

ZNAČAJ NANOTEHNOLOGIJE ZA GOSPODARSTVO

IMPORTANCE OF NANOTECHNOLOGY FOR ECONOMY

Stjepan Car

Sažetak

Suvremeno tržišno gospodarstvo temelji se na primjeni znanstvenih spoznaja i tehnoloških dostignuća te inovacija i poslovnoj učinkovitosti. Stvarati inovacije znači stvarati prednosti pred konkurencijom i time osiguravati zapošljavanje i graditi budućnost društva. Upravo su nanoznanost i nanotehnologija znanstveno područje od kojeg se danas najviše očekuje, jer znanja i vještine iz tog područja mogu bitno doprinijeti stvaranju novih tehničkih rješenja i novih proizvoda.

Glavni su pokretači razvitka nanotehnologije rast stanovništva i želja za kvalitetnijim životom, porast potrošnje energije i vode te potreba za većom sigurnošću. Danas, više no ikad prije, gospodarstvo ima potrebu za primjenom novih tehnoloških vještina. Očekuje se da će u idućih pet godina u svijetu biti otvoreno oko dva milijuna novih radnih mjesta za visokoobrazovano stanovništvo čija su znanja i vještine povezani s nanotehnologijom bilo u znanosti, obrazovanju ili proizvodnji, bilo u prodaji proizvoda baziranih na nanotehnologiji. U idućem razdoblju očekuje se da se i hrvatsko gospodarstvo, istraživačko-razvojne institucije i obrazovni sustav uključe u svjetske trendove daljnjega razvoja gospodarstva primjenom nanotehnologije.

Ključne riječi: *nanoznanost, nanotehnologija, nanočestice, znanstvena istraživanja, gospodarstvo.*

Abstract

The contemporary market economy is based on the application of scientific knowledge and technological achievements as well as on the innovations and business efficiency. To create innovation is to create competitive advantage, thus providing employment and building the future of society. Nanoscience and nanotechnology are fields with highest expectations, because knowledge and skills within this field can significantly contribute to the creation of new

technical solutions and new products.

The main drivers of the development of nanotechnology are population growth and the desire for the increase in the quality of life, as well as the increase in the energy and water consumption and the need for greater security. More than ever, the economy has a need for the application of new technology skills. In the next five years, about two million new job opportunities will be open for highly educated people whose knowledge and skills associate with nanotechnology - in terms of education and production or in selling products based on nanotechnology. In the forthcoming period, Croatian economy as well as R&D institutions and education system are expected to get involved in the world trends of further economy development by application of nanotechnology.

Keywords: *Nanoscience, nanotechnology, nanoparticles, scientific research, economy.*

1. Uvod

1. Introduction

Europsko i svjetsko poslovno okruženje ubrzano se mijenja a ciljevi Europske strategije 2020 za napredan, održiv i uključiv rast izazovi su i prilika za razvoj hrvatske industrije. Napredan(smart) rast podrazumijeva rast i razvoj gospodarstva temeljenog na znanju i inovacijama, održivi rast podrazumijeva pak rast koji uključuje učinkovito korištenje resursa uz ekološki prihvatljivo i konkurentno gospodarstvo a uključiv rast znači rast koji potiče visoku zaposlenost i društvenu uključenost te donosi ekonomsku, društvenu i teritorijalnu koheziju.

Važni mjerljivi ciljevi koji se žele postići do 2020. su:

- zaposlenost stanovništva između 20 i 64 godine na razini 75 %,

- ulaganje u istraživanje i razvoj na razini od 3 % BDP-a Europske unije,
- postizanje klimatsko energetske cilja 20-20-20,
- rano napuštanje školovanja ispod 10 % te minimalno 40 % mlade generacije s diplomom i
- manje od 20 milijuna ljudi izloženo riziku siromaštva.

