

Inženir

SLOVENSKA INŽENIRSKA ZVEZA

1. 2009

INŽENIR, Vol. 2: letnik 2009, številka 1

Izdaja Slovenska inženirska zveza - SIZ

Published by the Association of Engineering Societies in Slovenia

1.2009

V zadnjih nekaj letih sta nanotehnologija in oznaka "nano" postali čudežni besedi za privabljanje raziskovalcev, inženirjev, sanjačev, mislecev, pa tudi vseh tistih, ki se zavedajo, da je stalni napredek tehnologije nujen. Odlika človeka je prav njegova želja in včasih celo nuja po ustvarjanju novega, po razumevanju obstoječega, po popravljanju napak in snovanju boljšega sveta.

– Iz uvoda v strokovnem preglednem prispevku o nanotehnologiji

INŽENIR

izdaja **Slovenska inženirska zveza - SIZ**
v sodelovanju z **Inženirsko zbornico Slovenije - IZS**

ENGINEER

published by **the Association of Engineering Societies in Slovenia - SIZ**
in cooperation with **the Slovenian Chamber of Engineers - IZS**

-
UDK (UDC): **62** ISSN: **1855-0290**

-
Vol. 2: letnik 2009, številka 1

Uredništvo in uprava / *Editor Office:*

Slovenska inženirska zveza
Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana, Slovenija
zveza.ing@siol.net

Glavni in odgovorni urednik / *Editor:*

prof. dr. Baldomir Zajc
baldomir.zajc@fe.uni-lj.si

Uredniški odbor:

mag. Črtomir Remec, dr. Branko Zadnik,
dr. Željko Vukelić, Marija Šadl – Sraka,
doc.dr. Jože Kortnik, Aleš Rastko
in prof.dr. Marko Jagodič

Strokovni svet:

vsi predsedniki posameznih Zvez - članic SIZ

Transakcijski račun / *Bank Account:*

19140-5000016063 – DBS d.d. Ljubljana

Davčna številka:

15627799

-
Oblikovanje / *Design:* **studiobotas**

-
Tisk / *Press:* **Somaru, Ljubljana**

VSEBINA

Predgovor urednika 4

Uvodni nagovor dr. Andraž Legat
direktor Zavoda za gradbeništvo 6

Pogovor z Japcem Jakopinom 8

Elektrotehniška zveza se predstavi 12

STROKOVNI ČLANKI

Sodobni pristopi k razvoju ovoja stavb prihodnosti
Tomaž Popit, Trimo d.d. 16

Alu-steklena dvojna elementna fasada
Sebastijan Krempf, Rudi Hajdinjak, Reflex d.o.o. 22

Ozelenjene strehe
dr. Roman Kunič, Fragmat Tim d.d. 28

Učinkoviti fasadni premazi
dr. Mojca Japelj Fir, CBS Inštitut d.o.o. 34

STROKOVNI PREGLEDNI PRISPEVEK

Nanotehnologija in nano-varnost
dr. Maja Remškar, Institut „Jožef Stefan“ 42

PREDGOVOR UREDNIKA



Vstopili smo v drugo leto revije INŽENIR in pred Vami je prva številka tega letnika; druga Vam bo prišla v roke kasneje v jeseni.

Tokrat želimo širši inženirski srenji, pa tudi ostalim, ki našo revijo vzamejo v roke, poleg drugih zanimivih tem predstaviti moderno tehnologijo – nanotehnologijo. Pojem srečamo danes prav na vsakem koraku, vendar si zastavimo pri tem še vprašanje kaj in koliko o tem že vemo, oziroma, kako ta pojem sploh razumemo. Nanotehnologija bo imela v prihajajočem času tako zelo močan tehnološki vpliv na družbo, kot ga je imela mikroelektronika v zadnjih desetletjih pri razvoju današnje informacijske strukture človeške družbe in ta vpliv še zdaleč ni končan, ampak morda celo na vsakem koraku še vedno bolj prispeva k temu. Zato bo v strokovnem preglednem prispevku, v zadnjem delu te številke, o nanotehnologiji spregovorila dr. Maja Remškar. Govor bo o njenem razvoju in pomenu, pa tudi o slabih vplivih in o tem, kaj vse bo vedno bolj vstopalo v naše vsakdanje življenje in ga počasi preoblikovalo.

Še kdo bi bil sicer pripravljen o tem kaj napisati, kdaj jeseni, toda mi smo to vsebino načrtali za prvo številko in ta je morala iziti pred jesenjo. Današnji čas daje prednost v prvi vrsti ustanavljanju t.i. »centrov odličnosti« prav v tem trenutku in pisanju člankov za »indeks citiranosti« pa že kar nekaj časa. Temu pripisujejo različni ljudje različen pomen. Sam sem na strani tistih, ki menijo, da to za napredek gospodarstva, ki naj bi nam bil

danes nujno potreben, in bo ostajal gotovo naša skrb tudi v prihodnosti, še zdaleč ne bo dovolj. Všeč mi je bil model v sosednji državi, da je ta sprejela polovico stroškov raziskave, ko je šla ta v proizvodnjo.

Dr. Maja Remškar ni samo vrhunska raziskovalka na Institutu Jožef Stefan in ni le teoretik, pač pa je okoli nje, poleg centra odličnosti, nastala tudi proizvodna enota za nano-materiale. Skromno trdi, da je ta šele na začetku, prav, vendar gre v smer, ki jo človeštvo mora vedno izbrati za svoj napredek oziroma svoje boljše življenje. Končno je to tudi smer, v katero so inženirji vedno ubirali svojo vsakodnevno pot.

Povabili smo direktorja Zavoda za gradbeništvo Slovenije gospoda dr. Andraža Legata. Tokrat to ni čisti politik, ampak direktor institucije, ki sodeluje na mnogih raziskovalnih EU projektih in sodeluje v mednarodnih strokovnih združenjih. Je sicer tudi neke vrste politik, vendar predvsem strokovnjak, ki ima svojo gradbeniško stroko vedno pred očmi.

Na razgovor smo povabili tudi uspešnega gospodarstvenika Japca Jakopina, ki skupaj z bratom Jernejem že 25 let razvija, v svetu vodilno navtično podjetje, Seaway. Obiskali smo uspešno podjetje!

K predstavitvi smo v tokratni številki povabili tudi Elektrotehniško zvezo Slovenije, ki je ena najbolj aktivnih članic Slovenske inženirske zveze.

V rubriki strokovnih člankov predstavljamo štiri prispevke na temo: Nove tehnologije stavbnega ovoja slovenskih proizvajalcev. Ovoj stavbe je vedno bolj pomemben, ne samo z estetskega ampak tudi z energetskega vidika. Naj predstavim avtorje, to so: Tomaž Popit - Trimo, Sebastijan Krempel in Rudi Hajdinjak – Reflex, dr. Roman Kunič – Frammat Tim in dr. Mojca Japelj Fir – CBS Inštitut.

In še nekaj mojih besed inženirjem ter vabilo.

Slovenska inženirska zveza si prizadeva, da bi rasel vpliv inženirjev v družbi; tudi politični vpliv. Da bi se bolj zavedali strokovnega pomena inženirjev, budi SIZ zanimanje mladine za tehniške poklice in še marsikaj. Obseg dela je iz dneva v dan večji, za uresničevanje potrebna konkretna sredstva pa je vedno težje pridobivati. Za naročnino na revijo ni velikega zanimanja, oglasov pa je toliko, kolikor jih pač uspemo pridobiti. Nato so še projekti, vedno v naših ciljnih načrtih, vendar je tudi te težko pridobiti. Čez leto in pol bo nastopila še ena možnost pomoči, s katero vas danes le seznanjam, drugo leto pa bomo objavili o tem več podrobnosti.

S svojim delom na projektu »Razvito v Sloveniji« v letu 2008 in drugimi številnimi projekti smo uspeli pri Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo pridobiti status društva s posebnim družbenim pomenom, kar SIZ uvršča na seznam organizacij, katerim je mogoče nameniti do 0,5 % letne dohodnine. Vendar se bomo pojavili na

takem seznamu šele naslednje leto, takrat pa vas bomo za podporo delu SIZ ponovno nagovorili.

Oblikovali smo spletno strani www.siz.si, kjer je najavljena tudi vsebina posameznih številki revije Inženir. Tu je potrebno še marsikaj postoriti, a sam sem zadovoljen s premikom.

Nekaj pa me je nadvse presenetilo in razveselilo, zato naj delim to veselje z vami. V recepciji Mercedes servisa - Autocommerce sta na mizi, za katero čakajo ljudje na svoja vozila, ležali obe številki revije Inženir. Sploh ne gre za odziv strank, ampak pozdravljam človeka, ki je reviji dobil in ju na omenjeni način predstavil še drugim. Meni se zdi, da sta mu bili všeč in da se je zato tako tudi odločil. Eden? Potem pa počasi vedno več!

S spoštovanjem,
prof. dr. Baldomir Zajc,
urednik revije Inženir

UVODNI NAGOVOR

DR. ANDRAŽ LEGAT

direktor Zavoda za gradbeništvo

Sedanja gospodarska kriza je pokazala, da je tehnološka razvitost eden od ključnih parametrov za preživetje posameznih delov gospodarstva. Pri tem so očitno zelo pomembna dosedanja vlaganja v raziskave in razvoj, predvsem pa hitrost in učinkovitost prenosa rezultatov v prakso, oziroma povezanost med znanostjo in industrijskimi razvojnimi oddelki. V Sloveniji je na določenih področjih omenjeno sodelovanje dobro, kar se kaže v relativno dobri kondiciji posameznih podjetij in nekaterih večjih industrijskih sistemov, vendar to žal ni splošno stanje. V tem kontekstu se je tudi pokazalo, da je bila prodaja določenih podjetij tujcem slabo premišljena, saj so vlaganje v razvoj in sinergijski učinki povezanosti v večje sisteme prej izjema kot pravilo. Na drugi strani lahko ugotovimo, da žal tudi večina »politično« nastavljenih domačih kadrov nima ne vizije razvoja ne ustreznih strokovnih kompetenc za vodenje gospodarskih in infrastrukturnih sistemov, ki so jim bili »dodeljeni«.

Pri vstopu Slovenije v EU so se odprle dodatne možnosti za razvoj domačega gospodarstva, istočasno pa se je zaradi prostega pretoka blaga in storitev povečala tudi konkurenca. Začetne težave in razlike naj bi Slovenija premostila s strukturnimi in kohezijskimi sredstvi, ki jih omogoča EU. Dosedanje črpanje teh sredstev je potekalo prepočasi, kar kaže na neučinkovitost ekip na posameznih ministrstvih, ki so za to zadolžene, ter na pomanjkljivo koordinacijo med njimi. Žal imamo pri določenem delu državnih uradnikov

občutek, da je za njih bolj varno nič delati, kot delati napake. V tem smislu vsekakor lahko pozdravimo razpis za »Razvoj centrov odličnosti« na MVZT, ki je prvi večji razpis, ki vključuje in povezuje znanost, stroko in industrijo. Izjemno velik odziv na razpis dokazuje, da je omenjeno povezovanje možno. Potrebno je tudi omeniti, da je Slovenija ena od redkih novih članic EU, ki je v veliki meri uspela ohraniti in celo nadgraditi svoje raziskovalne inštitucije. Sedanje stanje in razvojne možnosti pri nas in v sosednjih državah dokazujejo, da je bila omenjena poteza pravilna, potrebno je le ustrezno usmeriti aktivnosti raziskovalne sfere in stimulirati sodelovanje z industrijo.

