



I. Čatić*

Fancevljev prilaz 9
10 010 Zagreb

STEM ili STEAL?

Neposredan povod ovom članku je izvrstan prikaz Vesne Tomašić na *Dan inženjera Republike Hrvatske*,¹ održan 2. ožujka 2020. u organizaciji Hrvatskog inženjerskog saveza (HIS) i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ). Podudarilo se to s pretvaranjem predavanja “Antropološki utjecaji na klimatske promjene” u seriju tekstova.² Među njima dio zauzima “Vrednovanje tehnike – BST”. Nažalost, nitko u mjerodavnoj hrvatskoj znanstvenoj i stručnoj javnosti nije prepoznao da je STEM samo pomodni akronim.

Tekst o *Vrednovanju tehnike – BST* zapravo je inovacija. Naime tu temu započelo se razvijati na Katedri za preradu polimera FSB-a još 1986.³ Sada je, među ostalim, uz izvorni tekst dostupan u ref.,⁴ uvedena nova skupina kriterija – *Psihologija i pravo u vrednovanju tehnike*, koji govori o važnosti marketinga kao dijela psihologije u “prodaji” novog proizvoda. STEM, ali i Industrija 4.0 takvi su marketinški proizvodi. Ovaj put samo o STEM-u. U svjetskoj javnosti akronim ili hrvatska složena kratica, pojavio se tijekom kampanje američkog predsjednika Baracka Obame za njegov drugi mandat, dakle oko 2013. godine. Zašto taj pomodni akronim (engl. *buzz*)? Uočeni razlog? Tada je na područjima prirodnih znanosti, informatike, tehnike i matematike bilo preveliko zainteresiranih stanovnika SAD-a. Stoga je bio potreban velik uvoz stručnjaka koji djeluju na tom području. STEAL postoji od 2016., ali iza njega nije bila takva marketinška kampanja. Možda izazov za sve koji na bilo koji način ne znaju čak ni ispravno prevesti što znači STEM pa se skrivaju iza naziva STEM-područje. Prije objašnjenja što znači STEM, a što STEAL, treba navesti neke činjenice bitne za taj inovacijski pristup.

Osnove za inovaciju *Vrednovanja tehnike*

Poticaj za razvijanje koncepta *Vrednovanje tehnike* za potrebe vrednovanja plastičnih i gumenih proizvoda tih godina, a danas sve nužnije metode ispitivanja zapravo svih ljudskih djelatnosti, potječe od Johanna Beckmanna. Taj njemački agronom i kameralista izumio je naziv *Technologie* prije više od tri stoljeća (1777.).⁵ Na temelju vlastitih znanja i spoznaja njegova se definicija ovdje navodi u dopunjenom obliku: “Tehnologija je sveobuhvatna znanost o isprepletenosti tehnike, društva i humanizma”. Zato je nazivu *Vrednovanje tehnike* pridodan akronim BST. **B** za J. Beckmanna, a **S** za sintezologiju. **T** znači trojedinstvo informacije, energije i materije.⁶

Što obuhvaća STEM?

Nažalost, ni poslije sedam godina od pojave pomodnog akronima STEM ne postoji svima prihvatljiv prijevod za S – *science*, T – *technology*, E – *engineering* i M – *mathematics*. Jedino nije

sporan prijevod za matematiku. Nekima nije prihvatljiv njemački prijevod s analitičkog engleskog na precizni njemački akronim MINT (*Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik*) kao npr. autor u ref.⁷

Science

Problem počinje s riječju *Science*. Engleski jezik ne poznaje riječ koja bi zamijenila njemačku riječ *Wissenschaft*. Hrvatski je za tu njemačku riječ prihvatio naziv znanost i to za sve znanosti, o čemu svjedoči i *Popis znanstvenih i umjetničkih područja*.⁸ U engleskom *Science* znači prirodnu znanost, kako je to među ostalim naglašavao nobelovac Roger Penrose. Zato se neki hvale da su članovi te i te Academy of Science, a zapravo su članovi vrlo uglednih akademija ili društava prirodnih znanosti. Iz povijesnih razloga treba pridodati da se zna tko je u Hrvatskoj promicao *science* kao znanost. Tijekom godina se na tu činjenicu upozoravalo, ali ništa nije pomagalo kada nisi član niti jedne od brojnih hrvatskih akademija, posebno one vrhovne.