Da bi Europska unija zadržala svoj vodeći položaj u globalnoj konkurenciji s jakom tehnološkom osnovom i industrijskim kapacitetima, odlučila je povećati strateška ulaganja u istraživanje i razvoj ključnih tehnologija koje omogućuju razvoj i brz dolazak do inovacija. Pritom se posebno podupiru inovacijske aktivnosti u malim i srednjim poduzećima i omogućuje pristup rizičnomu kapitalu za potporu financiranju istraživanja i razvoja, ali i za rast poslovanja kao i njihovu internacionalizaciju.

Europska strategija razvoja do 2020. postavljena je na tri glavna oslonca: izvrsnost u znanosti, industrijsko vodstvo i društvene izazove. Za postizanje industrijskoga vodstva ojačat će se industrijska konkurentnost u informacijskim i komunikacijskim tehnologijama, u tehnologijama vezanim uz svemir te u šest ključnih tehnologija koje će bitno pridonijeti inovacijama i konkurentnosti Europskih proizvoda: nanotehnologija, mikroelektronika i nanoelektronika, fotonika, napredni materijali, biotehnologija i napredni proizvodni sustavi. Sve te tehnologije utemeljene su na znanju, multidisciplinarnosti i kapitalno su intenzivne

ali relevantne za različite industrijske sektore te su temelj za ostvarivanje konkurentskih prednosti. U industrijskom razvoju predviđena je napredna (smart) specijalizacija, koja pretpostavlja korištenje konkurentskih prednosti regije, uzimajući u obzir sve utjecajne faktore: raspoložive resurse, tradiciju i iskustvo, ali i prilike za novi razvoj, vodeći računa o podjednakom teritorijalnom razvoju i punoj uključenosti zajednice.

Europska unija prepoznala je sedam društvenih izazova:

- zdravlje, demografske promjene i kvaliteta života
- sigurnost hrane, održiva poljoprivreda i šumarstvo, istraživanje mora, pomorstva i unutarnjih voda te bioekonomija
- sigurna, čista i učinkovita energija
- napredni (smart), zeleni i integrirani promet
- klimatska aktivnost, okoliš, učinkovitost resursa i sirovina
- Europa u promjenljivom svijetu – uključiva inovativna i promišljena zajednica
- sigurnost društva.

Za takav razvoj društva Europa je odlučila jače spojiti obrazovanje, istraživanje i poslovanje u takozvani trokut znanja (slika 1), što podrazumijeva spajanje akademskih znanstvenih istraživanja s poduzetničkim duhom i većim interdisciplinarnim fokusom na društvene i organizacijske prakse kao i na krajnje korisnike inovacija [1]. Privatna ulaganja u obliku javno-privatnoga partnerstva, europski strukturni i investicijski (ESI) fondovi kao instrumenti za



Slika 1. Trokut znanja [1]

Figure 1 The Knowledge triangle [1]

provedbu zajedničke europske kohezijske politike i Okvirni program OBZOR 2020 za istraživanje i inovacije na razini Europe za razdoblje 2014. – 2020. tri su ključne mjere za postizanje zacrtanih ciljeva Europske unije. Simultanim korištenjem sredstava iz programa OBZOR 2020 i ESI fondova osigurava se financijska potpora različitim, ali međusobno povezanim aktivnostima u procesu razvoja, istraživanja i inovacija.

Da bi se ubrzao i poboljšao proces stvaranja inovacija u poslovnom sektoru putem čvršće veze s akademskom zajednicom, EU će kod predlaganja i provođenja istraživačko razvojnih projekata posebno podržavati partnerstvo između poslovnog sektora, akademske zajednice i vladinih institucija (Triple Helix partnerstvo) a šira društvena uključenost na stvaranju društveno korisnih (socijalnih) inovacija, ostvarivat će se uključivanjem organizacija civilnog društva u projekte (Quadruple Helix partnerstvo). Očekuje se da će takvi principi rada prilikom stvaranja inovacija doprinijeti većoj kvaliteti inovacija i učinkovitosti procesa kao i svestranijoj primjeni što će osigurati brži svekoliki razvoj društvene zajednice.