Konec pubertetniškega obdobja Slovenije po njenem vstopu v EU se kaže tudi pri zahtevnejšem vključevanju v mednarodne projekte. Po začetnem zanimanju mednarodnih partnerjev za Slovenijo kot perspektivno novo članico, se je konkurenca zaostрила tudi pri formiranju raziskovalnih konzorcijev, kjer vse bolj prihaja do izraza dodana znanstveno-tehnološka vrednost posameznih partnerjev in možnosti za vstopanje na nove trge. Do določene mere je razmere za nas poslabšala še prioriteta usmeritev v večje raziskovalne projekte, kjer lahko, kot relativno majhni, suvereno nastopamo le v posameznih »tržnih nišah«. Konec lanskega leta je Evropski svet sprejel Gospodarski obnovitveni načrt (Economic Recovery Plan), ki je definiral tri prioriteta področja javno-zasebnega vlaganja: zelena vozila, energetska učinkovito gradnjo in proizvodne sis-



dr. Andraž Legat

teme prihodnosti. Na vseh omenjenih področjih imamo raziskovalne inštitucije in podjetja z visokim znanjem in potenciali. Če ne bomo povežali svojih kapacitet, obstaja možnost, da bomo igrali le obrobno vlogo v velikih razvojnih »zgodbah« in še težje ohranjali stik s svetovnim tehnološkim vrhom. Tudi v tem oziru metodologija, ki je bila uporabljena v razpisu za »Razvoj centrov odličnosti«, predstavlja možno rešitev za lažje in enakopravnejše vstopanje v družbo »razvitih«.

Do določenih sprememb prihaja tudi na širšem področju gradbeništva, saj se z uveljavitvijo Uredbe o vzajemnem priznavanju formalno olajšuje trženje gradbenih proizvodov v vseh državah EU. Glede na zelo različne tehnične nivoje in prakso posameznih držav pa obstaja možnost, da bo to istočasno omogočilo tudi dostop tehnološko neustreznih proizvodov. Zato pričakujemo, da bodo tehnično najrazvitejše države zaradi javnega interesa uveljavile določene omejitve (to Uredba dovoljuje) in nadgradile že obstoječo zakonodajo za vgradnjo, ki ostaja v pristojnosti posameznih držav. Upamo, da Slovenija ne bo »bolj papeška od papeža« in bo pravočasno zaščitila interes svojih državljanov pri dostopu do tehnično in zdravstveno ustreznih proizvodov. Kritična pa ostaja predvsem pomanjkljiva zakonodaja za vgradnjo, ki bi morala določiti vrsto in način uporabe za najpomembnejše gradbene materiale in elemente. Vse omenjeno dokazuje potrebo po enotnem Direktoratu za gradbeništvo, saj so sedaj posamezne pristojnosti razdeljene med različna ministr-

stva, kar otežuje in upočasnuje koordinacijo med potrebnimi aktivnostmi. Težave na področju gradnje javne infrastrukture bi v veliki meri zmanjšala tudi ustanovitev Agencije za javne investicije, saj bi tako lahko poenotili metodologijo in kriterije pri izvajanju javnih razpisov za to področje. Istočasno bi na ta način na številnih področjih pospešili prej omenjeno prepočasno črpanje evropskih sredstev in vlaganja v prometno, energetsko, okoljsko in komunalno infrastrukturo, ter obnovo in izgradnjo javnih stavb. Poleg vlaganj in intenzivnega povezovanja različnih akterjev v tehnološkem razvoju je to namreč nujni pogoj za uspešni izhod Slovenije iz gospodarske krize in njen nadaljni trajnostni razvoj.

Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG) je sodeloval, oziroma sodeluje, v več kot 30 raziskovalnih EU projektih, in pri treh projektih je tudi nosilec. Do omenjenega razvejanega sodelovanja so v veliki meri pripomogle intenzivne aktivnosti ZAG-a v mednarodnih strokovnih združenjih, predvsem v ENBRI (European Network of Building Research Institutes) in FEHRL (Federation of European Highway Research Centres). Zaradi kvalitete naših strokovnih in raziskovalnih aktivnosti sem bil kot prvi direktor inštitutov s področja novih članic EU izvoljen za predsednika prvega in za podpredsednika drugega združenja. Ugotovim lahko, da je ZAG na večini področij svojega delovanja popolnoma primerljiv z najbolj uveljavljenimi evropskimi inštituti v ENBRI (npr. VTT, EMPA, BAM, CSTB) in FEHRL (npr. LCPC, TRL, Arsenal), manjša pa je naša vloga v nacionalnem prostoru. Zaradi že prej omenjene porazdelitve pristojnosti na področju gradbeništva, dostikrat nimamo ustreznega sogovornika ali pa je odzivni čas zelo dolg. Vsekakor bi si želeli, da bi državna uprava v večji meri upoštevala in uporabljala znanje in izkušnje nacionalnega inštituta, kar je stalna praksa v vseh razvitih evropskih državah.

GREENLINE 33 HIBRID - BARKA ZA NOVE ČASE

Intervju pripravila Barbra Jermann.

„Vaše barke niso kaj prida vredne,” je usoden stavek Japca Jakopina leta 1983 takratnemu direktorju Elana Dolfetu Vojsku. Z njim se je začela uspešna navtična zgodba bratov Jakopin. Nastal je Elan 31, jugoslovanski tehološki ponos. Naslednja postaja je bil francoski Jeanneau, leta 1989 pa sta v Ljubljani ustanovila Seaway, ki je danes, ko praznuje 25 let, vodilno svetovno razvojno navtično podjetje in eden največjih izvoznikov znanja v Sloveniji. Seaway je zanimiva simbioza talentov arhitekta Jerneja in kardiologa Japca, v kateri se vedno znova rojevajo revolucionarne ideje. To je tudi Greenline 33 hibrid – barka za nove čase.

Snovati sta jo začela v začetku leta 2008. Sta slutila, kaj se bo dogajalo v svetovnem gospodarstvu?

„Barke so luksuz in ne samo, da so jih nehali množično kupovati, vedno bolj sva ugotavljala, da so neprilagojene kulturi, ki nastaja. Ta zahteva veliko več resničnih vrednost in razuma. Če je bilo doslej pomembno, da je barka lepa, bo odslej pomembno, da barka daje to, kar se od nje pričakuje. To ne bo več samo statusni simbol, ampak bo morala biti udobna in zanesljiva. Podobno kot avto. Samo za nas „reciklirane” navtike je nekaj normalnega, da so barke neudobne in polne nekih težavic. Ampak nas je malo. V Sloveniji komaj za 1 odstotek”

Kaj pa energetski in ekološki vidik?

„Barke so energetsko izjemno neučinkovite in ekološko problematične in jasno je bilo, da tako ne bo moglo iti v nedogled. Še posebej to velja

za motorne. Tistim, ki imajo 10 milijonov evrov za nakup barke, res ni problem napolniti rezervoarja. Z vidika nove evropske zakonodaje, po kateri naj bi leta 2020 kar 20 odstotkov energije pridobili iz obnovljivih virov, pa to pomeni velike težave takšnih bark. Zato smo začeli razmišljati takole: če hočemo narediti barko, ki bo prilagojena novim časom, je treba vzeti čisto nov bel list papirja in začeti ugotavljati, kaj so resnične potrebe in vrednote ljudi, ki imajo radi vodo in čisto okolje.”

Nova filozofija je torej udobje na morju in čisto okolje. Kakšna pa je ta barka in kaj lahko od nje pričakuješ?

„Predvsem mora biti cenovno učinkovita ob nakupu in uporabi. Zakaj bi plačal nekaj, kar daje veliko slabše udobje kot dom. Barka mora biti tudi zanesljiva in če imaš problem, moraš imeti nekoga, da ga pokličeš. In tako je nastal Greenline 33, ki je skoraj hiša na vodi. Ima dobre plovne lastnosti in domače udobje. Njen trup, ki je podoben modernim jadrnicam, je hidrodinamično popolnoma različen od obstoječih. Je izjemno energetsko varčen in omogoča plovbo od zelo počasne do relativno hitre, ne pa zelo hitre. Njena hitrost je med 10 in 15 vozli, to je 28 km na uro, kar je solidno. Je dvoživka, ki se dobro počuti z dvema različnima pogonomoma – električnim in dizel. Dela torej s hibridno tehnologijo.”

...in še v nobeni barki ni bilo vgrajenih toliko slovenskih materialov, izdelkov in polizdelkov. Je to res in zakaj?



Brata Japec in Jernej Jakopin

„Res je. Medtem ko smo pogon na motor razvijali pri Volkswagnu v želji, da bi navtične standarde približali avtomobilskim, električni del prihaja iz Iskre Avtoelektrike iz Šempetra pri Novi Gorici. Slovenski so tudi električni aparati in sončne celice. Vse smo natančno pregledali in izbrali najboljše. Če ne bomo Slovenci globalno konkurenčni, nam bo trda predla, kar velja za vse, kar delamo.“

Vse najboljše zamisli, po katerih izdelujejo plovila vsi najpomembnejši ladjedelci na svetu, nastajajo v Zgoši pri Begunjah. Je to, da ste v Sloveniji v navtičnem poslu prednost ali pomanjkljivost?

„Ne smemo se tako spraševati. Vedno si moramo dopovedovati, da zmoremo in ne, da ne zmoremo. Majhnost je izjemna prednost, ker pomeni veliko prilagodljivost. Nenazadnje tu dela 270 ljudi različnih narodnosti. Za navtične strokovnjake je slovenska dolinica premajhna, zato jih pripeljemo od drugod. Nekateri so tu začasno, nekateri nočejo več domov, saj je Slovenija veliko lepša za življenje kot druge evropske države. Naš pogovorni jezik je angleščina, napise pa najdete tudi v poljščini. To je način, kako slovensko podjetje postane globalno konkurenčno.“

Pri iskanju tehnoloških rešitev pa sodelujete tudi z najuglednejšimi ustanovami in inštituti po svetu.

„Seveda. Mi nočemo izumljati novih vrst vlaken ali novih vrst elektromotorja. Mi smo industrijski oblikovalci in kot taki integratorji tehnologij. Vse tehnologije, ki so v Greenlinu, že obstajajo, mi

smo le vzeli najboljše, kar je cenovno učinkovito in zanesljivo. Inovacija je v kombinaciji tehnologij in oblikovanju. Greenline je izjemno previden produkt, sestavljen iz preizkušenih materialov.“

Koliko bark pa ste že izdelali in prodali?

„Narejen je tehnični prototip, ki je v morju od septembra lani in s katerim delamo meritve. Prvih 5 bark bo izdelanih septembra, serijska produkcija pa se bo začela januarja prihodnje leto. S prodajo smo začeli maja, prodane so že 4 barke, do konca leta jih bo – tako računam – 100. Cenovno je veliko bolj ugodna od sedanjih. Stane 100 000 evrov.“

Bo treba tudi te vsako leto znova barvati? Seveda z ekološkimi barvami?

„Ne, te so prelepljene s signalno folijo, ki je cenejša, bolj zaščitna in ekološko manj problematična. Za nekaj 100 evrov si jo lahko vsako leto spremenite in celo izbirate med različnimi vzorci. Treba je vedeti, da bodo te barke plule tudi po jezerih in notranjih vodah, kjer veljajo strožji ekološki standardi kot v morju.“

Se ti ekološki trendi selijo tudi na že obstoječe barke in kakšni so odzivi?

„Odziv na to filozofijo in tehnologijo je bil tako dober, da smo začeli razvijati že večjo 20-metrsko barko iz serije Skagen, ki ima enak trup kot 10-metrška, ima hibridno tehnologijo in sončne celice.“

Seaway je edini v Evropi, ki lahko ponudi naročniku celovito storitev od koncepta do

Srce novega koncepta je hiter, zelo učinkovit in energijsko varčen ladijski »Superdisplacement« trup. Z večfunkcijskim hibridnim pogonskim sistemom (dizel, električni ali elektro-solarni pogon), solarno streho in oblikovanjem, ki daje prednost udobju, plovni sposobnostim in enostavnosti uporabe, je Greenline 33 pripravljen na vse izzive.



prototipa in orodij. Kje bo potekala serijska izdelava?

„Ves inženiring in serijska izdelava se dela tukaj v Zgoši. Če delamo ves inženiring in razvoj za francoske, nemške in druge ladjedelnice, zakaj ne bi mogli narediti tega tudi pri nas. To je velik izziv. Slovenci nimamo veliko primerov serijske proizvodnje nečesa, raje razvijamo in delamo za nekoga drugega.“

Čemu pa služi ladjedelnica v Trziču ob morju?

