnikama i procesnim postupcima te ostalim znanjima potrebnima za uspješnu proizvodnju tvari i materijala. To su metalurzi, proizvođači plastike itd.

Projektiranjem i pravljenjem tehničkih tvorevina poput procesnih strojeva, izradbenih strojeva i potrebnih alata bavi se relativno uska skupina stručnjaka. Ovisno o zemlji nazivi su različiti. Na ovim prostorima najbliže tom opisu odgovaraju stručnjaci s područja strojarstva.

Međutim, proizvodnja dijela plastičnih (konkretno duromera), gumenih i keramičkih dijelova vezana je uz praoblikovanje tvorevine uz slijedno stvaranje strukture materijala koja daje proizvodu uporabnu vrijednost. To su kemijske reakcije polimeriziranja i/ili umreživanja i/ili pjenjenja itd. To znači da konstruktori i izrađivači opreme moraju poznavati odgovarajuće kemijske procese i kako oni utječu na konstrukciju i izradbu potrebne tvorevine.

Ali upravo na tom području strojarstva, osobito u obrazovanju svih razina, prevladava i dalje mišljenje da u njihovu obrazovanju trebaju prevladavati metali kao materijali. U drugoj polovini prošlog stoljeća to se shvaćanje postupno počelo mijenjati, ali još nije u potpunosti shvaćena misao: poučavati materijale, a ne metale, drvo, plastiku i gumu ili keramiku.

<sup>9</sup> Navedena definicija je aksiomatskoga karaktera. Postoji bezbroj definicija tehnologije različitih razina. Neke definiraju tehnologiju kao znanost. Druge kao tehniku pa je često to zamjena za postupke, procese, opremu itd. Opširno objašnjenje potrebe razlikovanja tehnike i tehnologije objavljeno je u<sup>59</sup>. Neke pogrešne uporabe riječi *tehnologija* opisane su u<sup>60</sup>.

<sup>9</sup> U trenutku pisanja pretraživanjem raznih izvora riječ *uzgojina* javlja se praktički samo u radovima I. Čatića i suradnika.<sup>62</sup>

**Materijali - temelj materijalne kulture / Materials – basis of material culture**

Slika 4 u osnovnom tekstu upućuje na nužnost da se već u osnovnoj i srednjoj školi, a osobito u početnim kolegijima na tehničkim fakultetima tumače materijali, a ne drvo, plastika ili metali. Postoji više poticaja takvu razmišljanju.

Jedno od njih temelji se na izvornoj Turnerovoj obrazovnoj piramidi znanja.<sup>65</sup> On je izvorno naveo sedam slojeva područja koja treba proučavati svaki polaznik sveučilišta. To su: matematika, fizika, kemija, biologija, (američka) antropologija, umjetnost i humanističke discipline, a na vrhu je teologija. Osnovna je zamisao te piramide znanja bila da produbljivanje znanja u višem sloju zahtijeva produbljivanje znanja u nižem sloju. To primjerice znači da teologija ima uporište u filozofiji ili filozofija u matematici.<sup>66</sup>

Tijekom vremena izvorna Turnerova obrazovna piramida znanja višekratno je usavršavana. Najizrazitije onda kada je poslužila za podjelu znanosti na o-znanosti i i-znanosti (slika 1).<sup>67</sup> O-znanost je znanost koja se temelji na otkrićima arheologije: arheologije prirode (prirodnoznanstvo)

