



## Četrdeset dva

"U redu", reče kompjuter i ponovo utonu u ćutanje. Dva čoveka vrpaljila su se na svojim mestima. Pritisak je bio nepodnošljiv.

"Stvarno vam se neće dopasti", primeti Duboka Misao.

"Reci nam!"

"U redu", reče Duboka Misao. "Odgovor na veliko Pitanje...?"

"Da...!"

"Života, Vaseljene i Svega Ostalog...", reče Duboka Misao.

"Da...!"

"Glasi...", reče Duboka Misao i zastade.

"Da...!"

"Četrdeset dva", reče Duboka Misao beskonačno dostojanstveno i mirno.

"AUTOSTOPERSKI VODIČ KROZ GALAKSIJU", DAGLAS ADAMS

# Granične vrednosti

Pišu:  
SLOBODAN BUBNJEVIĆ,  
MARIJA VIDIĆ

Ako postoje granice za promene kojima čovek od industrijske revolucije do danas menja planetu, takve da nakon njihovog prekoračenja uslovi života na Zemlji ne mogu da se održe u sadašnjem stanju, gde su one? I šta se uopšte može sa tim učiniti

Amsterdam, pozni oktobar 2009. godine. Generalna skupština Rimskog kluba. Hladno veče na vodi. Dok amsterdamski brodići sa zastakljenim palubama, jedan za drugim, pristaju uz dok impresivne gradske koncertne dvorane, iz brodova izlaze nekada značajni donosioci odluka, penzionisani funkcioneri Ujedinjenih nacija, bogati privrednici i bivši političari, ugledni profesori, naučnici i mislioci koji se okupljaju kako bi, u tradiciji Rimskog kluba – jedne od onih protokolarnih organizacija za penzionisane donosiocce odluka – još jednom analizirali budućnost čovečanstva.

Ostalo je svega mesec dana uoči čuvene klimatske konferencije u Kopenhagenu, koja će se, mimo svih nadanja, neslavno okončati bez novog čvrstog međunarodnog dogovora o smanjenju emisije



# apokalipse

ugljen-dioksida. No, u njenom iščekivanju, tokom čitave jeseni se širom sveta organizuju forumi i diskusije o tome šta učiniti povodom globalnog zagrevanja. Na skupštini Rimskog kluba nazvanoj "Klima, energija i ekonomski oporavak", takođe se raspravlja o tome. Biće tu sabrane sve one ideje koje su se te godine mogle čuti i videti u gotovo svakoj televizijskoj emisiji ili novinskom članku o klimatskim promenama.

Međutim, na ovom Rimskom klubu će se prvi put pojaviti i jedan sasvim nov koncept – ideja o planetarnim graničnim vrednostima švedskog ekologa Johana Rokstroma i australijskog klimatologa Vila Stefana. Ova ideja, formulisana kao naučna teza, artikulisaće rasprostranjeni doživljaj da planeta kao sistem ima svoje krajnje granice za štetne efekte koje joj čovek nanosi. Ideja je zasnovana na okolnosti da je čovek od industrijske revolucije do danas značajno izmenio planetu i da postoje granice tih promena, takve da nakon njihovog prekoračenja uslovi života na Zemlji ne mogu da se održe u sadašnjem stanju.