„V Trziču nameravamo delati predvsem velike barke, ki jih ne moremo peljati po cesti. Željâ po večjih barkah je namreč vse več, saj so zaradi nove tehnologije ogljikovih vlaken lažje vodljive. Tu se bo delal Shipman 100, 130 in 150, Shipmann 80, ki je trenutno najdražji slovenski izdelek na svetovnem trgu serijskih izdelkov, pa se dela tu, v Zgoši. Kmalu pa naj bi v Trziču kot multikulturalnem prostoru, z veliko zanimanja za navtiko in številnimi institucijami, zrasel tudi mednarodni učni center za industrijsko oblikovanje plovil.“

Je res, da vse velike odločitve, ideje, predelate s prijatelji v tujini?

„Seveda, da ne bi naredil velikih bedarij. Ustvarjanje bark je timsko delo, mi imamo 40 inženirjev in kreativnih ljudi, ki delajo na razvoju. Imamo novi kolektivizem izkušenih in neobremenjenih sposobnih ljudi.“

Kako pa si delita delo vidva z bratom?

„Jaz ne znam risati, ker sem zdravnik, on pa je arhitekt. Jaz se ukvarjam s konceptom, on ga nariše.“

Razumeva se tudi brez besed, saj že 27 let delava skupaj. Če bi eden od naju umanjkal, to ne bi bilo več to, se pa zadnjih deset let zelo trudiva ustvariti ekipo, ki naju bo naredila nepotrebna. Vsak ima rok uporabe omejen in najin se bliža koncu. Čas ni na naši strani.“

Ljubezen do bark in morja je še vedno vajino vodilo. Koliko časa pa še preživita na morju?

„Približno polovico časa sva po svetu, na morju pa za najin okus veliko premalo: en teden v mesecu, na leto okoli 12 tednov.“

Sta si prvo barko naredila sama?

„Ne, šele četrto. To so bili časi samograditeljstva. S prijateljema, matematikom Matjažem Prijateljem in fotografom Arnetom Hodaličem, smo na Lavrici delali »Sing Singe«. Na regate smo začeli hoditi šele po letu 1980. Zanimivo je, da nas nikoli ni zanimala samo hitrost, zato se tudi nikoli nismo ukvarjali samo s tekmovalnimi barkami. Naš pogled je bil od nekdaj celovit. Imeli smo znanje na visokem nivoju z vseh področij navtičnega razvoja in bili prvi navtični arhitekti, ki smo začeli delati industrijski design za največje ladjedelnice na svetu. Danes po naših zamislih izdelujejo plovila vsi najpomembnejši ladjedelci na svetu.“

Veliko superlativov sta deležna za svoje delo, veliko nagrad sta prejela. Na kaj pa ste vi osebno najbolj ponosni?

„Priznanja so relativna, sam najbolje veš, kaj si naredil zares dobro in kdaj so okoliščine delale



zate. Najine barke so najini otroci in težko je reči, kateri otrok je najljubši. Eni so nastali v težavnih okoliščinah, z nekaterimi si naredil preboj, velikokrat pa sva imela na svoji strani tudi srečo, ki jo spoštujemo in negujemo."

Je recesija kriva, da se zdaj podajate tudi v vetrno industrijo?

„Kompozitne tehnologije, ki jih uporabljamo pri Shipmanu, so iz vetrne industrije in tako smo dobili ponudbo še za izdelavo kril. Trenutno smo v fazi podpisovanja prvih večjih pogodb. Je pa to v času, ko je navtika v težavah, vsekakor izziv, saj bo vetrna industrija v prihodnjih 10, 15 letih strahovito v vzponu. Morda me moti le to, da tu ni takšne velike strasti kot v navtiki. Se bo pa to dobro dopolnjevalo s tem, kar že delamo. Veste, da je Seaway med 50 največjimi slovenskimi izvozniki med podjetji v slovenski lasti? Seaway kot majhno podjetje! Mislim, da sta ekonomsko gledano inženiring in razvoj najmočnejši del slovenske identitete. In pomembno je, da drug drugega podpiramo!"

Shipmann 80 je trenutno najdražji slovenski izdelek na svetovnem trgu serijskih izdelkov.

ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE SE PREDSTAVI

Slovenski elektrotehniki so se prvič v zgodovini Slovencev organizirali v stanovsko organizacijo leta 1923, ko so v Ljubljani ustanovili Strokovno zadrugo koncesioniranih elektrotehnikov, ki je združevala velik del elektrotehnikov Slovenije. Ti so pričeli v času največje svetovne gospodarske krize leta 1931 izdajati svoje strokovno glasilo "Elektrotehniški vestnik", ki izhaja še danes.

Z začetkom 2. svetovne vojne je dejavnost stanovske organizacije zamrla in ponovno zaživela šele leta 1952, ko so g. Vekoslav Korošec, g. Drago Chvatal in g. Franc Dobnikar s 23 somišljeniki, na tedanji Fakulteti za elektrotehniko (stara Tehnika na Aškerčevi cesti) v Ljubljani, ustanovili Elektrotehniško društvo Slovenije. Prvi predsednik je postal Vekoslav Korošec. Društvo je ustanovilo svoje podružnice tudi v drugih večjih slovenskih mestih. Leta 1961 je društvo preraslo v Elektrotehniško zvezo Slovenije (EZS) s sedežem v Ljubljani, nekdanje podružnice pa v društva, kar je omogočilo članom in stroki bolj organizirano delovanje. Kasneje so se v EZS postopno vključevala tudi na novo ustanovljena specializirana strokovna društva. Posamezna društva, tako območna kot strokovna, niso bila nikoli vsa enako aktivna, močno so se razlikovala tudi po številu članov. Nekatera med njimi so celo prenehala z delovanjem, se čez čas ponovno aktivirala, ali pa tudi ne. Danes v okviru EZS deluje deset regionalnih in osem strokovnih društev, ki pokrivajo praktično vsa strokovna področja elektrotehnike.

EZS ima svoj sedež v lastnih prostorih, ki so v Stegnah 7 v Ljubljani.

Elektrotehniška zveza Slovenije je prostovoljno, samostojno in nepridobitno združenje območnih in specializiranih strokovnih društev na območju Slovenije in deluje po lastni programski zasnovi ter spremlja aktualna strokovna in organizacijska vprašanja s področja elektrotehnike.

Razen tega EZS opravlja tudi izjemno pomembno vlogo povezovanja elektrotehnikov v domačem in mednarodnem prostoru, skrbi za njihovo trajno izobraževanje v skladu z razvojem in specifičnimi potrebami stroke, spodbuja in usmerja razvojno - raziskovalne dejavnosti, spodbuja sodelovanje z gospodarstvom ter deluje na področju slovenske regulative in standardizacije. Ne nazadnje posveča veliko pozornosti tudi razvoju slovenskega elektrotehniškega izrazja. Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo (MVZT) je s posebno odločbo podelilo EZS status društva, ki deluje v javnem interesu na področju znanosti in tehnologije.

Da EZS lahko te svoje aktivnosti opravlja uspešno in učinkovito, sodeluje s celo vrsto domačih in mednarodnih ustanov ter organizacij. EZS je članica Slovenske inženirske zveze (SIZ) in sodeluje z Inženirsko zbornico Slovenije (IZS), Gospodarsko zbornico Slovenije (GZS), Slovenskim Inštitutom za standardizacijo (SIST), Ministrstvom za okolje in prostor (MOP), Ministrstvom za gospodarstvo



Naslovna stran 5. številke jubilejnega letnika 75 Elektrotehniškega vestnika

(MG), Ministrstvom za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo (MVZT), Slovensko akademijo znanosti in umetnosti (SAZU), Inženirsko akademijo Slovenije (IAS), Slovensko Agencijo za pošto in elektronske komunikacije (APEK), Agencijo za energijo, Fakulteto za elektrotehniko v Ljubljani (FE), Fakulteto za računalništvo in informatiko v Ljubljani (FRI) ter Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru (FERI).

EZS je direktno ali indirektno aktivno vključena tudi v delovanje najpomembnejših evropskih in svetovnih organizacij s področja elektrotehnike: Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), Fédération Européenne d'Associations Nationaux d'Ingénieurs (FEANI), International

Electrotechnical Commission (IEC), International Telecommunication Union (ITU), International Standards Organisation (ISO), Conseil Internationale des Grands Réseaux Électriques (CIGRE), European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Comité Européenne de Normalisation (CEN) ter Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENELEC).

Glasiloz EZS je Elektrotehniški vestnik, temeljna slovenska revija za elektrotehniko in računalništvo, ki opravlja svoje poslanstvo že 75 let in izhaja petkrat letno. EZS ga izdaja skupaj s Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Je zelo ugledna revija, ki si svoje izdane številke že desetletja izmenjuje s številnimi svetovnimi revijami in ima povezave z velikimi izdajatelji tehniške literature po svetu.

Z izdajanjem publikacij, organiziranjem seminarjev, delavnic in slovenskih ter mednarodnih strokovnih posvetovanj postaja EZS družbena strokovna tribuna, kjer se razpravlja in posredno tudi odloča o aktualnih problemih elektrotehnike.

Med dosedaj najbolj odmevna posvetovanja v letošnjem letu nedvomno spadajo:

- 17. mednarodni simpozij o elektroniki v prometu ISEP 2009, ki je bil 26. marca na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani;
- 22. delavnica VITEL »Konvergenčne storitve v mobilnih in fiksni omrežjih«, ki je potekala 20. in 21. aprila 2009 na Brdu pri Kranju in



22. delavnica VITEL »Konvergenčne storitve v mobilnih in fiksnih omrežjih« 20. in 21. aprila 2009 na Brdu pri Kranju

– 9. konferenca slovenskih elektroenergetikov, ki je potekala od 25. do 27. maja 2009 v Kranjski Gori.