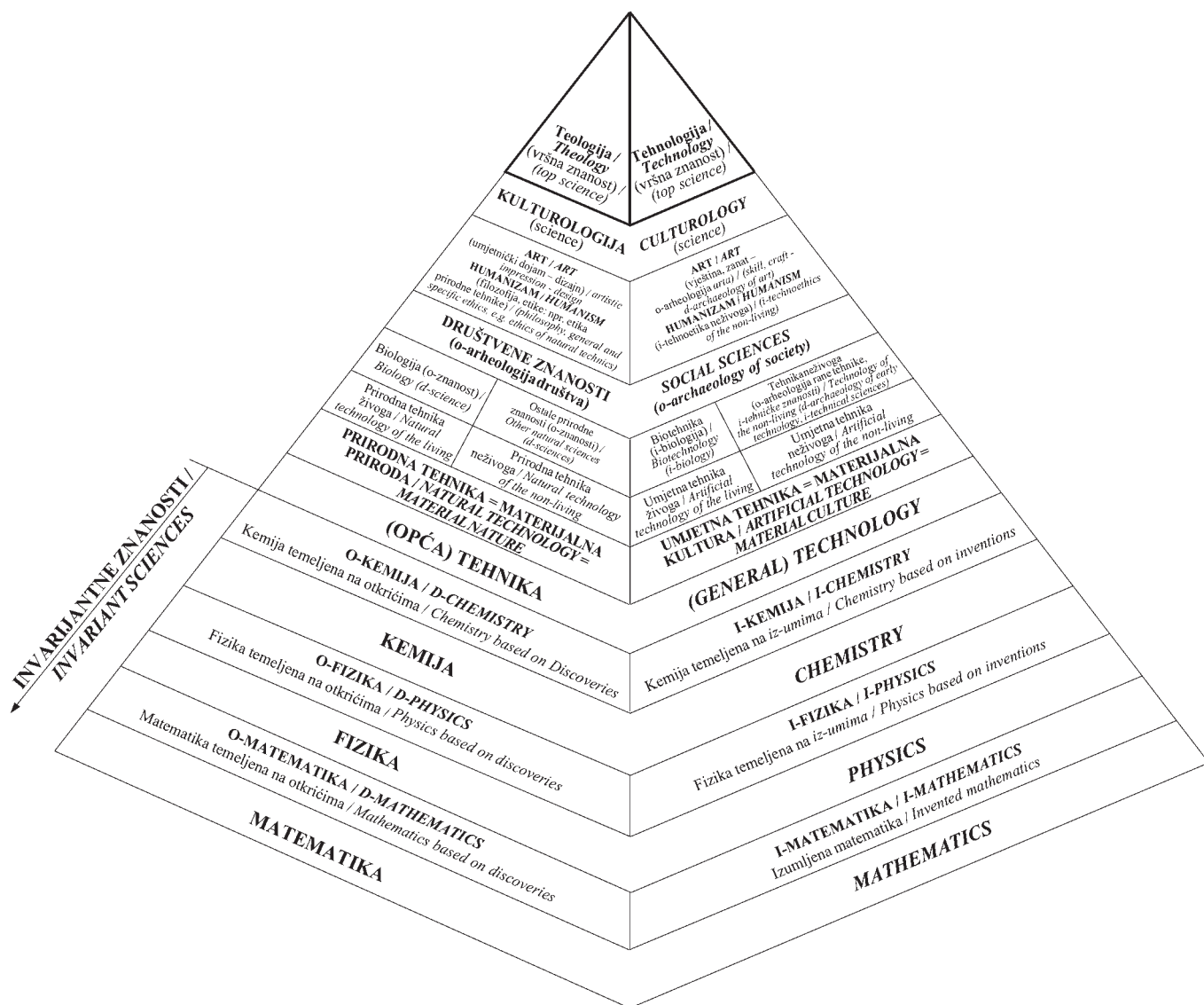
i arheologije kulture (arheologija). I-znanost je ona koja se temelji na izumima.

U kulturolozijskoj piramidi ljudskih djelatnosti i znanosti (slika 6)<sup>68</sup> opća tehnika zauzima središnji položaj. Opća tehnika temelji se na kemijskom i fizikalnom stvaranju, formiranju (praoblikovanju) materije različitih razina. Nadgradnja: društvene znanosti, art, humanističke discipline te dvije vršne znanosti kulturologije: teologija i tehnologija moguće su tek ako postoji materijalni svijet i ako su moguća pitanja koja on otvara.

Iskustveno u konceptu opće tehnike korisnika zanima isključivo skup djelovanja tijekom kojih se upotrebljava živo, neživo i tehnički sustavi stvari. Pojednostavnjeno, kupca zanima vrećica, ne zanima ga kako je načinjena (proizvodni postupak i potrebna sredstva djelovanja). Identificira je prema vrsti materijala, npr. papirnata, platnena ili plastična. Pritom nije svjestan da su sva tri materijala polimeri.

Ta činjenica vodi zamisli da u obrazovanju materijali trebaju zauzeti posebno mjesto. Izbor materijala treba biti tehnički opravdan, gospodarski isplativ i društveno prihvatljiv, pri čemu kriteriji zaštite okoliša ne mogu biti jedini kriteriji prosudbe, već svi društveni kriteriji (tehnolozijski pristup), ali i utjecaj proizvoda na duhovne vrijednosti (kulturolozijski pristup).<sup>69</sup>

<sup>65</sup> Riječ *anthropology* po opsegu se razlikuje od one u hrvatskom jeziku. Zato je pridodana riječ (američka).