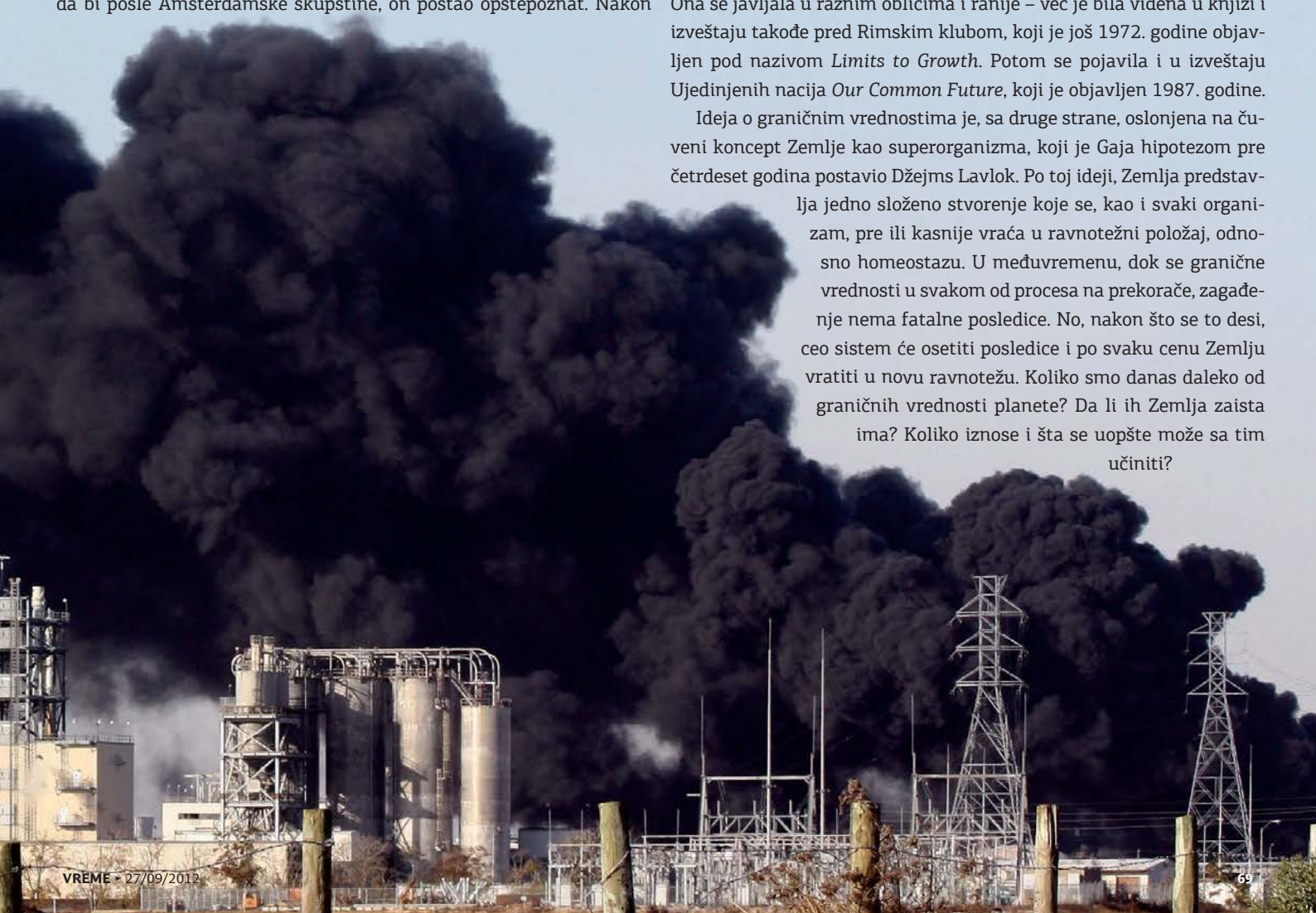
Opsežni izveštaj o planetarnim granicama Rokstrom i Stefan će predstaviti u Rimskom klubu u Amsterdamu, na osnovu rada grupe od 26 naučnika iz celog sveta koji se bave planetom i životnom sredinom. Njihov rad u skraćenom izdanju, pod nazivom *A safe operating space for humanity*, mesec dana ranije objavljuje i prestižni časopis *Nature*, da bi posle Amsterdamske skupštine, on postao opštepoznat. Nakon

prvih reakcija, Rokstromov i Stefanov koncept planetarnih granica naići će kako na odobravanje tako i na kritike, ali je izvesno – uticaće na novi vid sagledavanja efekta koji čovek ostavlja na svoje okruženje. Tri godine kasnije, negativni efekti počinju sve češće da se porede sa planetarnim granicama.

Naime, Rokstrom i Stefan su, zajedno sa drugim naučnicima, prvo razmotrili devet ključnih procesa u životnoj sredini i merili nivo ljudskog uticaja na njih (klimatske promene, iščezavanje živih vrsta, ciklus azota u prirodi, kiselost okeana, plodnost zemljišta, sveža voda, ozon, aerosoli i hemijsko zagađenje). Potom je utvrđeno svih devet planetarnih graničnih vrednosti koje se ne smeju prekoračiti. Rokstromov i Stefanov izveštaj daje i trenutne vrednosti izabranih devet veličina, tako da se pokazalo da je za četiri prirodna procesa (klimatske promene, iščezavanje živih vrsta, ciklus azota u prirodi, kiselost okeana) granična vrednost uveliko prekoračena, što budi vrlo depresivne poglede na budućnost.

Neki novi radovi, poput istraživanja američkog botaničara Stefana Runinga, koji pokazuje da na Zemlji ne može biti više biljaka nego što ih je sada, potvrđuju postojanje brojevnih graničnih vrednosti. No, osnovna ideja o globalnim graničnim vrednostima nije nastala 2009. Ona se javljala u raznim oblicima i ranije – već je bila viđena u knjizi i izveštaju takođe pred Rimskim klubom, koji je još 1972. godine objavljen pod nazivom *Limits to Growth*. Potom se pojavila i u izveštaju Ujedinjenih nacija *Our Common Future*, koji je objavljen 1987. godine.