Inženjerstvo je dio tehnike

Ponešto je jednostavnije riješiti pitanje prijevoda riječi *Engineering* kao inženjerstvo. Međutim, zašto su nekada postojali tehnički fakulteti, a postoje i znanstvena područja biotehničkih i tehničkih znanosti. Pogleda li se, primjerice, u Wikipediji razvoj inženjerstva, pojam inženjera javlja se vjerojatno u doba Leonarda da Vinci.⁹ To je na vremenskoj skali od početka tehnike relativno nedavno. Prva tehnička tvorevina, prvi artefakt materijalne kulture dokazano je star oko 3,3 milijuna godina.¹⁰ Tehnika (neživoga) započela je s izradom kamenog rezala. Nameće se u tom kontekstu pitanje, što je bilo prvo? Tehnika ili društveno-humanistička analiza njezinih posljedica. Tehnika kao oznaka za materijalnu kulturu započela je s onim alatničarom koji je načinio to rezalo, a tek tada je poglavica na “Prvom simpoziju u povijesti” postavio plemenu pitanje: što učiniti s rezalom? Proučavati dostignuće tog alatničara, kako je on to načinio i od kojeg materijala je odvajanjem izradio kameno rezalo. Možda je ipak pleme trebalo odgovoriti na dva pitanja: hoćemo li samo derati kožu sa životinja (oruđe) ili ćemo to upotrijebiti protiv neprijatelja (oružje). *Globalizacijski put* prvih kamenih alata opisan je još 2009. godine tijekom predavanja.¹¹ Dopunjen podacima iz ref.,¹⁰ započinje u Lomekwi, Zapadna Turkana u Keniji (prije ~3,3 milijuna godina), slijedi Gona, Etiopija (~ 2,5 do 2,6 milijuna godina) te Olduvai u Tanzaniji (~ 1,6 milijuna godina). Tehnika, ali i alatničarstvo je zaista staro.

U svojoj najnovijoj knjizi, sve glasovitiji i popularniji izraelski filozof Y. N. Harari (u slobodnoj interpretaciji) napisao je:¹² “Ne znam skuhati ručak (tehnika), ali kao povjesničar posjedujem dovoljno znanja i spoznaja da smijem promišljati i to relativno blisku budućnost (društveno-humanističke posljedice)”.

* Prof. emeritus Igor Čatić
e-pošta: igor.catic@fsb.hr

Kako prevesti Technology?

Prema ref.⁶ postoje samo tri osnovna pojma: informacija, energija i materija. Istodobno postoje samo dva osnovna sustava: informacijski (IS) i kiber(netičko)-fizički sustavi (CPS).¹³ CPS sustavi imaju na ulazu i izlazu energiju i masu. Na ulazu je informacija u obliku podataka i naredbi, a na izlazu su podatci. Uz dodatak npr. robota, senzora itd. to je CPS, umjetni tehnički sustavi (npr. opširnije u ref.^{6,12}). G. Ropohl je razradio primjer računala kao informacijsko-energijskog tehničkog sustava. Na ulazu su energija te informacije u obliku podataka i naredbi, a na izlazu su samo informacije. U tom slučaju jedina raspoloživa riječ je informatika. Po Ropholovoj klasifikaciji tehničkih sustava stvari prema pretežnom izlazu i klasi funkcije, nedvosmisleno proizlazi da je sve fenomene svijeta moguće opisati kao masu, energiju ili informaciju (tablica 1).