SLIKA 6 – Kulturolozijska piramida podjele ljudskih djelatnosti i znanosti<sup>68</sup>  
 FIGURE 6 – Culturological pyramid classifying human activities and sciences

## Model obrazovanja usredotočen na čovjeka / Person-centered educational model

Taj model predstavio je profesor Rustum Roy u svom *Alpha Sigma Mu* predavanju 1994.<sup>70,s</sup>

Postojeći način tumačenja prirodnih znanosti u školi koji ima za temelj matematiku, a slijede fizika, kemija i biologija, Roy je nazvao geocentričkim i smatra da je potreban kopernički zaokret. Umjesto da u središtu obrazovanja budu navedene discipline, predlaže da se pođe od stvarnih pitanja današnjice, kao što je nuklearni otpad, odlagališta otpada, pesticidi, ali i pravljenje skija. Mišljenja je da bi se tijekom srednjeg obrazovanja najprije trebalo tumačiti materijale (metale, polimere, keramiku). Tumačenje materijala ukazat će na potrebu da se učenici upoznaju s poljoprivredom, rudarstvom, pravljenjem tvorevina i tehnikom u cjelini. A razumijevanje tih područja zahtjeva poznavanje biologije, kemije, fizike i konačno matematike. Taj koncept Roy naziva prema čovjeku usredotočenim modelom (e. person centered model). U svom konceptu Roy zastupa mišljenje da je materijalika središnje područje ljudskog djelovanja koje mora poznavati svaki građanin.

Čini se da tako sročeni tekst dovodi u nedoumicu znači li to da se mora početi učiti materijale prije materinjeg jezika ili matematike. Ne, ali mora se tumačiti u potrebnom opsegu, preciznije nastajanje materijalnih tvorevina. Primjer, od brojnih plastičnih i elastomernih materijala svaki učenik trebao bi razlikovati desetak.

### Kako tumačiti materijale? / How to interpret materials?

Kao model treba poučavati o skupini materijala koji postoje u prirodnom i sintetskom obliku, to su makromolekulni materijali: prirodni, uzgojeni i sintetski polimeri. Tko shvati nastajanje i građu tih materijala, shvatit će i sve ostale materijale. U nekim programima u Francuskoj se upravo srednjoškolicima tumači ta skupina materijala.

Međutim, osobito se važnim čini naglasiti da su slike 3 i 4 u osnovnom tekstu posebno važne za proizvođače tvorevina.<sup>72</sup> Svaki proizvođač trebao bi tijekom obrazovanja steći osnove o proizvodnim postupcima, npr. pretvaranju drva preko celuloze u papir. Ili da je škrob fitopolimer koji se dobiva uzgojem, a da su nafta i prirodni plin proizvodi prirode, prirodne (slika 3). Proizvodni inženjeri, međutim, moraju znati i postupke obradbe kože (npr. štancanjem ili isijecanjem). Nema načelne razlike između alata za isijecanje kožnatih dijelova iz kožnatog lista i onih za odvajanje srha na velikim puhanim platenkama. Na pitanje zašto je npr. osein važan za obradbu odvajanjem čestica, odgovor glasi: potrebno je konstruirati opremu za obradbu kostiju. Nema načelne razlike u obradbi odvajanjem metala, drva ili plastike. Nema načelne razlike u pravljenju duromernih, gumenih i keramičkih tvorevina. Uvijek je to povezano s nekom od reakcija.

To, međutim, traži i ujednačavanje terminologije. Ne može biti npr. u normi *HRN ISO 472* i kraticama – *Plastika* polimer heksametilendiamina i sebacinske kiseline PA 610, a kod tekstilaca u *HRN ISO 2076:2003* PA 6 10 itd.

### Zaključak / Conclusion

Što je ispravan izlaz iz te situacije? Od vrtića do fakulteta treba govoriti o materijalima i proizvodnji materijalnih tvorevina (opća tehnika). To zahtjeva razumijevanje kako oni nastaju, dakle poznavanje osnova svih prirodnih znanosti, s matematikom kao osnovom.

Postavlja se pitanje postoje li ozbiljne zapreke prihvaćanju navedenih koncepcija obrazovanja? Postoje, to su oni koji sastavljaju nastavne sadržaje i programe. Na čelu su im sveučilišni nastavnici i posljedično

ostali poučavatelji, čulo se jednom na *I. svjetskoj konferenciji o obrazovanju inženjera* 1984. u Kölnu.