Dakle, cjelokupni razvoj Europske unije zasniva se na inovacijama kao glavnom pokretaču svih promjena. Hrvatska kao suverena društvena zajednica ne smije zaboraviti spoznaju slavnoga prirodoslovca Charlesa Darwina: “Ne opstaju najjači i najinteligentniji, nego oni koji se najbrže prilagođavaju promjenama.” Stoga i naše društvo mora slijediti politiku svojega razvoja i pritom ne kopirati, nego fokusirati svoja istraživanja i inovacije na područja u kojima može uspjeti na globalnom tržištu [2,3,4,5].

2. Nanoznanost i nanotehnologija

2. Nanoscience and nanotechnology

Nanoznanost [6] podrazumijeva istraživanje i otkrivanje ponašanja svojstava materijala na nanoskali (dimenzija od 1 do 100 nanometara, slika 2). Nanotehnologija pak podrazumijeva način i vještine korištenja svojstava i ponašanja materijala na nanoskali. Ovdje se radi o rukovanju na razini pojedinačnih atoma i molekula, što omogućuje izradu materijala specifičnih novih svojstava.

Svojstva materijala [7] na nanometarskoj razini



Slika 2 Nanoznanost i nanotehnologija [6]

Figure 2 Nanoscience and nanotechnology [6]

znatno su drugačija od svojstava materijala na većim razinama jer:

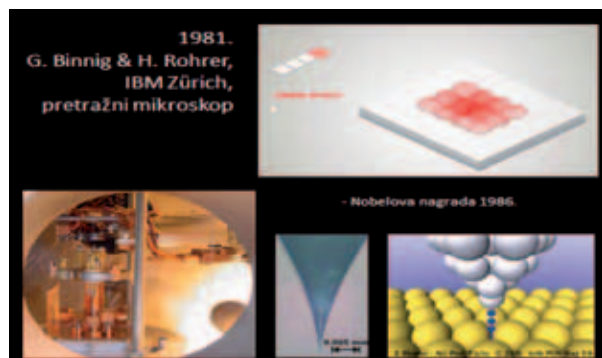
- nanomaterijali imaju znatno veću površinu u usporedbi s jednakom masom materijala veće razine, što im daje specifičnu kemijsku reaktivnost i nova fizikalna svojstva
- mada je još 1959. američki fizičar i nobelovac Richard Feynman pokazao čudesan svijet gradnje molekula, izradom pretražnoga mikroskopa (engl. scanning tunneling microscope – STM), koji su izumili Gerd Binnig i Heinrich Rohrer u IBM-u Zürichu 1981. (slika 3), omogućena su brojna istraživanja širom znanstvenih zajednica
- u ponašanju materijala na nanorazini prevladavaju kvantni efekti, koji pak utječu na elektromagnetska i optička svojstva materijala.

Utemeljiteljem nanotehnologije smatra se K. Eric Drexler, američki inženjer koji je 1981. u časopisu Proceedings of National Academy of Sciences objavio osnovne principe molekularnoga inženjerstva i skicirao razvojni put nanotehnologije. Izraz nanotehnologija prvi je uveo Norio Taniguchi još 1974. da bi opisao točnost izrade s nanometarskom preciznošću.

Glavni pokretač razvoja nanotehnologije jesu inovacije koje mogu doprinijeti rješavanju problema proizišlih iz:

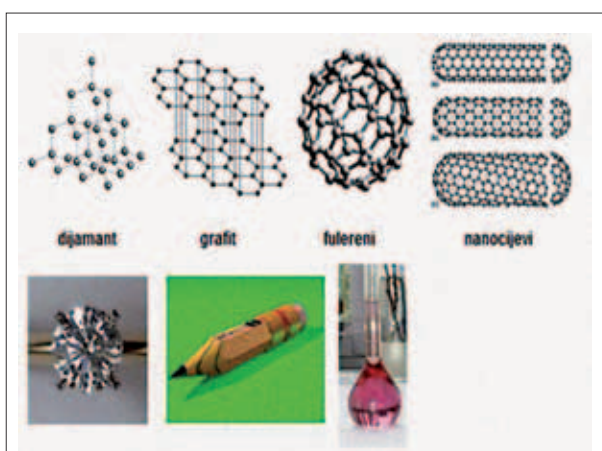
- želje za boljim životom
- porasta potrošnje energije i vode uslijed porasta broja stanovništva
- potrebe za većom sigurnošću.