IZLAZ	KLASA FUNKCIJE	MIJENA (pretvorba, promjena)	PRIENOS (transport)	POHRANA
		proizvodna tehnika	transportna tehnika	pohranska tehnika
TVAR	MATERIJALIKA	procesna tehnika	tehnika dobave	skladišna tehnika
		izradbena tehnika	prometna tehnika niskogradnja	visokogradnja
ENERGIJA	ENERGETIKA	tehnika pretvorbe energije	tehnika prijenosa energije	tehnika pohranjivanja energije
INFORMACIJA	INFORMATIKA	tehnika obradbe informacija tehnika mjerenja i vođenja	tehnika prijenosa informacija	tehnika pohranjivanja informacija

Tablica 1 – Klasifikacija tehničkih sustava prema pretežnom izlazu (G. Ropohl)^{5,14}

S obzirom na klasu funkcije moguće je razlikovati procese *mi-jene* (pretvorbe ili promjene), *prijenosa* i *pohrane*. Postoji šest osnovnih tehnika. Prema izlazu to su materijalika, energetika i informatika. Prema klasi funkcije razlikuju se proizvodna tehnika, transportna tehnika i pohranska tehnika. Prema tome za informacijske sustave preostaje jedino *informatika*. Informatika, prema klasama funkcije obuhvaća: tehniku obrade informacija, tehniku mjerenja i vođenja, tehniku prijenosa informacija i tehniku pohrane informacija. Zato se opredjeljuje za ispravan prijevod STEM-a: prirodne znanosti ili prirodnoznanstvo i to kao invarijantna područja, ili intrizična, za živo i neživo, informatika, tehnika i matematika.

Prijelazi prema STEAL-u

Vrlo brzo su se pojavile dopune STEM-u. Jedna od njih je STEAM, gdje je A za Art. Art je u ovom slučaju višeznačna riječ. Jedno od značenja je umjetnost, no Leonardo da Vinci je rekao da je Art zanat plus "ono nešto". Tek nedavno je shvaćeno značenje "ono nešto". To su srce i duša umjetnika. Svatko je u stanju načiniti neki oblik, no bez onoga što kipara dijeli od klesara je upravo to – ono što dolazi iz unutrašnjosti umjetnika.

Svojevrsni put prema STEAL-u bio je članak Što znači STEM i zašto je važan akronim SSH (2015.).¹⁵ Za tu svrhu smišljeni akronim znači *Social Science and Humanities*, kojim se naglašava da su za obrazovanu osobu važna i društveno-humanistička znanja. Tada su kao reformatori hrvatskog školstva radili stručnjaci čiji institutski rad financira poznati milijarder, a STEM + SSH je koncept star četvrt tisućljeća.

Society of Plastics iz SAD-a je u svojem priopćenju od 19. ožujka 2019. obavijestio da se pridružilo skupini sličnih organizacija koje promiču složenu kraticu STEMM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics, and Medicine*).

Piramida znanja – put prema STEAL-u

Godine 1987. autor se upoznao s piramidom znanja, američkog filozofa engleskog podrijetla, Frederica Turnera. Uočivši nedostatak tehnike u predloženoj piramidi, razgovarao je 1990. u Dallasu s njezinim autorom. Slika je postupno usavršavana i sad se objavljuje kao Turner-Čatićeva usavršena obrazovna piramida znanja. Slika 1 prikazuje najnoviju inačicu prilagođenu potrebama ovog teksta.

Potrebna su još neka objašnjenja. Potpuna piramida sadrži podjelu na znanosti koje se obave otkrićima, o-znanosti i one koje se temelje na izumima, i-znanostima. Primjerice biologija i arheologija bave se otkrićima, dok se biotehnika i tehnika (neživoga) temelje na izumima. Prvi sloj je temeljni za sve ostale slojeve. Želi li se produbiti znanje, treba silaziti po "piramidi", dok poopćavanje zahtijeva penjanje. Što je područje sintezologije? O navedenom je tijekom godina objavljen niz članaka, stoga samo najnužnija objašnjenja. Zakonitosti utvrđene u prva tri sloja: jezici, fizika i kemija su invarijantni s obzirom na živo i neživo. Srednji sloj čini opća tehnika, što je bitna razlika s obzirom na izvornu Turnerovu piramidu.