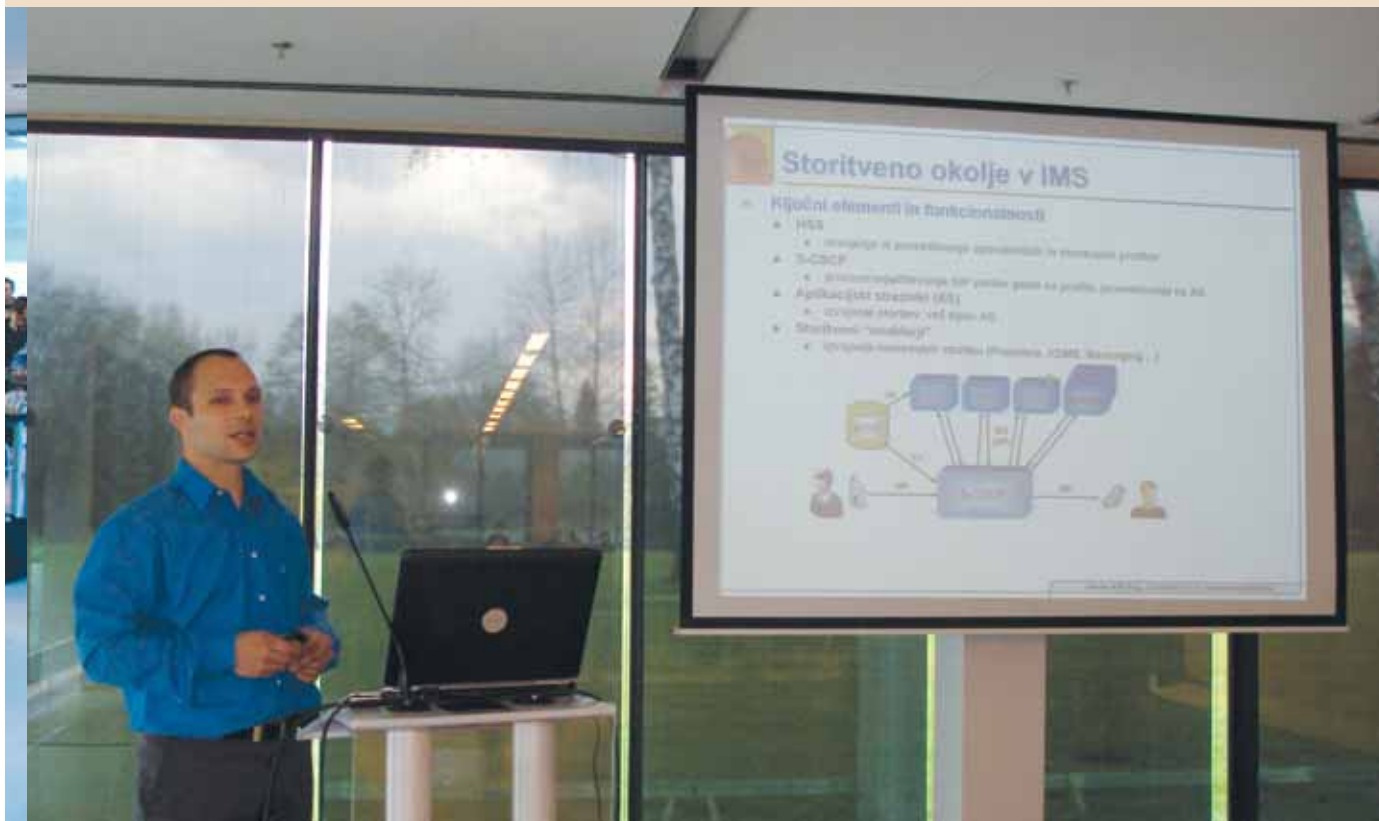
Na mednarodni ravni EZS intenzivno sodeluje z IEEE na mnogih področjih, eno od odmevnejših pa je sodelovanje z IEEE Communications Society (IEEE ComSoc), s katero je bil letos ponovno podpisan »Sister Society« sporazum, ki člane Slovenskega društva za elektronske komunikacije (EZS – SIKOM) izenačuje s člani IEEE ComSoc pri naročninah za revije IEEE ComSoc-a in pri kotizacijah za konference IEEE ComSoc, spodbuja pa tudi medsebojno promocijo obeh zvez in vzajemno objavljanje člankov v revijah IEEE ComSoc in v Elektrotehniškem vestniku.

Zelo koristno se je izkazalo sodelovanje EZS v organizaciji FEANI, ki poteka prek SIZ in Slovenskega nacionalnega komiteja FEANI. Organizacija FEANI predstavlja veliko večino evropskih inženirjev ter zastopa njihove interese v okvi-

ru Evropske Unije in tudi širše. EZS ima svojega člana v Izvršnem odboru FEANI in je predvsem aktiven v komiteju za »Continuous Professional Development (CPDC)« in pri njegovih evropskih projektih.

Aktivno sodelovanje EZS in njenih članov v mednarodnih organizacijah za standardizacijo ITU-T, IEC, ISO, ETSI, CEN in CENELEC poteka večinoma prek tehniških odborov Slovenskega inštituta za standardizacijo SIST, katerega soustanovitelj je tudi EZS.

V preteklosti se je EZS že ukvarjal z oblikovanjem tehniških predpisov, vendar je intenzivnost dela po osamosvojitvi Slovenije upadla zaradi neurejenih postopkov pri financiranju in sprejemanju tehničnih predpisov nove države. Z zakonskimi spremembami, v smislu prenove tehničnih predpisov in njihove uskladitve z evropskimi direktivami, se EZS ponuja možnost ponovnega vstopa na to področje in je zato že sprejel vrsto načrtov,



22. delavnica VITEL, predstavitev storitvenega okolja v IP multimedijskih sistemih

ki zadevajo pospešeno prenovo tehničnih predpisov in izboljšanje njihovega obvladovanja v praksi. V ta namen je Elektrotehniška zveza Slovenije tudi že navezala stike z elektrotehniškimi zvezami Nemčije (VDE), Avstrije (ÖVE) in Švice (SEV), ki imajo na področju priprave predpisov in tehničnih smernic največ izkušenj in so z EZS pripravljene aktivno sodelovati. Tovrstna dejavnost namreč zajema, poleg izdelave novih predpisov in tehničnih smernic s področja elektrotehnike, tudi vzpostavitev sistema šolanja za to področje, oblikovanje sistema preverjanja znanja in lahko tudi certificiranje za izbrana področja predpisov. Gre za zelo pomembno dejavnost, ki bo zahtevala temeljito organizacijsko preobrazbo EZS in širšo podporo vseh območnih in strokovnih društev EZS.

prof. dr. Marko Jagodič
namestnik predsednika EZS

SODOBNI PRISTOPI K RAZVOJU OVOJA STAVB PRIHODNOSTI - PRIMER TRIMO

Tomaž Popit, dipl.inž.str. in univ.dipl.org.
Trimo d.d.

UVOD

Navadno podjetje razvija izdelke za trg, ki so posledica, ali povpraševanja s strani trga ali pa podjetje želi ustvariti novo potrebo oziroma zadostiti potrebam niš.

Na področju fasad so potrebe, ki jih narekuje trg, cenovno ugodna rešitev fasadnih sistemov, ki zadovoljujejo tehnične zahteve po vodo- in zrakotesnosti, toplotni izolativnosti, varnosti pred požarom ter negativnimi vplivi okolja.

Področje fasadnih sistemov poslovnih in industrijskih objektov lahko v grobem delimo na tri tipe, in sicer: obešene (sestavljene) fasade, steklene fasade in fasade iz prefabriciranih sendvič plošč.

Trimo izdeluje prefabricirane fasadne in strešne sendvič plošče, s katerimi pokriva večinoma srednji in nižji cenovni razred objektov, v višjem cenovnem razredu pa je zastopan razmeroma malo. V tem segmentu nastopajo večinoma obešene aluminijaste in steklene fasade, ki ponujajo predvsem visoko estetiko fasad in zadoščajo nekaterim dodatnim tehničnim zahtevam. Te tehnične zahteve rešujejo z uporabo dodatnih elementov (več sestavnih delov - več materiala), oziroma z dodatnimi tehnologijami, za zagotavljanje požarne zaščite uporabljajo na primer aktivne sisteme kot so šprinklerji.

Iz tega izhaja potreba po fasadnem sistemu, ki zadošča vsem tehničnim zahtevam in obenem nudi tudi visoko estetiko. Trimo je združil vse našete zahteve in ponudil arhitektom in investitorjem fasadni sistem Qbiss by trimo.

RAZVOJNA IZHODIŠČA

Cilj je bil razviti fasadni sistem, ki združuje prednosti fasad iz sendvič plošč in sestavljenih fasad.

Izhodišča za razvoj so bile prednosti sendvič plošč z jedrom iz mineralne volne in pomanjkljivosti, ki jih imajo obstoječi fasadni sistemi, predvsem obešene (sestavljene) fasade visokega cenovnega razreda.

Sendvič plošče so v celoti izdelane v proizvodnji pod kontroliranimi pogoji in so na gradbišče dostavljene tako, da so primerne za takojšnjo vgradnjo. Sendvič plošče so samonosilne in se pritrjujejo direktno na nosilno konstrukcijo (jeklo, beton, les), oziroma za zagotavljanje nosilnosti ne potrebujejo dodatne podkonstrukcije. Vgrajene v fasadni ovoj, omogočajo toplotno in zvočno zaščito, ognjeodpornost in zrako- ter vodotesnost. Montaža je hitra in malo odvisna od vremenskih pogojev.

Obešene fasade so navadno sestavljene iz posameznih elementov. To so tako imenovani »Build Up Systems«, pri katerih gre le za estetsko oblikovanje, in

sami po sebi niso nosilni ovoj objektov. Za stabilnost potrebujejo nosilno steno oziroma konstrukcijo. Nosilna stena je betonska ali opečna, lahko pa je izdelana tudi iz jeklene nosilne konstrukcije in mrežaste podkonstrukcije. Sestavljanje se izvaja na objektu (gradbišču), kamor se sestavne elemente pripelje in se nato vsakega posebej vgradi. Posledično to pomeni več dela na gradbišču, več izvajalcev in zato višjo ceno. Obstaja velika verjetnost skritih napak in daljši čas montaže.

Rešitve obešenih fasad temeljijo na izvedbi zunanjega ovoja s pokrovi, ki so izvedeni s postopki krivljenja in prekrivanja. Vogali pokrova so v takih primerih nespojeni. Taki vogali niso ne zrako- in ne vodotesni, predvsem v pogledu trajnosti, zato so večkrat zavarjeni in naknadno barvani, ali pa je uporabljen material pokrova aluminijasta pločevina. V takem primeru na notranjo stran pokrova ni primerno vstavljati termoizolacije, saj se ta z vdorom vlage/vode napije in s tem občutno zniža izolativno lastnost. Na daljši rok pa pride do razpada termoizolacije, korozije (če je pokrov iz jeklene pločevine), in s tem zmanjšanja nosilnosti sendvič elementa ter posledično fasade, kar lahko privede do kolapsa oziroma izgube integritete fasade. Trajnost takih sistemov je močno odvisna od trajnosti posameznih elementov in dejanske funkcionalnosti.

V praksi to pomeni, da lahko na določenih detajlih oziroma mestih fasad prihaja do zatekanja vode v notranjost sistema, kar lahko pomeni:

- vdor vode v prostore objekta,
- zmanjšanje toplotne izolacije zaradi navlažene termoizolacije,
- hitrejše propadanje vgrajenih materialov in elementov,
- večja poraba energije za segrevanje in ohlajevanje prostorov (višji stroški),
- krajša uporabna vrednost fasadnega ovoja.

KOMERCIALNA IZHODIŠČA

Pomembna konkurenčna prednost izdelka je visoka estetika (v arhitekturi poznana senčna fuga in enoten vogal) ob zagotavljanju ključnih tehničnih parametrov integriranega sistema.

Predizdelane sendvič plošče že zagotavljajo želeno tehnične zahteve in zaradi prefabriciranosti omogočajo krajše čase montaže in enostavnost vgradnje.

Uporaba kakovostnih materialov in avtomatizirana proizvodnja zmanjšujeta vpliv človeškega faktorja na kakovost in omogočata visoko trajnost fasadnega sistema (daljša življenjska doba, daljša garancija).

Ključna konkurenčna prednost je maksimalna možna prefabrikacija glede na obstoječe sisteme – slogan »5v1« (sestavni deli integrirani).

IDEJNA ZASNOVA MODULARNEGA FASADNEGA ELEMENTA IN SISTEMA

- Osnovni element novega fasadnega sistema je modularni fasadni element (sendvič plošča);
- Zunanja predlakirana* pločevina je izdelana kot pokrov z zaprtimi vogali brez naknadnega barvanja, poudarek je na estetskosti vogala »v enem kosu«;
- Vogali pokrova so zaključeni (tesnjeni) s posebej razvitimi elementi iz gume
- Pritrdila za pritrnitev in raznos obremenitev fasadnega elementa so integrirana, kar omogoča avtomatizacijo (robotizacijo) montaže;
- Mineralna volna v spojih je integrirana (ni dodajanja na mestu montaže);
- Sistem je, z vidika montaže, suhomontažni, kar pomeni, da za tesnjenje med montažo ne uporablja dodatnih tesnilnih mas med fasadnimi elementi.

QBISS BY TRIMO — MODULARNI FASADNI SISTEM

Rezultat razvoja je Qbiss by trimo, inovativen modularni fasadni sistem, ki določa nova pravila v sodobni arhitekturi in učinkovito združuje tako funkcionalnost kot estetiko.

Namenjen je arhitekturnim rešitvam za poslovne zgradbe, banke, hotele, nakupovalna središča, šole, športne dvorane, bolnišnice in druge objekte, ki definirajo okolico.

Združuje pet prednosti v enem produktu:

ESTETIKA

Z edinstvenim, zaobljenim vogalom elementa in znano senčno fugo je Qbiss by trimo pravi odgovor na sodobni minimalizem v arhitekturi.