Ideja o graničnim vrednostima je, sa druge strane, oslonjena na čuveni koncept Zemlje kao superorganizma, koji je Gaja hipotezom pre četrdeset godina postavio Džejms Lavlok. Po toj ideji, Zemlja predstavlja jedno složeno stvorenje koje se, kao i svaki organizam, pre ili kasnije vraća u ravnotežni položaj, odnosno homeostazu. U međuvremenu, dok se granične vrednosti u svakom od procesa na prekorače, zagađenje nema fatalne posledice. No, nakon što se to desi, ceo sistem će osetiti posledice i po svaku cenu Zemlju vratiti u novu ravnotežu. Koliko smo danas daleko od graničnih vrednosti planete? Da li ih Zemlja zaista ima? Koliko iznose i šta se uopšte može sa tim učiniti?



# 1. Nestanak biodiverziteta

**Izumiranje vrsta**

**Broj izumrlih vrsta u milionima godišnje**

**Granična vrednost – 10**

**Trenutna vrednost >100**

**Vrednost pre industrijske revolucije – 0,1-1**

**Granica je pređena**



Izumiranje vrsta u XXI veku postalo je drastično – prema nekim procenama nestaje čak 140.000 vrsta godišnje. Neki naučnici predviđaju da će do 2050. godine sa planete nestati oko 30 odsto postojećih vrsta, a novije studije takođe predviđaju da će za 20 godina nestati četvrtina vrsta sisara. Među naučnicima postoji konsenzus da je stopa izumiranja vrsta trenutno viša nego bilo kada u ljudskoj istoriji. Uništavanje životne sredine, povećan lov, zagađenje i izuzetno uvećanje ljudske populacije najveća su pretnja biljnim i životinjskim vrstama.



# 2. Biogehemijska granica

**2A. AZOT UKLONJEN IZ ATMOSFERE**

**(miliona tona godišnje)**

**Granična vrednost – 35**

**Trenutna vrednost – 121**

**Vrednost pre industrijske revolucije – 0**

**Granica je pređena**

**2B. FOSFOR KOJI JE DOSPEO DO OKEANA**

**(miliona tona godišnje)**

**Granična vrednost – 11**

**Trenutna vrednost – 8,5-9,5**

**Vrednost pre industrijske revolucije – -1**

**Granica nije pređena**

U prirodno cirkulisanje azota oduvek su se mešali farmeri koji proizvodnju pospešuju sađenjem mahunarki poput deteline. Onda je nemački hemičar Fric Haber pre jednog veka izmislio proces kojim bi azot iz atmosfere pretvorio u hemijsko đubrivo. Danas se oko 80 miliona tona azota koristi za podubranje polja. Navodnjavanjem se taj azot sliva u reke i okeane, ubija osetljive vrste i uništava ekosistem.

Fosfor koji se takođe koristi za đubrenje deo je istog problema. Gotovo polovina od 20 miliona tona koje se tokom godine iskopaju, završi u okeanu.

# 3. Zakiseljenje okeana

**Globalni prosečni odnos zasićenosti aragonita (ne sme biti manji od 2,75:1)**

**Granična vrednost – 2,75**

**Trenutna vrednost – 2,9**

**Vrednost pre industrijske revolucije – 3,44**

**Granica nije pređena**

Do pre jedne decenije nije se mnogo govorilo o kiselosti okeana, ali naučnici tvrde da je stvar jednostavna, i nimalo naivna: previše



ugljen-dioksida u atmosferi znači da i okean apsorbuje više CO<sub>2</sub>, stvarajući ugljenu kiselinu. Naučnici navode da je pH vrednost (kiselost) površine okeana pala sa 8,16 tokom industrijske revolucije, na sadašnjih 8,05. Sama kiselost nije problem ali ona dalje utiče na hemijsku ravnotežu okeana tako što smanjuje količinu kalcijum-karbonata na površini vode. Kalcijum-karbonat važan je sastojak za mnoga morska stvorenja, uključujući korale i sve životinjice koje imaju školjku i kojima bi, u slučaju da se ovakav trend nastavi – pretilo izumiranje.