Stoga su mnoge zemlje prepoznale taj potencijal nanotehnologije i to ne samo kao



Slika 3 Pretražni mikroskop koji radi na bazi tunel efekta [7]

Figure 3 Scanning microscope operated on the principle of the tunnel effect [7]



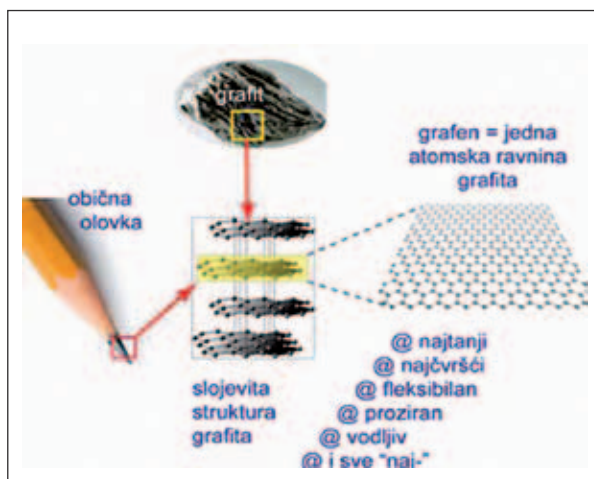
Slika 4 Ugljikove nanostrukture odnosno različiti materijali građeni samo od atoma ugljika [7]

Figure 4 Carbon nanostructures and different materials constructed only of carbon atoms [7]

gospodarskoga čimbenika nego i kao put kojim se mogu zadovoljiti potrebe suvremenoga društva.

Godine 1985. Robert Curl, Harold Kroto i Richard Smalley otkrili su čudesne ugljikove nanoptice – molekule sastavljene isključivo od ugljika u obliku šuplje kugle, nazvane fulerenima, a 1991. Sumio Iijima otkrio je ugljikove nanocijevi – cilindre načinjene od jednog sloja atoma ugljika, tvorevine specifičnih svojstava koje umnogome mijenjaju fizikalna svojstva kompozita načinjenih na njihovoj osnovi (slika 4). Veoma je zanimljiva tvorevina s jednorednim atomima ugljika – nazvana grafenom, koja je najtanja, najčvršća, fleksibilna, prozirna i električno vodljiva (slika 5).

Naravno, ima i drugih nanočestica, npr. SiC, TiO₂, SiO₂, za tvorbu kompozita ili promjenu



Slika 5 Godine 2004. Andre Geim i Konstantin Novoselov otkrili su prestižna svojstva jednoatomske ravnine grafita nazvane grafen, za što su 2010. dobili Nobelovu nagradu [7]

Figure 5 In 2004 Andre Geim and Konstantin Novoselov discovered the excellent performance of single atomic graphite plane called graphene, for that discovery they received the Nobel Prize in 2010. [7]

svojstava površina ili pak antibakterijsko djelovanje kakvo imaju nanočestice srebra. Može se slobodno reći da smo tek ušli u doba nanotehnologije, gdje nam predstoje mnoga nova otkrića i kreacije novih materijala.

To su samo neki primjeri bezkrajnih mogućnosti stvaranja novog svijeta tehnike i tehnologije u službi napredka društvene zajednice.