### Zahvala / Acknowledgement

U pisanju ovog teksta sudjelovao je veći broj znanstvenika koji sudjeluju u različitim projektima Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Autori zahvaljuju Ministarstvu na potpori. Ujedno se navode nazivi i adrese ustanova autorâ.

Posebno zahvaljujemo na brižnom čitanju rukopisa i vrhunskim primjedbama međunarodnim recenzentima. Tijekom pripreme ovog teksta savjetovali smo se s većim brojem stručnjaka. Među njima posebno su bile vrijedne sugestije i primjedbe prof. dr. sc. Hrvoja Ivankovića, prof. dr. sc. Marice Ivanković i prof. dr. sc. Zorice Vekseli, kojima najtoplije zahvaljujemo.

### Ustanove i projekti u kojima sudjeluju autori / Institutions and projects in which the authors participate

1. I. Čatić, G. Barić, M. Rujnić-Sokele, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, I. Lučića 5, 10002 Zagreb. Projekt *Primjena sustavnosne teorije u raščlambi opće tehnike* (MZOŠ, 120-0000000-1805, 2007. – 2010.).
2. N. Cvjetičanin, WOCO, 63628 Bad Soden - Salmünster, SR Njemačka.
3. K. Galić, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb. Projekt *Permeacijska svojstva nekih polimernih materijala za pakiranje hrane* (MZOŠ, 058-1252971, 2007. – 2012.).
4. D. Godec, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, I. Lučića 5, 10002 Zagreb. Projekt *Povišenje učinkovitosti razvoja i preradbe polimernih proizvoda* (MZOŠ, 120-1521473-1808, 2007. – 2012.).
5. A. M. Grancarić, Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb. Projekt *Međupovršinske pojave aktivnih multifunkcijskih tekstilnih materijala* (MZOŠ, 117-1252971-1367, 2006. – 2011.).
6. I. Katavić, Tehnički fakultet Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka.
7. B. Andričić, T. Kovačić, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Teslina 10, 21000 Split. Projekt *Polimerne mješavine s biorazgradljivim komponentama* (MZOŠ, 011-1252971-2249, 2007. – 2012.).
8. P. Raos, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Trg I. B. Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod. Projekt *Napredni postupci brze izradbe polimernih proizvoda* (MZOŠ, 152-1521473-1474, 2007. – 2012.).
9. A. Rogić, Veleučilište u Karlovcu, Trg J. J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac.
10. N. Vranješ, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb. Projekt *Modifikacija i stabilnost višefaznih polimernih materijala* (MZOŠ, 125-1252971-2578, 2007. – 2012.).
11. D. Vrsaljko, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb. Projekt *Inženjerstvo površina i međupovršina nanočestica u adhezijskim nanomaterijalima* (MZOŠ, 125-1252971-2575, 2007. – 2012.).

<sup>s</sup> Cjeloviti prikaz predavanja dostupan u<sup>71</sup>.