# 4. Klimatske promene

**Radijaciono forsiranje**

**Koncentracija karbon-dioksida u atmosferi (Ppm)**

**Granična vrednost – 350**

**Trenutna vrednost – 387**

**Vrednost pre industrijske revolucije – 280**

**Granica je pređena**

Radijaciono forsiranje meri razliku između dolazeće i odlazeće radijacione energije preko različitih slojeva atmosfere. Rezultat pozitivnog radijacionog forsiranja je otopljanje. Naučnici su izračunali da je od industrijske revolucije i 1750. godine emisija CO<sub>2</sub> porasla drastično. Zapravo, smatra se da je postojeći nivo najviši u poslednjih 800.000 godina, a verovatno i poslednjih 20 miliona godina.

Na primer, 1990. godine kroz sagorevanje fosilnih goriva i proizvodnju cementa u svetu je ispušteno 6,15 gigatona ugljenika, a 20 godina kasnije, tokom 2010, čovek je na isti način generisao 9,14 gigatona. Tokom 1990, promene u nameni zemlje uzrokovale su ispuštanje 1,45 gigatona ugljenika, dok je 2010. na isti način stvoreno 0,87 gigatona ugljenika.



Ugljen-dioksid se tako iz godine u godinu taloži u atmosferi, tako da je 2009. godine dostigao nivo koji je za 39 odsto viši od vrednosti preindustrijske ere.

# 5. Plodna zemlja

**Granična vrednost zemlje pod usevima – manje od 15 odsto zemlje (bez zemlje pod ledom)**

**Trenutna vrednost – 11,7**

**Vrednost pre industrijske revolucije – niska**

**Granica nije pređena**

Trenutno se usevi uzgajaju na oko 16 miliona kvadratnih kilometara. Očekuje se da će se granična vrednosti od 15 odsto površine zemlje (ne računajući onu pod ledom) dostići sredinom veka. Naučnici napominju da je najveći problem stvaranje obradive zemlje na mestima gde su rasle tropske šume. Oko polovine tropskih šuma je nestalo upravo na ovaj način zbog čega se širenje obradivog tla smatra vodećim problemom koji izaziva klimatske promene i stvara negativan uticaj na





kruženje vode. Nešto manji problem, sa istim posledicama, jeste širenje urbanih naselja na nekada zelene delove kontinenta, najviše u južnoj Aziji, u Severnoj Americi i pojedinim delovima Evrope.

## 6. Sveža voda

**Globalna čovekova potrošnja vode (u kubnim kilometrima godišnje)**  
**Granična vrednost – 4000**  
**Trenutna vrednost – 2600**  
**Vrednost pre industrijske revolucije – 415**  
**Granica nije pređena**



Zahvaljujući čovekovom preusmeravanju mnogih tokova i građenju brana, četvrtina rečnog sistema planete Zemlje više ne stiže do okeana, makar u jednom delu godine. Isušuje se zemljište, izumiru biljke, riba i druge životinje.

Čovek sebi i ostatku živog sveta stvara nekoliko životnih problema: nastaje manjak pijaće vode, nedovoljno je vode za navodnjavanje biljaka, a nedostatak vode utiče i na klimatske promene. Tamo gde stiže znatno manje vode do mora, leta postaju toplija i zime hladnije, a suša vlada čitave godine. Očekuje se da će seča amazonskih šuma smanjiti vlažnost tropske Amerike, a lančano će promeniti i klimu u severnoj hemisferi, uključujući i monsunu u Aziji.

## 7. Koncentracija ozona

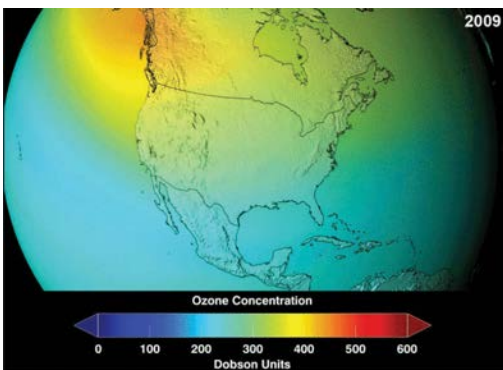
**Koncentracija stratosferskog ozona (Dobsona)**

**Granična vrednost > 276**

**Trenutna vrednost – 283**

**Vrednost pre industrijske revolucije – 290**

Dijagnoza u slučaju koncentracije ozona glasi: bezbedna, poboljšava se. Ozonska rupa koja se formirala u stratosferi nad Antarktikom tokom sedamdesetih godina bila je prekretnica u ekološkoj svesti ljudi. U to vreme još nije postojalo razumevanje da hemikalije koje kori-



stimo mogu da nas oštete na jedan tako "udaljeni" način. Zahvaljujući alarmiranju javnosti, reakcija je bila brza: zabranjene su brojne hemikalije koje utiču na uništavanje ozona i naučnici kažu da smo sada bezbedni, ali napominju da opuštanja ne sme biti. Problem je

u tome što globalno otopljanje površine Zemlje čini da stratosfera ostane hladnija i preči otvaranjem nove ozonske rupe nad severnim kontinentima.