3. Obrazovanje i specijalizacije na području nanotehnologije

3. Education and specialization in the field of nanotechnology

Nanoznanost i nanotehnologija izrazito su interdisciplinarna područja koja uključuju potrebna znanja i vještine iz matematike, fizike, kemije, biologije s okolišem i znanja iz područja primjene kao što su elektrotehnika, strojarstvo, energetika, medicina i dr. Radi se dakle o sinergiji prirodnih znanosti i inženjerstva. To zahtijeva potpuno novi pristup visokoškolskomu obrazovanju, koje nije jednako u svim zemljama ni na svim sveučilištima. Sve ovisi o raspoloživim resursima, tradiciji i prihvaćanju promjena u obrazovnom sustavu, [8]. Znakovita su dva različita pristupa u Finskoj,



Slika 6 Obrazovanje o nanotehnologiji na Tehnološkom sveučilištu u Helsinkiju [8]

Figure 6 Nanotechnology education at the University of Technology in Helsinki [8]



Slika 7 Obrazovanje o nanotehnologiji na Jyväskylä sveučilištu u Finskoj [8]

Figure 7 Nanotechnology education at the University of Jyväskylä in Finland [8]



Slika 8 Područja specijalizacije u nanotehnologiji po regijama u Austriji [8]

Figure 8 Areas of specialization in nanotechnology within the Austrian regions [8]

oba fokusirana na primjenu znanja i vještina u razvoju novih proizvoda (slike 6 i 7) ali i teritorijalna specijalizacija prema industriji koja postoji ili će se razvijati na dotičnom području. Bitno je napomenuti da sve razvijene države i države u razvoju veliku pozornost posvećuju znanstvenim istraživanjima i korištenju rezultata takvih istraživanja za boljitak društva, a korisnici usmjeravaju aktivnosti i sufinanciraju ih.

U Hrvatskoj se spoznaje o nanotehnologiji mogu steći tek na doktorskim studijima u okviru kojih se provode znanstvena istraživanja ili sudjelovanjem u timovima istraživačko-razvojnih projekata koji se najčešće financiraju iz fondova Europske unije. Druga je značajka pristupa nanotehnologiji regionalna specijalizacija za pojedina područja primjene, što nije praksa samo u Europi nego i u Sjedinjenim Američkim Državama, ali ne samo geografski većih zemalja nego i manjih, nama sličnijih, kao što su Finska i Austrija (slika 8). Razlog tomu leži u provođenju politike regionalne specijalizacije prema konkurentskim prednostima regije i tako efikasnijem korištenju skupe znanstveno-istraživačke infrastrukture i ljudskih potencijala, ali i ravnomjernijega gospodarskog razvoja zemlje.

4. Neki primjeri primjene nanotehnologije

4. Some examples of nanotechnology

“Nanotvorenje” se mogu sresti svakodnevno u prirodi, npr. kod leptira, lopoča ili guštera. Leptirova krila mijenjaju boju mijenjanjem oblika nanodijelova površine krila koji različito reflektiraju zrake svjetlosti. Tako se postiže efekt promjene boje (slika 9).

Jesmo li se pitali zašto je list lopoča uvijek čist, a raste u prljavoj vodi i često na njega skaču žabe prljavih nogu? To je zato što površina lista nosi nanodlačice, pa uslijed površinske napetosti kapljice vode ne prodiru do same površine lista. Nakon isparavanja vode, koja je možda i nosila neke nečistoće, strujanje zraka odnese prljavštinu i površina lista uvijek ostaje čista. U literaturi se takvo ponašanje površine koja ne upija tekućine naziva lotus efekt. Taj se efekt koristi i u izradi neupijajućih tkanina koje već postoje na tržištu. Niti tkanine nose nanodlačice, pa tkanina uslijed

adhezijskih sila tekućine ne prodire u tkaninu nego se kapljice kotrljaju po njoj (slika 10).

Kako se gušter može penjati po glatkoj površini? Odgovor leži u gibljivim nanodlačicama na vrhovima prstiju noga (slika 11). Veoma mnogo nanodlačica u kontaktu je s glatkom površinom, a uslijed njihove gibljivosti mijenja se veličina površine prianjanja, a time i otpor trenja koji drži guštera. Na toj ideji moglo bi se proizvesti Spiderman odijelo.