## Literatura / References

- Čatić, I.: *Od prirodnih do sintetskih polimera*, predavanje na skupu Polimerni materijali i dodatci polimerima, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 20. studenoga 2009.
- Van Krevelen, D. W.: *Properties of Polymers* (3<sup>rd</sup> ed.), Elsevier, Amsterdam, 1997.
- scifun.chem.wisc.edu/CHEMWEEK/POLYMERS/Polymers.html.
- en.wikipedia.org/wiki/Polymers.
- Adamić, K.: *Polimeri*, Tehnička enciklopedija, JLZ Miroslav Krleža, Zsv. 10, 1806, 556-573.
- Adamić, K.: *Privatno priopćenje*, 2009.
- Čatić, I., Rujnić-Sokele, M., Karavanić, I.: *Globalizacija prvih kamenih alata i obradba polimera*, *Polimeri*, 31(2010)1, 22-26.
- Spengler, O.: *Čovjek i tehnika*, Lauc, Split, 1991.
- Čatić, I.: *Zašto je moguće korjeniti razvoj materijala a samo inovativni proizvodnih postupaka i proizvoda?*, *Polimeri*, 24(2003)2-4, 64-73.
- Alger, M. S.: *Polymer Science Dictionary*, Elsevier Applied Science, London, 1989., 37.
- Deege, M.: *Fraktologija tehnike*, Filozofska istraživanja, 18(1998)4, 963-973.
- bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp03/0302002.html.
- Fleš, D.: *Materijali za novo tisućljeće - anorganski, polu-anorganski i organsko-anorganski hibridni polimeri*, *Metalurgija*, 41(2002)3, 199-205.
- Polimeri i polimerni materijali*, *Polimeri*, 3(1981)2, 74-75.
- Heisenberg, W.: *Fizika i filozofija*, Kruzak, Zagreb, 1997., 117.
- Jaeger, W.: *Aristoteles - Grundlegung einer Geschichte seiner Entwicklung*, Weidmann, Berlin, 1923.
- Čatić, I.: *Od velikog praska do alata i humane materijalne kulture*, Drag mi je Platon, I. program Hrvatskog radija, rujan 1999.
- Ropohl, G.: *Allgemeine Technologie, Eine Systemanalyse der Technik*, Carl Hanser Verlag, München, 1979., 177(18a); 30-32(18b); 31(18c); 32(18d); 21(18e).
- Ropohl, G.: *Allgemeine Technologie, Eine Systemanalyse der Technik*, 3. überarbeitete Auflage, Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, 2009.
- Zakon o zaštiti prirode, NN 162/03, čl. 46.
- Čatić, I.: *Povijest i budućnost opće tehnike povezuju prirodoslovlje i tehniku*, Znanstvena tribina Odjela za prirodoslovlje i matematiku Matice hrvatske, 20. 12. 2000.
- Čatić, I.: *Nadolazi li doba velikih sinteza?*, *Vjesnik*, 3. 2. 2001.
- Raos, N.: *Privatno priopćenje*, Zagreb, 2009.
- Čatić, I.: *Nova tehnološka revolucija - Nanotehnologija blagodat ili prokletstvo za čovječanstvo?*, *Vjesnik*, 25. 8. 2005.
- Andričić, B., Stipanelov-Vrandečić, N.: *23<sup>rd</sup> Discussion Conference: Current and Future Trends in Polymeric Materials*, *Polimeri*, 26(2005)1, 45.
- Primjena opće sustavne teorije u općoj tehnici*, znanstveni projekt MZOŠ, glavni istraživač I. Čatić (2007. 2009.).
- Davidovits, J.: *Geopolymers-inorganic polymeric new materials*, *Journal of Thermal Analysis*, 37(1991)8, 1633-1656.
- Davidovits, J.: *Geopolymer Chemistry and Applications* (2<sup>nd</sup> ed.), Geopolymer Institute, Saint-Quentin, 2008.
- Xu, H., Van Deventer, J. S. J.: *The geopolymerisation of alumino-silicate minerals*, *International Journal of Mineral Processing*, 59(2000)3, 247-266.
- Čatić, I.: *Hoće li američko alatništvo stići sudbina tekstilstva*, *Polimeri*, 24(2003)1, 41-42.
- Čatić, I., Razi, N., Raos, P.: *Analiza injekcijskog prešanja polimera teorijom sustava*, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1991.
- composite.about.com/library/glossary/i/bldef-i2814.htm.
- www.answers.com/topic/inorganic-polymer.
- en.wikipedia.org/wiki/Biodegradable\_plastic, 14 July 2009.
- bs.wikipedia.org/wiki/Infekcija.
- Weber, C. J. (Ed.): *Biobased packaging materials for the food industry*, KVL, 2000.
- Vollmert, B.: *Grundriss der Makromolekularen Chemie*, Band 1, E. Vollmert Verlag, Karlsruhe, 1979.
- Ratlige, C., Kristiansen, B. (Eds.): *Basic Biotechnology* (3<sup>rd</sup> ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
- IUPAC: Compendium of Chemical Terminology*, 2<sup>nd</sup> ed. (the Gold Book), Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997., goldbook.iupac.org/IT07515.html, Last update: 2009-09-07; version: 2.1.5.