## 8. Atmosferske aerosoli

**Ukupna čestična koncentracija u atmosferi**

**Vrednosti još nisu izmerene**

**Nije poznato da li je granica pređena**

Dok sagoreva ugaj, uništava otpad, pali šume, čovek "obogaćuje" atmosferu sa čađi, sulfatima i drugim vrlo štetnim supstancama. Globalna koncentracija aerosoli je duplo viša nego u vreme pre industrijske revolucije, a mnogi naučnici se slažu da je ova vrsta zagađenja jedna od granica naše planete. Međutim, čitava oblast nije dovoljno ispitana, a ni izmerena. Ukupna koncentracija ovih zagađenja u atmosferi nije poznata, a čak ni njihovo sadejstvo nije potpuno jasno. Na primer, sulfati (koji reflektuju sunčevo zračenje) uzrokuju hlađenje, a čađ (koja ga apsorbuje) – zagrevanje.



Uticao na čovekovo zdravlje mnogo je jasniji: zbog taloženja aerosoli u plućima čoveka milioni ljudi godišnje umru od bolesti povezanih sa bolestima pluća i srca.

## 9. Hemijsko zagađenje

**Koncentracija toksičnih supstanci, teških metala, plastike, radioaktivnog i drugog zagađenja u životnoj sredini**

**Vrednosti još nisu izmerene**

**Nije poznato da li je granica pređena**

Do sada smo napravili milione različitih hemijskih proizvoda u kojima je oko 100.000 hemijskih komponenti. Kao i atmosferske aerosoli, i hemijska zagađenja pre svega mogu izazvati posledice po zdravlje



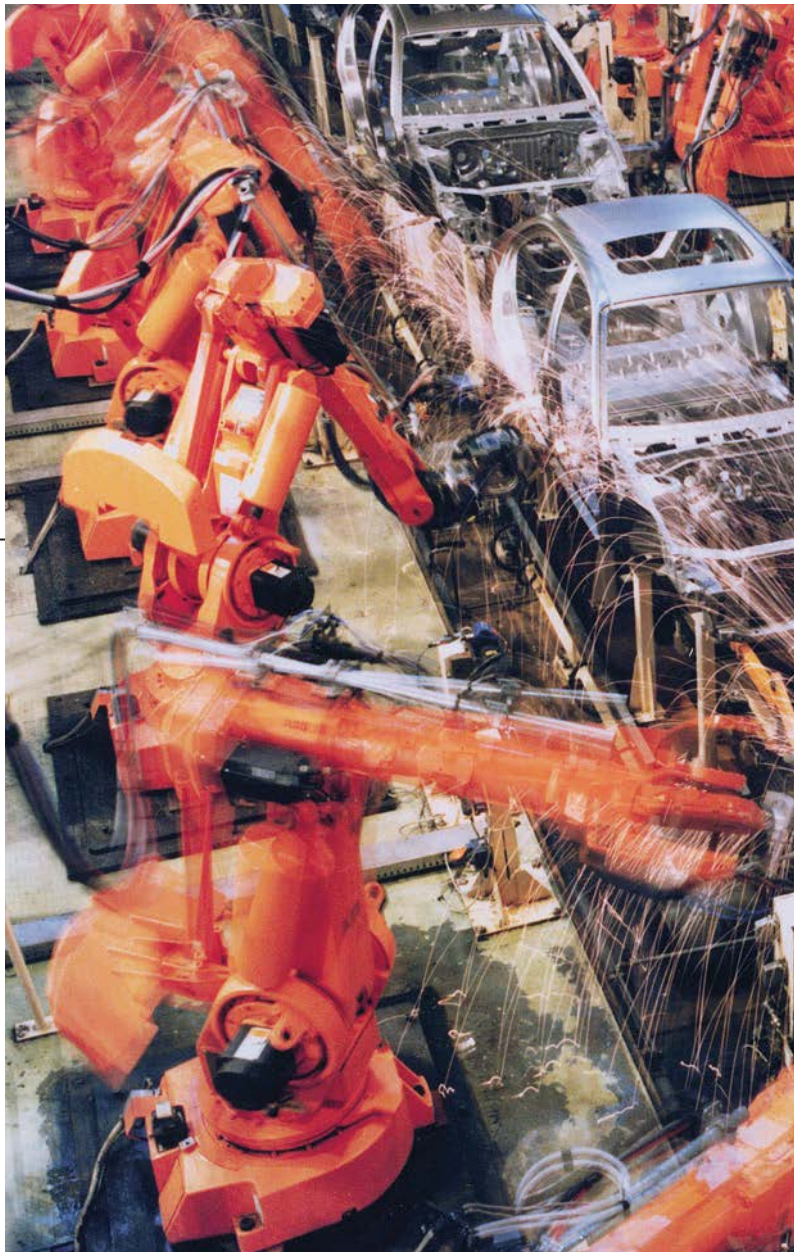
čoveka i živog sveta uopšte. Najopasniji su, smatraju naučnici, teški metali kao što je olovo, zatim organski zagađivači i radioaktivne supstance. Mnoge od njih talože se u tkivima i polako i konstantno truju organizam.