U nanotehnologiji se dakle ne radi samo o slaganju atoma i molekula u specifične nove tvorevine koje ne postoje u prirodi nego i o samim nanotvorevinama, koje imaju sasvim drugačija mehanička svojstva od tvorevina mikrometarskih dimenzija. Stoga je bionika, biološka znanost koja proučava funkcije živih bića i time rješava mnoge inženjerske probleme, iznimno važna za razvoj i primjenu nanotehnologije.

Posebno važno područje primjene nanotehnologije je djelovanje različitih nanočestica na žive organizme s obzirom na to da nanočestice, zbog svojih dimenzija, mogu proći kroz staničnu opnu i djelovati na stanicu. To svojstvo nanočestica metala već se danas koristi za proizvodnju “nesmrđljivih” tkanina. Naime, nanočestice metala kojima su obložene niti tkanine ubijaju bakterije (slika 12).

Nanotehnologija ima veoma značajnu ulogu i u medicini. Nanostrukturirani lijekovi, biosenzori, prevlake i implantati, nosači lijekova, ali i dijagnostika čitanjem DNK-a, samo su neka područja medicine gdje se očekuje najveći doprinos ljudskom zdravlju (slika 13).

Radi lakšega praćenja zbivanja na području primjene nanotehnologije, ona se može segmentirati na:

- nanomaterijale
- nanoelektroniku
- nanomedicinu
- molekularnu nanotehnologiju
- alate i uređaje za nanotehnologiju.

Nadalje, prema području istraživanja, nanotehnologija se može podijeliti na potpodručja:

- funkcijski nanomaterijali: nanoprevlake, nanokompoziti, nanovlakna,...
- nanomaterijali za procese: kataliza, skladištenje električne energije, fotonaponski članci, gorivni članci, termoelektrični članci, nanosenzori,...

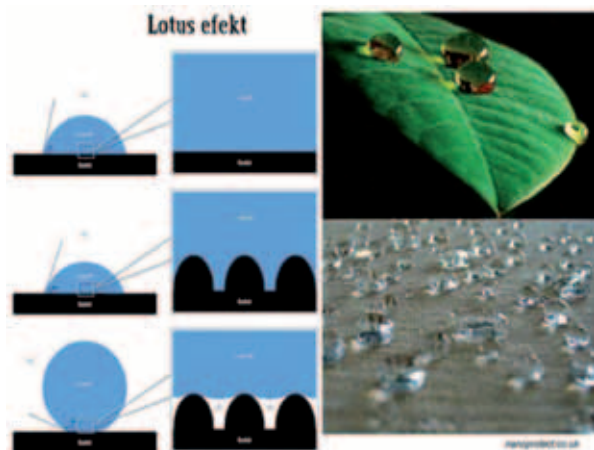
- nanoelektronika i nanofotonika: poluvodički nanokristali i fotonički elementi
- nanohrana: funkcionalna hrana, nanoemulzije, biozaštitne površine,...
- samosložive molekularne nanostrukture: DNK nanostrukture, 2D molekularne strukture,...
- nanomedicina: izrada i pozicioniranje lijekova, biopodnošljivi materijali, biosenzori, dijagnostika,...