SAMONOSNOST

Sistem ne potrebuje dodatne podporne stene, s čimer se skrajša čas gradnje in znižuje stroške investicije.

* To pomeni, da je pločevina že galvansko zaščitena in obarvana s strani dobavitelja. V Trimu se pločevin za sendvič plošče dodatno ne barva.

OGNJEVARNOST

Odlična požarna odpornost omogoča višjo pasivno varnost zgradbe in znižanje zavarovalniške premije.

IZOLATIVNOST

Jedro iz mineralne volne zagotavlja toplotno stabilnost, s čimer se znižajo stroški ogrevanja in hlajenja.

VODOTESNOST

Sistem dosega visoke standarde vodotesnosti – preko 900 Pa, in s tem ustreza strogim zahtevam in normativom za zgradbe.

NAČINI VGRADNJE

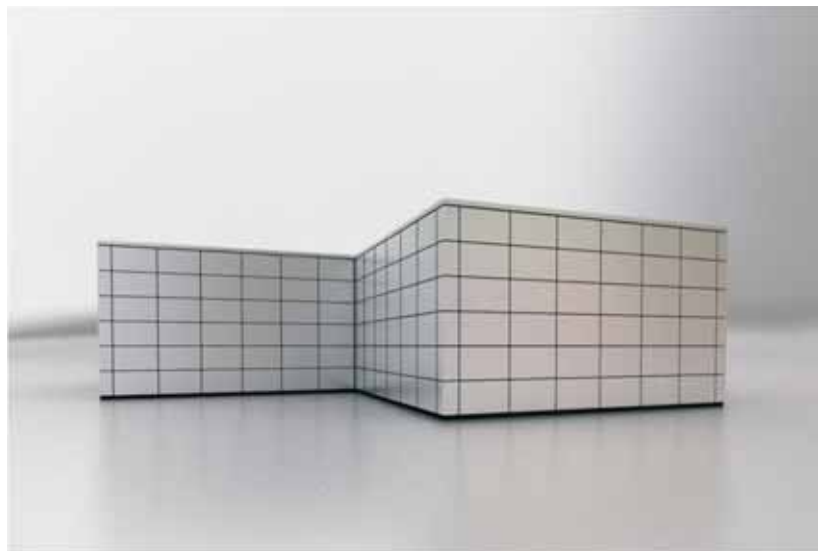
Horizontalna vgradnja (klasičen način)

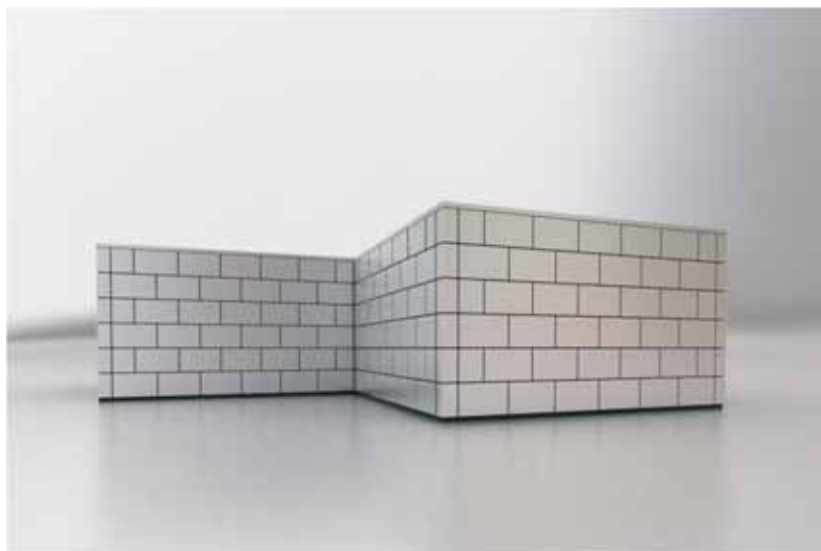
Horizontalna vgradnja je najbolj klasična vgradnja tovrstnih tipov fasadnih elementov, ki so med seboj spojeni-povezani v horizontalni smeri (vzdolžno) preko sistema pero-utor in v vertikalni smeri (prečno) pritrjeni v nosilno konstrukcijo.

Horizontalna vgradnja v opečnato strukturo

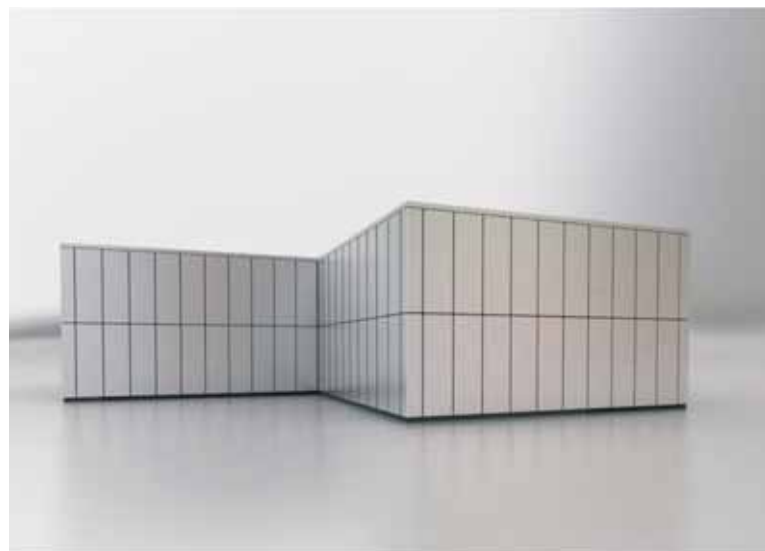
Horizontalna vgradnja z zamikom, tako imenovana opečnata vgradnja, je novost in doda novo razsežnost tistim arhitektom in oblikoval-

Slika 1: Prikaz horizontalne vgradnje fasadnih elementov (klasičen način)

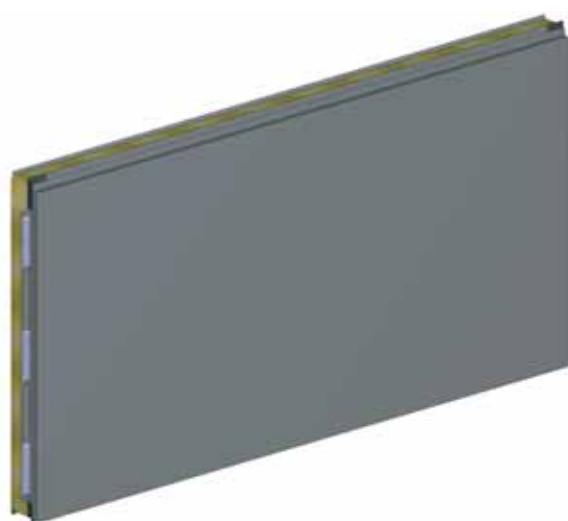




Slika 2: Prikaz horizontalne vgradnje fasadnih elementov (opečnata struktura)



Slika 3: Prikaz vertikalne vgradnje fasadnih elementov



Slika 4: Fasadni element

cem, ki iščejo nekoliko drugačno rešitev. Rešitev omogoča ne samo simetrični zamik, temveč pomeni, da se lahko vertikalni spoj nahaja kjerkoli vzdolž sosednjega horizontalnega fasadnega elementa.

Vertikalna vgradnja

Vertikalni modularni fasadni sistem je sestavljen iz posameznih fasadnih elementov, ki so med seboj spojeni-povezani v vertikalni smeri (vzdolžno) preko sistema pero-utor in v horizontalni smeri (prečno) pritrjeni v nosilno konstrukcijo.

Fasadni element Qbiss by trimo

Sestavljen je iz dveh, obojestransko pocinkanih in obarvanih jeklenih pločevin. Zunanja pločevina debeline 0,7 mm je gladka, notranja pločevina debeline 0,5 mm ali 0,6 mm pa je profilirana. Pločevina je prilepljena na jedro iz negorljive lamelirane mineralne volne. Vse tri plasti sestavljajo kompakten fasadni element Qbiss by trimo, debeline 60 – 240 mm, ki zagotavlja potrebno nosilnost, tesnost in sestavljenost.

Poleg notranje in zunanje pločevine je sestavljen še iz treh glavnih sestavnih delov. Integrirana nosilna podložka služi za raznos sil pritrjenega elementa v konstrukcijo. Poseben poudarek, poleg izdelave vogalov pokrova, je bil na razvoju

Slika 5: Sestava fasadnega elementa

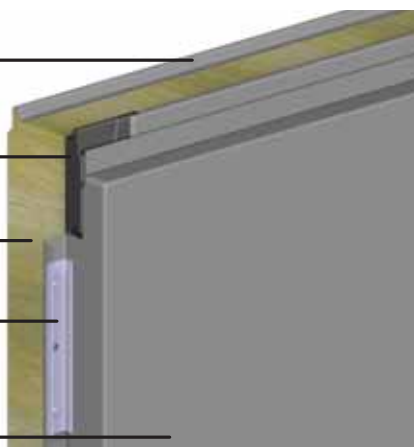
notranja pločevina

vogalni element

mineralna volna

nosilna podložka

zunanja pločevina



gumenih vogalnih elementov, ki so vstavljeni v vsak vogal pokrova. Ti omogočajo stik prečnega in vzdolžnega spoja pokrova in zagotavljajo tesnjenje fasadnega elementa v sestavu fasade. Z inovativno izvedbo tesnilnih površin je bilo doseženo tesnjenje brez uporabe dodatnih tesnilnih mas na spoju štirih fasadnih elementov. Toplotna izolativnost in požarna odpornost sta zagotovljeni z jedrom iz mineralne volne, ki je integrirana tudi v spojih, in je zato pri montaži ni potrebno dodajati.

Osnovni tehnični podatki fasadnih elementov

Dolžina elementa	530 - 6500 mm
Modularna širina	600 - 1200 mm
Debelina	60, 80, 100, 120, 150, 200, 240 mm
Zunanji ovoj	G - gladek / 0,7 mm
Notranji ovoj	s, g, v - profil / 0,6 mm ali 0,5 mm
Protikorozijska zaščita	Corus Colorcoat Prisma® - 50 mikronov
Izolacijsko jedro	mineralna volna - gostote 120 kg/m ³
Vodotesnost	900 Pa
Ognjevarnost	debelina 100 mm = 30 min debelina 120 mm = 60 min debelina 150 mm = 90 min

Qbiss by trimo uporablja zunanjo pločevino Corus Colorcoat Prisma®, ki je na voljo v široki paleti barv.

Slika 6: Prikaz horizontalne sestave fasadnih elementov



Pločevina ima 25-letno garancijo Confidflex®, ki zagotavlja dolgoletno brezhibnost objekta.

Na fasado in fasadne elemente delujejo vetrne in toplotne obremenitve okolice, ki se preko vijakov prenašajo na nosilno konstrukcijo. Sama nosilnost fasadnega elementa je tako pogojena z mehanskimi lastnostmi sendvič plošče in s številom vijakov oziroma pritrdilnih mest (slika 6).

Toplotna stabilnost fasadnega sistema

Oblikovanje in optimiranje toplotne stabilnosti fasadnega sistema z vsemi detajli je bilo izdelano po MKE s preračuni linijskih toplotnih prehodnosti toplotnih mostov.