Uticao mnogih od ovih supstanci još nije ispitan. Neka istraživanja sugerišu da su autizam i hiperaktivnost kod dece uzrokovani upravo izlaganjem visokim koncentracijama nekih hemikalija. No, za sada se sve svodi na mala istraživanja, pa je granicu suviše rano postaviti.



# Era industrijskih robota

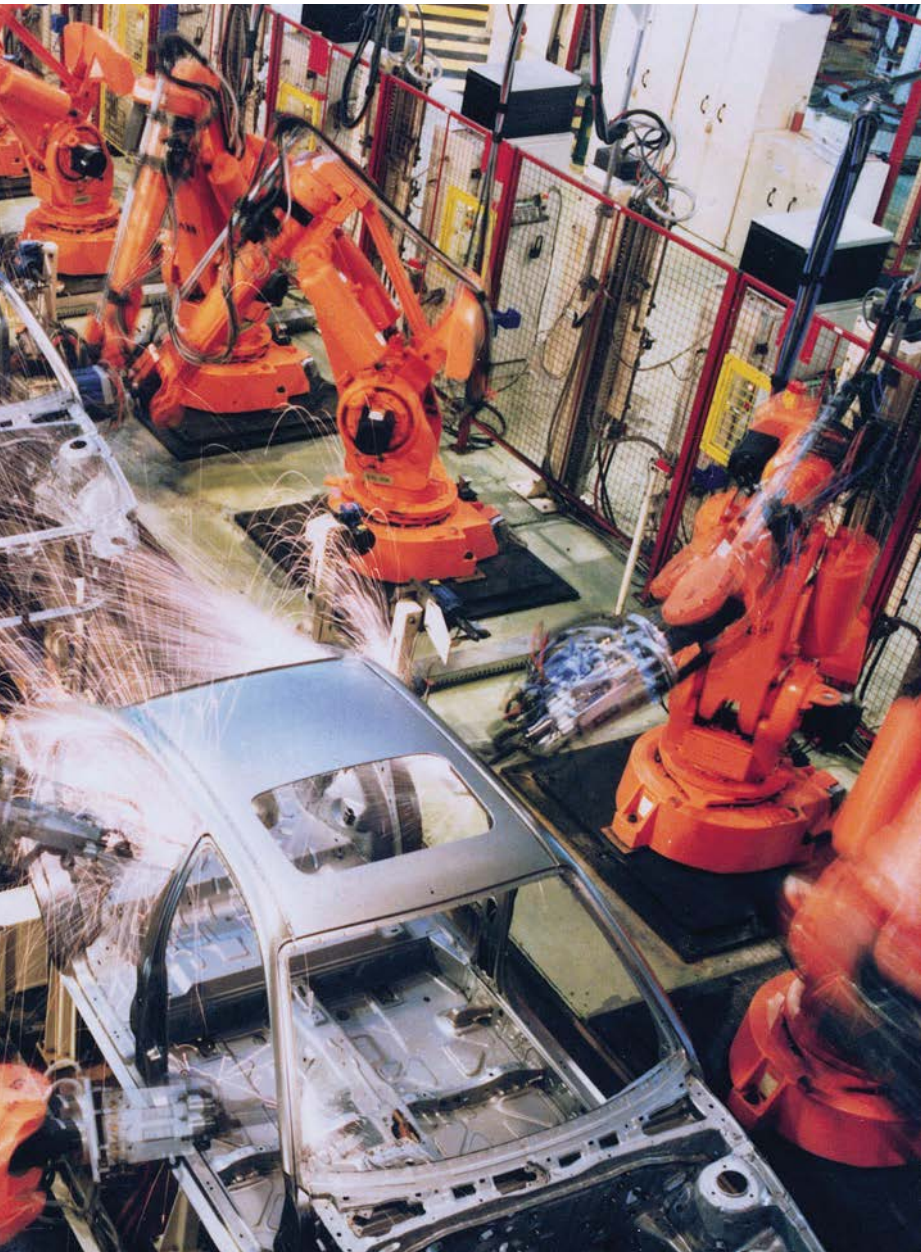
U Beogradu su počeli “Dani budućnosti”, naučnopopularna manifestacija posvećena robotici koja će trajati do 15. oktobra. Biće to najveći skup robota koji je Srbija dosad videla. U organizaciji Centra za promociju nauke i Elektrotehničkog fakulteta u Beograd su stigli robot ASIMO, humanoidi kao što su ECCE i NAO, ali i brojni industrijski roboti. Povodom ove manifestacije, “Vreme nauke” prenosi tekst iz publikacije “Roboti”, koju je izdao Centar za promociju nauke