Sve ovo pokazuje ogromnu širinu za znanstvena istraživanja u nanotehnologiji te veliki potencijal za primjenu u gotovo svim područjima ljudskoga djelovanja. Stoga se s pravom može tvrditi da će



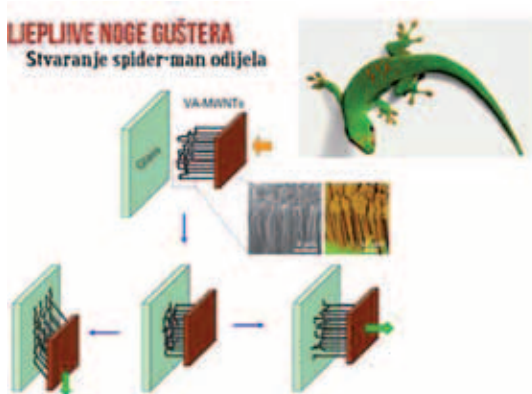
Slika 9 Nanostruktura krilaca leptira koja mijenjaju boju uslijed promjene oblika nanopovršina [7]

Figure 9 Nanostructure of the butterfly wings that change colour due to a change of nanosurface [7]



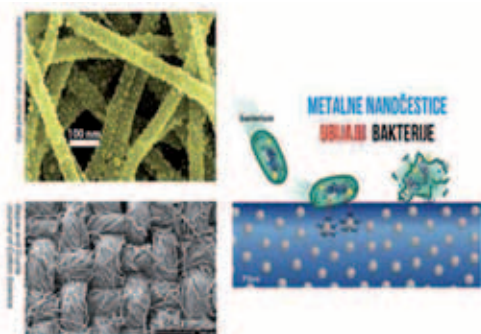
Slika 10 Nanotehnologija u izradi tekstila s lotus efektom, koji se susreće u prirodi kod lista lopoča [7]

Figure 10 Nanotechnology in the production of fabrics with lotus effect, in the nature this effect is encountered in lotus leafs [7]



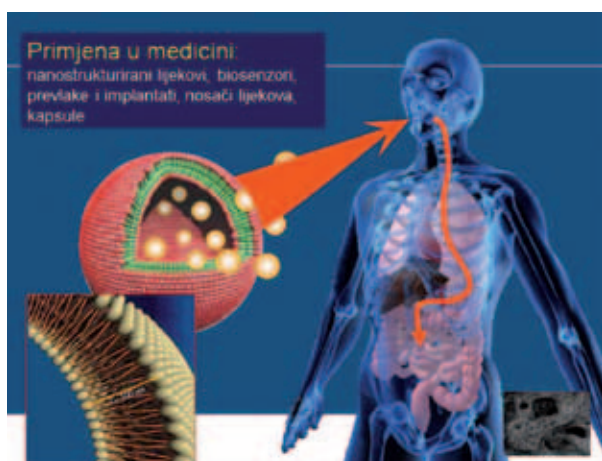
Slika 11 "Ljepljive" noge guštera koje prijanjaju uslijed gibljive nanostrukture vrhova prstiju [7]

Figure 11 Sticky lizard feet adhere due to moving nanostructure of the fingertips [7]



Slika 12 Zaštita vlakana tekstila metalnim nanočesticama koje ubijaju bakterije i štite tekstil od neugodnih mirisa [7]

Figure 12 Nanoparticle metal protection of the textile that kills bacteria and protects textiles from the odor [7]



Slika 13 Primjena nanotehnologije u medicini: nanostrukturirani lijekovi, biosenzori, prevlake i implantati, nosači lijekova... [7]

Figure 13 The application of nanotechnology in medicine: nanostructured drugs, biosensors, coatings and implants, drug carriers ... [7]

21. stoljeće biti obilježeno snažnom primjenom nanotehnologije, koja će postati čvrst oslonac za razvoj gospodarstva, baš kao što je to danas informatičko-komunikacijska tehnologija [8].

Prema podacima Credit Suisse, godišnji porast vrijednosti proizvoda u čijoj se proizvodnji primjenjuje nanotehnologija iznosi oko 20%. Već sljedeće godine očekuje se vrijednost prodaje od oko 1000 mlrd. USD, a na tom će području biti zaposleno preko 2 milijuna ljudi. Stoga je to velik izazov i za Hrvatsku, posebice za njenu znanost i gospodarstvo [9].