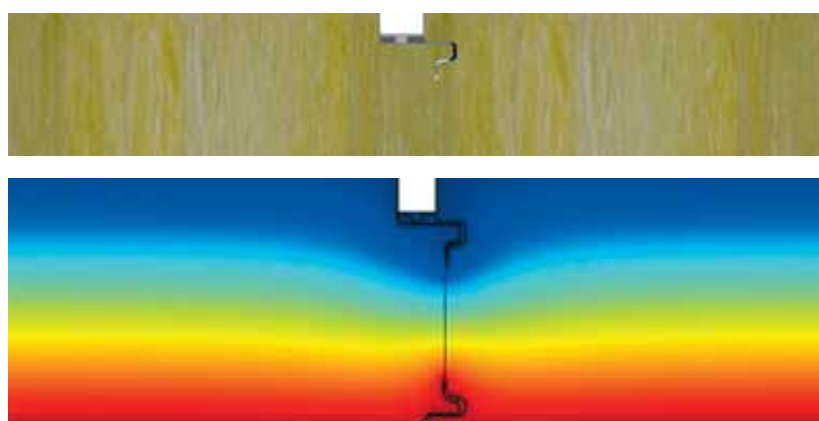
Trajnost in zanesljivost fasadnega sistema

Trajnost fasadnega sistema je zagotovljena z vgradnjo najkvalitetnejših materialov, že preizkušeni v praksi, in s pospešenimi testi.

Zanesljivost fasadnega sistema zagotavlja sistematičen pristop k razvoju z uporabo sodobnih orodij in postopkov testiranja. Izdelek je bil v celoti razvit v virtualnem okolju. Tekom razvoja so bila izvedena številna testiranja funkcionalnosti sistema s prototipi izdelanimi s postopki hitrega prototipiranja (3D tiskanje) in s prototipi v merilu 1:1.

Za končno preverjanje funkcionalnosti posameznih elementov in celotnega sistema so bili izvedeni uradni testi za dokazovanje in pridobljeni ustrezni certifikati.

Slika 7: Risba vzdolžnega spoja in vzpostavljeno toplotno polje





Slika 8: Fasadni sistem Qbiss by trimo



Slika 9: Spoj fasadnih elementov

Doseganje ponovljivosti, zanesljivosti in zelenih kapacitet omogočajo avtomatizirane in robotizirane tehnološke rešitve. Avtomatiziran je tudi celotni proces od prodaje do montaže, in sicer: TDW (Trimo programska oprema za avtomatsko pripravo ponudb s 3D vizualizacijo), vnos ponudbe v SAP (ERP sistem), TDA (Trimo programska oprema za projektiranje) in avtomatski prenos podatkov v proizvodni proces (MEPIS) vse do odpreme blaga in montaže.

loga, definirane v konceptu izdelka, ter ponuja edinstveno rešitev večfunkcijskega fasadnega sistema.

ZAŠČITA INTELEKTUALNE LASTNINE

Za zaščito intelektualne lastnine rešitev modularnega fasadnega sistema, je podjetje Trimo vložilo patentni zahtevek.

SKLEP

Uporaba sodobnih razvojnih orodij, učinkovit proces razvoja, ki vključuje jasno definicijo produkta in testiranje koncepta ter učinkovito analizo možnih napak in posledic (FMEA), ter obvladuje multidisciplinarnost in medkulturno razliko večjega števila razvojnih partnerjev, lahko pripelje do uspešnega izdelka, ki je ne samo inovativen in prebojen v svoji trženjski funkciji, ampak tudi v smislu tehnološkega razvoja podjetja v celoti. Rezultat razvoja je predstavljeni izdelek, ki izpolnjuje vse zastavljene cilje in na-

ALU-STEKLENA DVOJNA ELEMENTNA FASADA

Sebastijan Krempl

Rudi Hajdinjak, univ.dipl.inž.str.

Reflex d.o.o.

Razvoj alu-steklenih fasad je v zadnjih letih močno napredoval. Predvsem zaradi zahtev po varovanju okolja, so se izjemno zmanjšali faktorji toplotne prevodnosti fasadnih konstrukcij. Pri projektiranju fasad vedno naletimo na štiri osnovna vitalna vprašanja:

Funkcija – Kaj je praktični namen ovoja zgradbe?

Konstrukcija – kateri so elementi ovoja zgradbe in kako so povezani v celoto?

Oblika – Kakšen je izgled fasade?

Kot že omenjeno, je v zadnjih letih precejšen poudarek namenjen ekologiji tudi na področju alu-steklenih fasad. Pri tem si moramo v fazi projektiranja fasade zastaviti vprašanje,

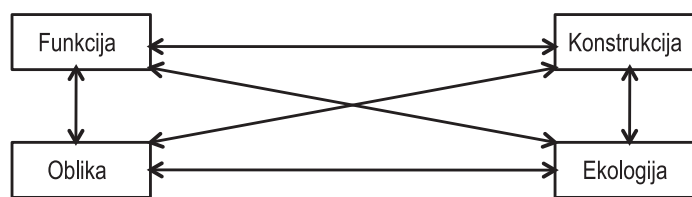
Ekologija – Kakšna je poraba energije?

Kvaliteten odgovor na omenjene zahteve je dvojna fasada. Koncept dvojne fasade je v izboljšavi protihrupnih, toplotnih in sončno zaščitnih lastnosti fasade oziroma zgradbe. Cilj je maksimirati udobje uporabnika in hkrati minimalizirati porabo energije.

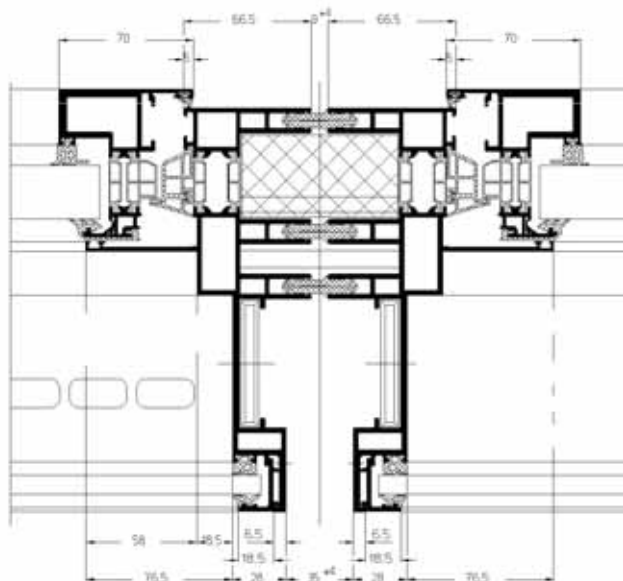
Glede na to, da so protihrupna, toplotna in sončna zaščita v soodvisnosti, se je potrebno pri projektiranju odločiti, katera funkcija je prioriteta.

DEFINICIJA DVOJNE FASADE

Pri dvojnih fasadah govorimo o dveh slojih fasad, in sicer o notranji fasadi, zunanji fasadi ter naravno prezračevanem medprostoru. Na osnovi večslojne sestave, so pri dvojni fasadi posamezni sloji lahko optimirani glede na želeno funkcijo. S tem se protihrupne, toplotne in sončno zaščitne lastnosti izboljšajo. Notranji sloj dvojne fasade ločuje notranjo klimo od zunanje. Praviloma je izveden iz osnovnega nosilnega okvirja, zastekljenega z izolacijskim steklom in služi toplotni zaščiti v zimskem in poletnem času. Večinoma se okenska krila notranje fasade odpirajo za potrebe prezračevanja, vsekakor pa za potrebe čiščenja in vzdrževanja. Funkcija zunanjega sloja dvojne fasade je protihrupna zaščita pred zunanjim hrupom in zaščita pred vremenskimi vplivi. Praviloma je zunanji sloj enostavno zastekljen z varnostnim lepljenim steklom. V fasadnem med-



Vsi ti vitalni sklopi, pomembni pri razvoju in projektiranju fasad, so med seboj povezani. Te različne potrebe oziroma funkcije zahtevajo razvoj fasad, ki bodo čim bolj uspešno dale odgovor na vse zahteve uporabnikov, okoljevarstvenikov, arhitektov in konstruktorjev.



prostoru so vgrajene žaluzije, oziroma sončno zaščitno sredstvo. Fasadni medprostor deluje kot zimski vrt, saj v hladnejših krajih pridobi sončno energijo, medtem ko v toplejših krajih obstaja nevarnost pregrevanja. Slednja se zmanjša z naravnim prezračevanjem fasadnega medprostora s pomočjo konvekcije.

zaradi termodinamičnih razlogov, najnižja globina fasadnega medprostora 120 mm pri naravno prezračevanih fasadah. Za potrebe čiščenja in vzdrževanja je nujna svetla globina fasadnega medprostora od 400 mm do 500 mm. Večje globine so smiselne samo, kadar je fasadni medprostor uporabljen kot zastekljen balkon ali služi kot zasilni izhod.

KLASIFIKACIJA DVOJNE FASADE

V praksi se je izkazalo, da je smiselna klasifikacija glede na želeno funkcijo prezračevanja fasadnega medprostora:

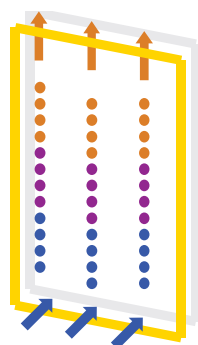
- nesegmentirana fasada,
- koridor fasada,
- kasetna fasada.

Kot najbolj uporabne so se izkazale kasetne dvojne fasade. Prav tako se je pokazalo, da mora biti,

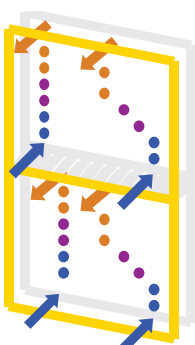
PREDNOSTI DVOJNE FASADE

- Transparentna in enotna optika fasade,
- učinkovita protihrupna zaščita,
- učinkovita sončna zaščita in zaščita pred vremenskimi vplivi,
- nastavljiva svetlobna prepustnost,
- učinkovita toplotna zaščita pozimi,
- možnost okenskega zračenja; tudi za potrebe nočnega hlajenja poleti.

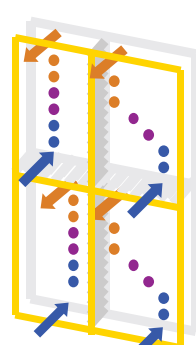
nesegmentirana fasada

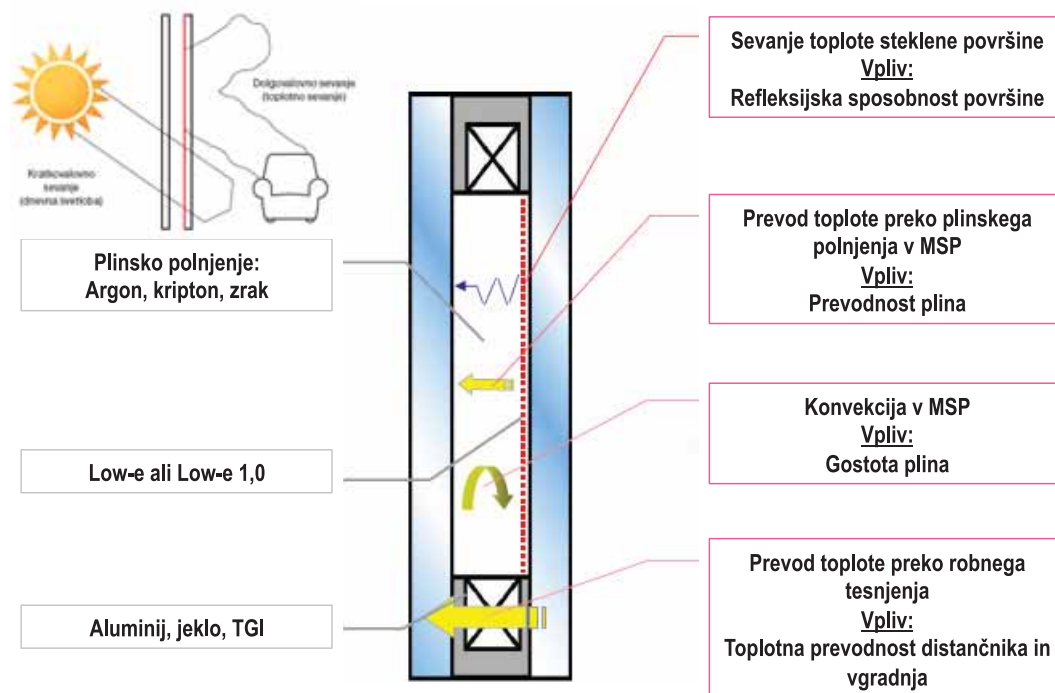


koridor fasada



kasetna fasada





Dvojna fasada nam omogoča zelo veliko različnih kombinacij zasteklitve glede na zahtevano zaščitno funkcijo fasade. Zato dvojne fasade imenujemo tudi funkcijske fasade.