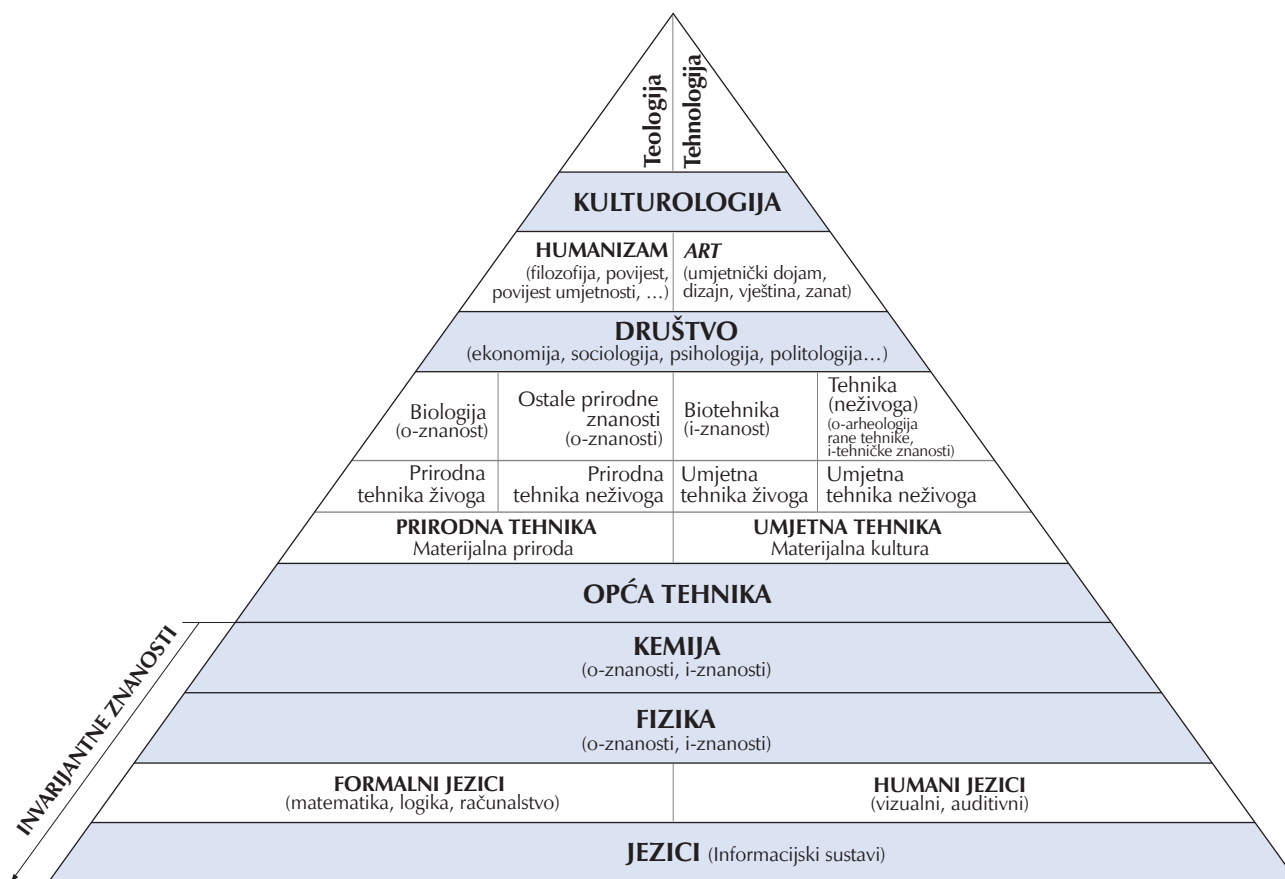
Interdisciplinarna područja

Pozornim čitanjem piramide uočava se da u njoj nedostaju neke važne znanosti: ekologija, etika, informacijske i komunikacijske znanosti te autoru tako draga sintezologija sa sustavnom teorijom kao osnovom. To su zapravo interdisciplinarna područja. Ekološka promišljanja započnuju pri razvoju proizvoda. Etička pitanja od praktičnog interesa obuhvaćena su sada tek djelomično. Integrativna bioetika je sada već interdisciplinarno područje, ali treba uvesti opći pojam *Integrativna etika* koja ima dvije temeljne sastavnice: bioetiku i tehnioetiku. Informacijske i komunikacijske znanosti također su potrebne svima, stoga su interdisciplinarno područje. Konačno, želi li se u preobilju informacija ostvariti toliko potrebno poopćavanje u nova znanja i spoznaje, potrebno je svima poznavati osnove sintezologije, znanosti koja ove godine slavi prvo stoljeće postojanja.¹⁶ Pritom treba upozoriti na osnovu sintezologije, sustavnosnu teoriju, nužnu svakom suvremenom, ne samo visokoobrazovanom profesionalcu.

Promotri li se pozornije, u piramidi su zastupljena sva znanja potrebna za uspješno obrazovanje suvremene osobnosti za izazove novih vremena. To je obrazloženje za akronim STEAL.

Zaključak

Utvrđeno je da je u ovom preobilju informacija nazivlje teško prenositi iz jezika u jezik bez razumijevanja o čemu je riječ i da je STEM u prvoj polovici drugog desetljeća 21. stoljeća ipak bio samo pomodni akronim u službi jedne zemlje.



Slika 1 – Usavršena Turner-Čatićeva obrazovna piramida znanja

Literatura

- V. Tomašić, Dan inženjera Republike Hrvatske, Kem. Ind. 69 (3-4) (2020) 212–213.
- I. Čatić, Antropogeni uzroci klimatskih promjena, Znanstveni kafić, Studentski centar, 12. ožujka 2020.