**G**radić Iving Taunšip u Nju Džersiju, pre pola veka. Budi se prolećni dan u jednom od središta američke industrijske moći. Dok se crveni i žuti oblaci nadvijaju preko šume fabričkih dimnjaka i električnih vodova, na ulicama koje vode ka pogonima Dženeral motorsa, kao i svakog jutra, iz polutame praskozorja izvire reka radnika sa žutim šlemovima i metalnim torbicama za užinu.

Međutim, ovo obično radničko jutro sa početka šezdesetih godina postaće jedan od prelomnih trenutaka u tehnološkoj istoriji – sa njim se otvara era koja će u ne tako dalekoj budućnosti promeniti industrijsku proizvodnju. Pred transportnim ulazom u pogone Dženeral motorsove fabrike automobila Inland Fišer Gajd, kroz koji neprekidno prolaze kamioni iz svih krajeva Amerike, zaustavlja se vozilo malo poznatog





UZ FABRIČKU TRAKU: Roboti prave automobile

preduzeća *Unimation* iz Danburija u Konektikatu. Samo retki među inženjerima znaju kakvu mašinu on dovozi i da će na novu traku za live-nje delova prvi put biti ugrađen i jedan – robot.

Tako je, naime, u proleće 1961. godine na automobilsku traku Dženeral motorsa stigao prvi industrijski robot – *Unimate*. Kontrolisala ga je jednostavna elektronika zasnovana na vakuumskim cevima, koju će tek naknadno zameniti tranzistori. *Unimate* je zapravo predstavljao običnu mehaničku ruku, koja je zahvaljujući automatici prvi put mogla da izvrši brojne automatske radnje i to uglavnom one koje su preteške ili suviše opasne za radnike. U fabrici Dženeral motorsa, kojoj je prodat i isporučen prvi prototip, *Unimate* je na traku postavljao usijane livene odlivke delova automobila, što je posao koji je za čoveka pre toga bio izuzetno opasan.

Kao prva mašina koja je zauzela radno mesto na kom je pre toga radio isključivo čovek, *Unimate* će se proslaviti širom sveta. On se jedne večeri pojavljuje i kao gost u široj Amerike popularnom televizijskom šou-programu Džonija Karsona. Uz opšte oduševljenje, *Unimate* u živom programu ubacuje lopticu za golf u šolju, sipa pivo i čak drži dirigentsku palicu. U međuvremenu, nakon Dženeral motorsa, ovog robota do kraja šezdesetih kupuju i drugi automobilski giganti kao što su Krajsler, Ford i Fijat, a uskoro se otvara put i za druge robotske ruke u svim granama industrije. Čini se da će roboti brzo osvojiti svet.

*Unimate* robota je izmislio američki pronalazač Džordž Devol (1912–2011), koji zapravo nikada nije imao želju da se bavi robotima. No, nakon manje ili više uspeha sa raznim automatima patentiranim tokom Drugog svetskog rata, Devol 1954. razvija i prijavljuje američkom patentnom zavodu Univerzalni automat, sa idejom da napravi mašinu koja će uz jednostavnu automatiku biti u mogućnosti da korisnicima obavlja razne poslove, a ne samo da izvršava isti zadatak kao automat za kafu ili prodaju limenki. Na predlog svoje supruge, novom automatu daje ime *Unimate*, a nakon mnogo čekanja, patent mu biva prihvaćen 1961. godine pod rednim brojem 2.988.237.

U međuvremenu, za njegov izum se interesuje Džozef Engelberger, sa kojim se udružuje u potrazi za finansijama, a zatim i pokreće kompaniju *Unimation* u Konektikatu. Nakon neuspešnih pokušaja da izum prodaju proizvođačima aviona, Engelberger i Devol uspevaju da ubede Dženeral motors u prednost ovog izuma i prodaju mu prvi *Unimate*.