Low-e in 2 % pri steklu Low-e 1,0. S tem je zaradi sevanja praktično prekinjena izmenjava toplote med stekli. Nespremenjen ostaja le še toplotni tok zaradi toplotne prevodnosti in konvekcije zraka v MSP.

TOPLOTNOTEHNIČNO DELOVANJE IZOLACIJSKEGA STEKLA

Toplotni tok skozi izolacijsko steklo določajo naslednji fizikalni mehanizmi:

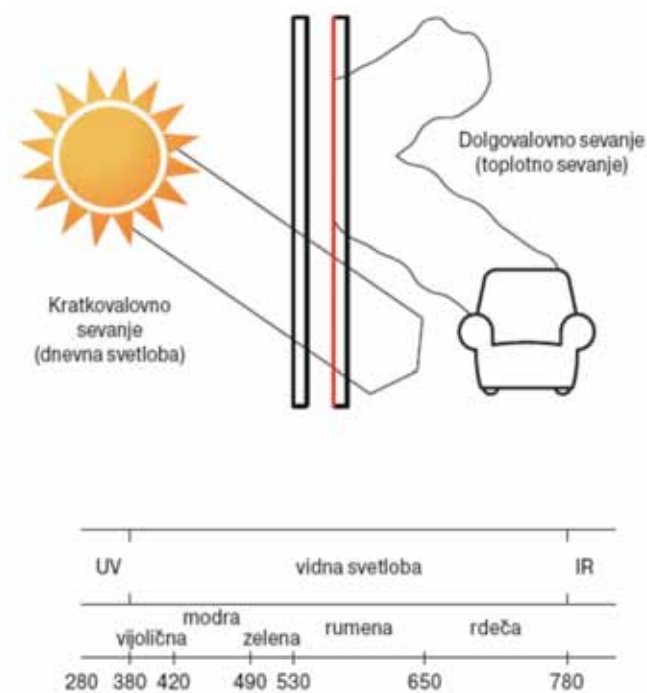
- izmenjava toplote med stekli zaradi sevanja,
- toplotna prevodnost (kondukcija) plina v MSP,
- konvekcija plina v MSP,
- prevod toplote preko robnega tesnjenja.

Pri konvencionalnem dvoplastnem izolacijskem steklu, v katerega niso vgrajena stekla z nanosom, lahko velika sevalna sposobnost običajnega stekla povzroči skoraj 2/3 celotnega toplotnega toka skozi MSP. Zrcalno steklo namreč lahko z emisijo odda približno 85 % prejete toplote. Zaradi sevanja pride do intenzivne izmenjave toplote med obema stekloma.

Le 1/3 toplotnega toka skozi medstekelni prostor pa je posledica toplotne prevodnosti in konvekcije plina. Toplotnozaščitni nanos stekla močno zmanjša emisijsko sposobnost: z 89 % pri običajnem zrcalnem steklu, na zgolj 3 % pri steklu

Če v toplotnozaščitnem nanosu kot reflektor toplote – tako kot pri steklu Low-e – uporabimo tanko plast srebra, dosežemo, v primerjavi s konvencionalnim izolacijskim steklom, zmanjšanje U_g -vrednosti s 3,0 na 1,4 W/m²K. Na toplotni tok, ki je posledica prevodnosti stekla, ne moremo vplivati, lahko pa vplivamo na tok, ki ga poganja toplotna prevodnost plina in konvekcija. Če zrak v medstekelnem prostoru zamenjamo s plinom, ki ima slabšo toplotno prevodnost, lahko dosežemo dodatno znižanje koeficienta toplotnega prehoda. Če je ta plin argon, zmanjšamo vrednost U_g za približno 0,3 W/m²K, torej z 1,4 na 1,1 W/m²K.

Toplotni mostovi pri oknih ne vplivajo negativno le na toplotne izgube, temveč imajo še tudi druge slabosti. Zaradi večjega toplotnega toka skozi robno cono, so temperature ob steklenih robovih bistveno nižje kot v sredini stekla. Ker je tudi profil okenskega krila na tem mestu ožji, lahko pri posebej neugodnih pogojih, kot sta nizka temperatura in visoka relativna vlažnost, na robni coni stekla pride celo do kondenzacije vodne pare. Pojav



kondenza ni samo estetski problem, temveč lahko povzroči nastajanje plesni in s tem posledično tudi škodo na oknih.

Za ta pojav je kriv distančnik iz aluminija, ki je v izolacijskem steklu. Distančnik je veliko slabši izolator kot samo izolacijsko steklo in zato deluje kot toplotni most. Za zmanjšanje tega efekta so tudi izolacijska stekla z »robnim tesnjenjem s toplim robom«. To pomeni, da so distančniki iz materialov, ki prevajajo občutno manj toplote kot aluminij (jeklo, TGI). TGI je izdelan iz obstojnega Polypropylenea in je na bokih ter hrbtu prevlečen s tanko folijo iz plemenitega jekla.

SVETLOBNO IN EMISIJSKOTEHNIČNE LASTNOSTI

Pri izbiri zasteklitve so odločilnega pomena tako svetlobno in emisijsko kot tudi toplotnotehnične lastnosti. Toplotno, svetlobno in emisijskotehnične lastnosti stekla so definirane z naslednjimi fizikalnimi lastnostmi:

- transmisijo,
- refleksijo,
- absorpcijo.

Pri svetlobnotehničnih lastnostih upoštevamo samo vidno svetlobo, ki s svojim ozkim frek-

venčnim območjem med 380 in 780 nm predstavlja le ozek pas sončnega spektralnega sevanja. Pri obravnavanju sevalnotehničnih lastnosti stekla pa ne upoštevamo samo celotnega sončnega spektra (valovne dolžine od 300 do 2.500 nm), temveč tudi celotni spekter toplotnega sevanja (vse do valovne dolžine 300.000 nm).

TOPLOTNOZAŠČITNI NANOS NA STEKLU UČINKUJE NA NASLEDNJI NAČIN:

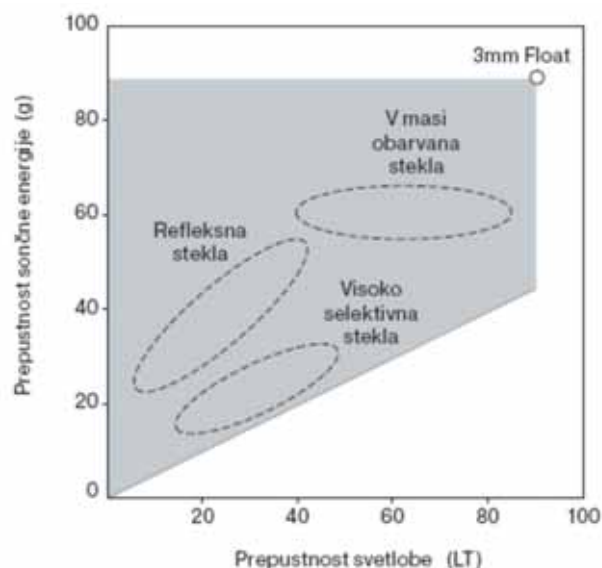
Posamezne plasti v nanosu učinkujejo kot filter, zato jih opisujemo tudi kot selektivne. To pomeni, da so ti nanosi za kratkovalovno sevanje (sončna toplota), še posebej za področje vidne svetlobe, visokotransparentni. Nasprotno pa so za dolgovalovno sevanje (posebej za področje valovnih dolžin infrardečega sevanja med 3.000 in 50.000 nm) visokorefleksni, torej neprepustni.

V praksi to pomeni, da energija sončnega sevanja (do valovne dolžine približno 2.500 nm) nemoteno prehaja skozi steklo v prostor (učinek sončnega kolektorja).

Površine, ki omejujejo ta prostor in tudi predmeti v njem, to energijo absorbirajo in se zato segrejejo, kasneje pa energijo oddajajo (emitirajo) v obliki dolgovalovnega sevanja. Toplotnozaščitni nanos je za to vrsto valovanja neprepusten.

SONČNOZAŠČITNA IZOLACIJSKA STEKLA

Če primerjamo značilnosti zasteklitve v stanovanjski gradnji in gradnji poslovnih objektov opazimo, da je pri obeh primarna zahteva po čim višji prepustnosti svetlobe (LT) in čim manjši izgubi ogrevalne energije (nizka Ug-vrednost), medtem ko je zahteva glede količine sončne energije, ki jo prepuščata (g-vrednost), različna. V stanovanjski gradnji želimo, da skozi zasteklitev prodre čim več sončne energije. Izkoriščanje pasivne sončne energije pomeni brezplačen vir ogrevanja, ki znatno prispeva k zmanjšanju potrebne količine ogrevalne energije. Velika prepustnost energije poleti sicer povzroča pregrevanje prostorov, vendar se tej težavi izognemo z uporabo različnih senčil.



Steklo daje (tudi zaradi široke barvne palete) poseben pečat oblikovanju najzahtevnejših poslovnih, upravnih in industrijskih zgradb. Zasteklitve teh objektov so ponavadi sestavljene iz velikih steklenih površin. Na ta način preprečimo občutnejše pregrevanje prostorov, s čimer zagotovimo prijetne pogoje bivanja, hkrati pa občutno zmanjšamo stroške hlajenja, ki so sicer nekajkrat višji od stroškov ogrevanja.

Kadar želimo dobiti sončnozaščitno steklo, torej steklo z majhno prepustnostjo sončne energije, moramo enemu (praviloma zunanjemu) od obeh stekel, v izolacijskem steklu ustrezno modificirati vsaj enega od preostalih dveh mehanizmov. To modifikacijo lahko dosežemo na več načinov:

- Če je steklo v masi obarvano (barvni float), se absorpcija energije poveča.
- Z nanosom tanke plasti kovinskih oksidov (»hard coating«, pirolitičen nanos) se poveča refleksija energije.
- Pirolitičen nanos kovinskih oksidov na barvnem floatu istočasno poveča refleksijo in absorpcijo energije.
- Če je zunanje absorpcijsko ali refleksno steklo v paru s steklom Low-e, se posredno dodatno zmanjša prepustnost energije. Nizkoemisijski nanos na notranji strani notranjega stekla zmanjšuje indirektni prehod sončne energije (to je tisti del že absorbirane energije, ki bi med ohlajanjem s sekundarno emisijo, v obliki dolgovalovnih IR žarkov, skozi drugo steklo prešel v notranjost zgradbe). Ko notranje steklo odbije omenjene žarke nazaj proti prvemu steklu, se temu še dodatno poveča absorpcija.
- Sodobna visokoselektivna stekla imajo na notranji strani zunanjega stekla mehki (»sc-soft

	Vrsta senčila ^a	F _e
1	Brez senčila	1,0
2	Senčilo v prostoru ali v medstekelnem prostoru ^b	
	2.1 Z belo ali reflektirajočo površino z majhno prepustnostjo svetlobe	0,75
	2.2 V svetlih barvah ali z majhno transparentnostjo ^c	0,8
	2.3 V temnih barvah ali z visoko transparentnostjo	0,9
3	Zunanja senčila	
	3.1 Vrtljive, prezračevane lamele	0,25
	3.2 Prezračevane žaluzije in materiali z majhno transparentnostjo	0,25
	3.3 Žaluzije na splošno	0,4
	3.4 Rolete, naoknice	0,3
	3.5 Nadstreški, lože, prostostoječe lamele ^d	0,5
	3.6 Markize ^d , od zgoraj in ob straneh zračene	0,4
	3.7 Markize na splošno	0,5

^a Senčilo je fiksno nameščeno, običajnih dekorativnih zaves ne uvrščamo med senčila.
^b Za senčila v prostoru in v medstekelnem prostoru je priporočljivo bolj natančno določanje, saj lahko dosežejo bistveno boljše vrednosti.
^c Transparentnost senčila pod 15 % ocenjujemo kot majhno.
^d Zagotoviti moramo, da sončni žarki ne sevajo neposredno na okna.

coated») večplastni nanos različnih kovin. Z ustreznim kombiniranjem teh plasti lahko dosežemo, da nanos deluje sončno in toplotnozaščitno ter ima zeleno barvo.