- P. Raos, I. Čatić, Die allgemeine Entwicklungsmethodik für spritzgegossene Polymerformteile, Plaste und Kautschuk 41 (1994) 77–83.
- I. Čatić, Tehniku treba vrednovati, EGE 5 (1997) 45–54.
- G. Ropohl, Eine Systemtheorie der Technik, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1979.
- I. Čatić, A. Knežević, Trojedinstvo informacije, energije i materije, Filozofska istraživanja 38 (2018) 555–571, doi: <https://doi.org/10.21464/fi38307>.
- T. Nürnbergger, S kriticama se prešlo u krajnost, Hrvatski fokus, 15. ožujka 2019.
- Dodatak: Popis znanstvenih i umjetničkih područja, polja i grana u Republici Hrvatskoj, https://hr.wikipedia.org/wiki/Dodatak:Popis_znanstvenih_i_umjetni%C4%8Dkih_podru%C4%8Dja_polja_i_grana_u_Republici_Hrvatskoj (pristupljeno 4. svibnja 2020.).
- URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Ingenieur#Ingenieurausbildung_ab_dem_18._Jahrhundert (pristupljeno 5. svibnja 2020.).
- S. Harmand, J. E. Lewis, C. S. Feibel, C. J. Lepre, S. Prat, A. Lenoble, X. Boës, R. L. Quinn, M. Brenet, A. Arroyo, N. Taylor, S. Clément, G. Daver, J.-P. Brugal, L. Leakey, R. A. Mortlock, J. D. Wright, S. Lokorodi, C. Kirwa, D. V. Kent, H. Roche, 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya, Nature 521 (2015) 310–315, doi: <https://doi.org/10.1038/nature14464>.
- I. Čatić, Globalizacijski put kamenih alata, Odsjek za arheologiju Filozofskog fakulteta, 22. siječnja 2009.
- Y. N. Harari, 21 lekcija za 21. stoljeće, Fokus, Zagreb, 2018.
- I. Čatić, Što je Medicina 4.0? Zg-magazin, 17. ožujka 2017.
- I. Čatić, Proizvodnja polimernih tvorevina, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2005., str. 14.
- I. Čatić, Što znači STEM i zašto je važan akronim SSH, Večernji list, 6. listopada 2015.
- I. Čatić, Portal <http://sintezologija.fsb.hr/hr/>, 2009.