Nakon uspeha *Unimatea*, počinje era industrijskih robota. Svakako presudan stepenik u njihovom

daljem razvoju predstavljala je pojava takozvane Stenfordske ruke, koja je bila prvi pravi autonomni industrijski robot – automatska ruka sa čak šest stepeni slobode. Ovog robota je na kraju šezdesetih, upravo u vreme kad Amerikanci sleću na Mesec, razvio student mehanike sa Stenforda, Viktor Šejnman.

Godinu dana kasnije Šejnman konstruiše novu Standardnu ruku, koju zatim prodaje Devolovoj i Engelbergerovoj kompaniji *Unimation*. Iz nje se potom razvija industrijski robot Puma. Ipak, Stenfordska ruka ostaje izuzetno dragocen poligon za naučno istraživanje i razvoj industrijske robotike. Zahvaljujući tome, vremenom roboti preuzimaju značajan deo proizvodnje i to, pre svega, na fabričkim trakama. Danas u svetu radi oko milion industrijskih robota.

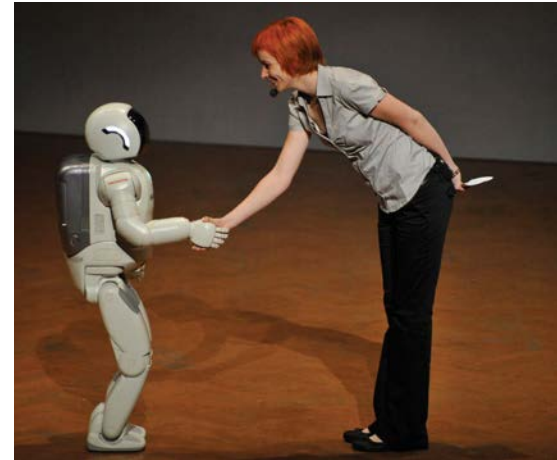


# Stigli “Dani budućnosti”



Beograd, 24. septembar 2012.

Foto: M. Milenković



Najveći festival robota u regionu upravo je počeo u Beogradu predstavljanjem popularnog humanoida, ASIMO robota, koji je tokom svog prvog nastupa u Beogradu igrao, pričao, služio piće, igrao fudbal, peo se uz stepenice i silazio niz njih, trčao i, uopšte, zabavljao publiku.

Nakon svečanog otvaranja manifestacije “Dani budućnosti: Robotika”, koju organizuje Centar za promociju nauke u saradnji sa Elektrotehničkim fakultetom Univerziteta u Beogradu, na sceni Zadužbine “Ilije M. Kolarca” čovekoliki robot pokazao je dosadašnji razvoj robotike. Uz nekoliko predavanja i obraćanja zvaničnika, prikazani su i trenutna dostignuća robotike, saznanja i dileme, ali je ukazano i na budućnost koja dolazi i dokle je stigla ova popularna grana nauke. Uz to, kako se nadaju organizatori, manifestacija je možda privukla i neke mlade ljude da se posvete upravo robotici.



Uz ASIMO robota koji svoje predstave izvodi u Zadužbini “Ilije M. Kolarca”, na manifestaciji koja traje sve do 15. oktobra posetioci će u Galeriji Robne kuće “Beograd” u Knez Mihailovoj 5, videti više od 25 robota iz raznih krajeva sveta.

U bogatom programu, koji obuhvata filmove, predavanja, tribine i radionice, posebno se izdvaja i gostovanje robota NAO i ECCEROBOT-a, kao i raznih drugih primeraka, od usisivača do industrijskih i vojnih. Uz robote, među gostima su i brojni robotičari iz celog sveta.

Vreme nauke je specijalni podlistak nedeljnika Vreme za nauku i tehnologiju koji izlazi poslednjeg četvrtka u mesecu.

Broj 42 objavljen je 27. septembra 2012.

Uređuju: Slobodan Bubnjević i Marija Vidić (Centar za promociju nauke, cpr.rs)  
e-mail: [vremenauke@vreme.com](mailto:vremenauke@vreme.com)  
Izdavač: NP Vreme, Beograd, Trg Republike 5  
Suorganizator projekta: Institut za fiziku u Beogradu

Vreme nauke je jedan od 88 projekata promocije nauke koje je u 2012. na Javnom pozivu podržao





# VREME

Copyright © NP Vreme, Beograd

Upotreba materijala iz ovog fajla u bilo koje svrhe osim za  
ličnu arhivu dozvoljena je samo uz pisano odobrenje NP Vreme

PDF IZDANJE RAZVILI: Saša Marković i Ivan Hrašovec

OBRADA: Marjana Hrašovec