- Mark, J. E., Allcock, H. R., West, R.: *Inorganic Polymers*, 2<sup>nd</sup> ed., Oxford University Press, Oxford, 2005.
- Zinc-siloxane polymer and coating and method for making the same*, United States patent 3764574.
- Goldman, M., Fraenkel, D., Levin, G.: *A zeolite/polymer membrane for separation of ethanol-water azeotrope*, *Journal of Applied Polymer Science*, 37(1989)7, 1739-2084.
- Pevzner, A., Kolusheva, S., Orynbayeva, Z., Jelinek, R.: *Giant Chromatic Lipid/ Polydiacetylene Vesicles for Detection and Visualization of Membrane Interactions*, *Advanced Functional Materials*, 18(2008)2, 242-247, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.v18:2/issuetoc>.
- Rogić, A., Čatić, I., Godec, D.: *Polimeri i polimerne tvorevine*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2008.
- Deutsche Norm: *Fertigungsverfahren Begriffe, Einteilung 8580*, September 2003.
- Čatić, I.: *Ususret dvjema godišnjicama*, *Polimeri*, 30(2009)4, 176.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, 3. izdanje, vlastita naklada, Zagreb, 2000.
- Tylor, E. B.: *Primitive Culture*, reissued by Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
- Leksikon Leksikografskog zavoda*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 1974.
- Gall, L.: *Auf dem Weg zu den Kulturwissenschaften*, Forschung-Mitteilungen, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, 1993.
- Čatić, I.: *Polimerni kompoziti primjer suvremenog materijalstva*, u: *Materijali i tehnološki razvoj*, uredio T. Filetin, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, 2002., 130-137.
- Anić, V.: *Rječnik hrvatskog jezika*, 2. izdanje, Novi liber, Zagreb, 1994.
- Čatić, I.: *Biotehnika - jedna od čovjekovih tehnika*, Filozofska istraživanja, 22(2002)1, 153-168.
- www.Britannica.com.
- Kniewald, Z.: *Privatno priopćenje*, Zagreb, 1997.
- hwww.merriam-webster.com/dictionary/biotechnology, 8. 1. 2010.
- Kukoleča, S.: *Organizaciono-poslovni leksikon*, Rad, Beograd, 1986., 1210(57a), 1511(57b).
- Semaw, S., Renne, P., Harris, J. W. K., Feibel, C. S., Bernor, R. L., Fesseha, N. & Mowbray, K.: *2.5-million-year-old stone tool from Gona, Ethiopia*, *Nature*, 385(1997), 333-336.
- Šarić, Lj., Čatić, I.: *Raznoznačnost naziva tehnika i tehnologija*, *Mehanizacija šumarstva*, 23(1998)3-4, 157-162.
- Čatić, I.: *Potpun poraz hrvatskog intelektualnog čelništva pred nadirućim globalizmom u jeziku*, *Vjesnik*, 12. 6. 2002.
- Čatić, I.: *Artefakt, tvorevina, strukturiranje*, *Polimeri*, 9(1988)11, 279-281.
- Čatić, I., Rujnić-Sokele, M.: *Zašto je bolja ambalaža od uzgojina, od one načinjene od prirodnina*, *Tekstilna znanost i gospodarstvo*, *Tekstilno-tehnološki fakultet*, Zagreb, 23. 1. 2009., 41-44.
- Čatić, I.: *Uvod u tehniku*, 4. izdanje, vlastita naklada, Zagreb, 2003., 3.
- Kýn, O., Pelikan, P.: *Kibernetika u ekonomiji*, *Savremena administracija*, Beograd, 1967.
- Turner, F.: *Beyond the Disciplines*, *Design for a New Academy*, *Pregled USIC*, Beograd, 1987.
- Čatić, I.: *Teologija i tehnologija*, *Strojarstvo*, 32(1990)6, 407-408.
- Čatić, I.: *Vrednovanje tehnike pri razvoju proizvoda*, *Polimeri*, 11(1990)9-12, 229-234.
- Čatić, I.: *Krčiteljja je malo, ostali trebaju kriterije*, *Kemija u industriji*, 57(2008)5, 260-261.
- Čatić, I.: *Kulturološki razvoj proizvoda i proizvodnji*, 13<sup>th</sup> Conference BIAM 96, KOREMA, Zagreb, A6-10.
- Čatić, I.: *Kako oblikovati školu za 21. stoljeće?*, *Vjesnik*, 24. 2. 1998.
- Čatić, I.: *Tehnika - temelj kulture*, *Graphis*, Zagreb, 2003.
- Čatić, I.: *Polymere und Ihre Verarbeitung als integraler Bestandteil der Werkstoffe und ihrer Verarbeitung im Lehrplan der Fakultät für Maschinenwesen und Schiffsbau der Universität Zagreb*, *World Conference on Education in Applied Engineering and Engineering Technology*, FHB- Köln, Köln, 1984.

## DOPISIVANJE / CONTACT

Prof. dr. sc. Igor Čatić  
Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Ivana Lučića 5  
HR-10000 Zagreb, Hrvatska / Croatia  
E-pošta / E-mail: igor.catic@fsb.hr

Prof. dr. sc. Branka Andričić  
Sveučilište u Splitu  
Kemijsko-tehnološki fakultet  
Teslina 10/V  
HR-21000 Split, Hrvatska / Croatia  
E-pošta / E-mail: branka@ktf-split.hr