5. Zaključak

5. Conclusion

Kao jedna od ključnih tehnologija 21. stoljeća, nanotehnologija već danas ima veliki utjecaj na tehnološki razvoj gospodarstva, a u idućem razdoblju taj će utjecaj biti impresivan. Naime, nanotehnologija omogućuje stvaranje novih materijala specifičnih svojstava, a time i inovativnih proizvoda prestižnih karakteristika kao ključne poluge konkurentnosti proizvoda na globalnom tržištu. Kolika je njezina važnost najbolje govori strateški dokument Europske unije iz područja istraživanja i inovacija OBZOR 2020. Primjena rezultata znanstvenih istraživanja očekuje se u gotovo svim društvenim izazovima koje je Unija prepoznala za razdoblje 2014. – 2020. godine.

Nanoznanost je izrazito interdisciplinarna i zahtijeva novu strukturu visokoškolskoga obrazovnog programa, koji treba staviti naglasak na matematiku, fiziku, kemiju i biologiju s okolišem, a zatim na specijalizaciju za područje primjene. Današnja mogućnost stjecanja znanja o nanotehnologiji u Hrvatskoj jedino doktorskim studijima, neefikasan je put jer predugo traje i nije poduprt izgradnjom odgovarajuće infrastrukture ni ozbiljnom suradnjom s budućim korisnicima rezultata novih spoznaja u nanoznanosti.

S obzirom na širinu moguće primjene nanotehnologije, kao i kapitalno iznimno zahtjevno područje, nužna je veoma uska suradnja s gospodarstvom, od kojeg se očekuje da usmjerava istraživanja da bi primjena rezultata bila što brža, svrsishodna i isplativa. Velika prilika za ovladavanje ovom ključnom strateškom

tehnologijom je uključivanje znanstvene zajednice i gospodarstva u međunarodne istraživačko-inovacijske programe kako bi se ubrzao

prijenos znanja i vještina na gospodarstvo i došlo do primjene nanotehnologije u hrvatskom gospodarstvu.

6. Reference

6. References

- [1] Leceta, J. M., "Catalysing innovation in the knowledge triangle", European Institute of Innovation & Technology, Office of the European Union, Luxembourg, 2012.
- [2] Puljiz, J., "Prijedlog Partnerskog sporazuma Republike Hrvatske za korištenje ESI fondova u razdoblju 2014. – 2020. u kontekstu Europa 2020 Strategije", Partnerske konzultacije, PP prezentacija, Zagreb, 2014.
- [3] Derk, M., "Prijedlog Operativnog programa iz područja konkurentnosti i kohezije za financijsko razdoblje 2014. – 2020.", Partnerske konzultacije, PP prezentacija, Zagreb, 2014.
- [4] Rajaković, M., "Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske", Ministarstvo gospodarstva, Partnerske konzultacije, PP prezentacija, Dubrovnik, 2014.
- [5] Basarac, G., "Mogućnosti financiranja istraživanja, tehnološkog razvoja i inovacija iz Financijske perspektive EU 2014. – 2020.", Ministarstvo gospodarstva, Partnerske konzultacije, PP prezentacija, Dubrovnik, 2014.
- [6] Jukić, A., "Nanoznanost i primjena nanotehnologije", Nacionalno vijeće za znanost, PP prezentacija, 2008.
- [7] Vuletić, T., "Nanotehnologija", Tribina Hrvatsko bioetičko društvo, PP prezentacija, 2014.
- [8] Car, S., "Struktura obrazovanja i poticanje razvoja gospodarstva temeljenog na nanotehnologiji", Nacionalno vijeće za znanost, PP prezentacija, 2008.
- [9] Car, S., "Primjena nanotehnologije u elektroindustriji-nove prilike za inovacije", 7.dani inženjera elektrotehnike, HKIE, Zadar, 25.-27. rujna, 2014. str. 82-103 (pozvano predavanje)

AUTHOR · AUTOR

Stjepan Car – nepromijenjena biografija malazi se u časopisu P & D Vol.1, No.1, 2013.

Korespondencija:

scar@koncar-institut.hr