Celotna prepustnost sončne energije skozi zaste-klitev vključuje tudi senčila in se izračuna po:
 $g_{total} = g_{ST} \cdot F_c$

Koeficient F_c (DIN 4108-2) je odvisen od učinkovitosti senčila: če je okno brez senčila, je vrednost koeficienta F_c enaka 1, zelo učinkovita senčila pa imajo vrednost 0,1. Senčila niso samo zaščita pred sončno toploto in premočno svetlobo, z njimi lahko svetlobo tudi usmerjamo globoko v notranjost prostorov. Poleg tega so prijetna dopolnitev vizualne podobe fasade objekta. Senčila v grobem delimo na rolete, žaluzije in lamelne žaluzije, markize ter »screene«. V tabeli so prikazane vrednosti koeficienta F_c za različne vrste senčil.

Učinkovito sončno zaščito fasade lahko dosežemo z različnimi sistemi (na primer nepremični/premični, zunaj/notri, tkanina/zavese itd.). Glede na potencial za varčevanje energije se kaže sposobnost prilagajanja fasade na letne čase, oziroma na zunanjo klimo, kot najpomembnejši znak kakovosti. Celostno opazovanje

- poletja, oziroma potrebne energije za ohlajanje,
- dnevne svetlobe, oziroma potrebne energije za osvetljevanje in
- zime, oziroma potreb za ogrevalno energijo, kaže na to, da fasada z običajnimi toplotno zaščitnimi stekli, v kombinaciji z zunanjimi lamelnimi žaluzijami, ponuja največjo možno varčevanje energije. Izkušnje kažejo tudi, da samo zunanja senčila z ročnim upravljanjem velikokrat ne izpolnjujejo funkcije. Šele z avtomatskim pogonom, v kombinaciji z inteligentnim krmiljenjem (na primer zapiranje senčil samo na obsijani strani fasade) in z dovolj veliko stabilnostjo v vetru, lahko sistem zunanje zaščite pride popolnoma do izraza.

OZELENJENE STREHE

Urbanim okoljem trajno povrnejo naraven videz in izboljšajo bivalno ali delovno okolje

dr. Roman Kunič, univ.dipl.inž.grad.
FRAGMAT TIM d.d., Raziskave in razvoj

Ključne besede:

ozelenjene strehe, zelene strehe, ravne strehe, toplotni otok, bioklimatsko načrtovanje

Zaradi posrednih in neposrednih prednosti ravnih streh, v zadnjem času med projektanti, investitorji in lastniki stavb, skokovito narašča zanimanje za t. i. ozelenjene strehe. To so strehe, ki, kot viden zaključni del, vsebujejo vegetacijske sloje in rastline. Imenujemo jih tudi zelene, ozelenjene, vegetacijske, eko, bivalne ali vrtno strehe.

Tehnologija ozelenjenih ravnih streh je učinkovita in praktičen način povečanja energetske učinkovitosti stavb. Ozelenjene ravne strehe znižujejo vplive toplozračnih mestnih jeder, čistijo zrak in vodo, nudijo razširjen bivalni in delovni prostor ter zmanjšujejo vpliv nevihtnih padavin na odtoke. Sistemi ozelenitve v stavbarstvu so v zadnjem času pridobivali na pomembnosti kot okoljske rešitve, s katerimi se soočajo moderna mesta. V zadnjih letih zaznavamo veliko povečanje zanimanja za gradnjo ozelenjenih streh, v prvi vrsti pri izgradnji in obnovi turističnih, individualnih, večstanovanjskih in poslovnih objektov. Prav tako pa tudi pri izgradnji bolnišnic in drugih javnih objektov. Za ta namen je potrebno znanje tehnologije, način vgradnje in izbiro materialov prenesti tako v projektivno in operativno prakso kot tudi v kasnejše, sicer manj zahtevno, vendar občasno vzdrževanje.

1. PROBLEMATIKA USTVARJANJA TOPLOZRAČNIH OTOKOV ALI TOPLOTNIH ZRAČNIH JEDER V URBANIH OBMOČJIH

Pregrevanje, predvsem betonskih, asfaltnih, tlakovanih, strešnih in fasadnih površin v mestnih jedrih povzroča ogrevanje in s tem dviganje toplih zračnih gmot, te pa s seboj nosijo prašne delce, ki povzročajo poleg onesnaževanja in slabega zraka še smog, meglo in drugo onesnaženje. Računske simulacije in nekatere praktične izkušnje potrjujejo, da bi z uporabo ravnih streh v mestih, kot sta London in Montreal, z uporabo ozelenjenih streh znižali temperaturo zraka v mestnem jedru za 4°C, medtem ko bi v Riadu v Saudski Arabiji to znižanje znašalo celo 9 do 11°C.

2. OKOLJSKE PREDNOSTI

Najpomembnejša prednost ozelenjenih streh je v njihovem estetskem videzu in okoljski sprejemljivosti ter izboljšanjem bivalnega in delovnega prostora. Temu lahko dodamo še številne pozitivne lastnosti kot so:

- nove možnosti povečevanja ozelenjenih površin v urbanih okoljih,
- estetski videz, visoka mestotvorna vloga in lepa podoba celotne pokrajine,
- možnost za rekreacijo, sprostitve, počitek in aktivno vrtnarjenje,
- izboljšana toplotna izoliranost. Četudi substrat



Slika 1: Takojšnja ozelenitev s pomočjo razvijanja vegetacijske preproge, površine 1200 m², turistični objekt pri Sežani (po sistemu Fragmat - Optigrün)

- ali zemljina na ozelenjeni strehi zamrzne, deluje ta plast kot toplotni izolator,
- zmanjšanje vpliva toplotnega otoka oziroma toplotnega jedra v mestnih urbanih okoljih,
- v procesu fotosinteze rastline porabljajo CO₂ iz zraka in proizvajajo kisik, kar pomeni, da z dodatnimi rastlinami doprinesemo k povečani absorpciji ogljikovega dioksida in produkciji kisika,
- dodatno izhlapevanje vode in s tem ohlajevanje objektov ter okolice objektov,
- ni skladiščenja prahu in delcev ter posledičnega prenašanja z vetrom (vezanje in filtriranje prašnih delcev),
- čiščenje zraka, saj kvadratni meter travne površine odstrani v letu dni vsaj 200 g prašnih delcev, medtem ko srednje veliko drevo v samo enem dnevu očisti celo do 10 m³ zraka,
- plasti ravne strehe čistijo in filtrirajo deževnico,
- ustvarimo naraven tok vode, zraka in hranilnih snovi,
- zaščita pred vse pogostejšimi in stopnjevanimi vremenskimi skrajnostmi, tudi zaščita pred poplavami – klimatsko varne zgradbe,
- redistribucija padavinskih vod: zadrževanje vode (deževnice) ob večjih nalivih in zmanjšanje trenutne obremenitve na odtoke. Ravne strehe tako delujejo kot vmesni rezervoarji za vodo. Kar 30 do 80 odstotkov celotne količine

meteorne vode lahko odteče v odtoke z znatno časovno zakasnitvijo,

- v plasteh ozelenjenih streh se uporablja veliko recikliranih gradbenih materialov, saj v sodobnem svetu predstavljajo gradbeni odpadki kar 40-odstotni delež vseh odpadkov,
- površinska temperatura običajnih streh je v primerjavi z ozelenjenimi strehami lahko višja tudi do 45°C. V strnjenih naseljih bi lahko z uporabo ozelenjenih streh temperatura okoliškega zraka v letnem času padla za okrog 3 – 4°C, kar bi pomenilo tudi znatno manjše pregrevanje. Če notranji površini ravne strehe uspemo znižati temperaturo za 1°C, zmanjšamo potrebe po energiji za ohlajevanje notranjih prostorov za pet odstotkov.

3. ZDRAVSTVENE IN SOCIALNE PREDNOSTI

- Razširjen bivalni in delovni prostor visoke kakovosti,
- možnost počitka in terapevtske sprostitve v urbanem okolju (dokazana je socialna in psihološka vloga ozelenjenih površin),
- naravni habitat za rastline in živali, torej za živa bitja, ki imajo malo možnosti za preživetje v urbanem okolju, poleg rastlinskih tudi številne živalske vrste (žuželke, ptice, ...),

- izboljšana mikroklima zaradi evaporacije in transpiracije,
- izboljšana zvočna zaščita zaradi zvočne absorpcije, namesto zvočnih refleksij, ki so prisotne pri običajnih strehah,
- vegetacija s procesom zmožnosti absorpcije odstrani številne okolju in človeku neprijazne in škodljive pline ter druge toksine,
- težke kovine, dušikove spojine in drugi polutanti se v veliki meri absorbirajo v slojih ozelenjenih streh in se tako ne izpirajo v podtalnico,
- celo v primeru lahkih ravnih streh na profiliranih pločevinah se izboljša zvočna izolativnost za 8 dB, če namestimo ozelenjeno streho (ocenjuje se, da vsaj 20 % prebivalcev Evropske unije, kar predstavlja kar 80 milijonov ljudi, trpi zaradi prekomernega hrupa). Dvojna površinska teža ravne strehe doprinese k 10 dB izboljšani izolaciji prenosa zvoka po zraku,
- ker predstavljajo vegetacija in nosilni sloji vegetacije odlično absorpcijo elektromagnetnega žarčenja, je to tudi dobra zaščita pred električnim smogom.

4. TEHNIČNE IN EKONOMSKE PREDNOSTI

- Podaljšana življenjska doba hidroizolacijskih plasti ravne strehe,
- zaščita pred staranjem, raztezanjem, krčenjem, krhkostjo in UV žarki,
- plasti strehe so zaščitene pred temperaturnimi šoki (drastično znižanje temperaturnih obremenitev plasti ravne strehe in nosilne konstrukcije pod njo),
- zaščita pred poškodbami vetra in udarci toče – klimatsko varne zgradbe,
- zaradi zmanjšanja obremenitve kanalizacijskih omrežij so dimenzije odtokov in kanalizacij lahko manjše,
- nekatere najenostavnejše rešitve ozelenjenih streh imajo celo manjšo težo kot običajne ali obrnjene ravne strehe s posipom pranelega prodca. Poleg tega te rešitve tudi niso dražje,
- plasti ravne strehe so dodatna požarna zaščita,
- pozitivno vplivajo na energetska bilanco objektov, tako je letni prihranek zaradi zmanjšanja toplotnih izgub skozi površine strehe večji kot 20 kWh/m² (ali cca. 2 litra EL kurilnega olja/m²),

- klimatske naprave na strehah imajo večji izkoristek, ker v njih vstopa hladnejši zrak. V splošnem pa poraščene strehe in fasade zmanjšujejo potrebo po klimatskih napravah,
- manj sevanja v okolico,
- ker fotovoltaičnim sončnim celicam izkoristek pada s povišanjem temperature, imajo te zaradi nižjih temperatur na ozelenjenih strehah večji izkoristek, hkrati pa lahko sloji ozelenjenih streh služijo kot obremenitev nosilnih ogrodij solarnih sistemov (dober sinergijski učinek),
- ker so cene zazidljivih zemljišč skokovito narasle, so ozelenjene strehe še toliko bolj aktualne,
- z namestitvijo ozelenjene strehe je moč pridobiti subvencije, nepovratna sredstva ali ugodne kreditne pogoje, seveda v odvisnosti od naprednosti, zavedanja in bogastva določene regije.

5. SLABOSTI

Poleg veliko pozitivnih prednosti imajo ozelenjene ravne strehe tudi nekaj slabosti, ki pa so vse povezane z višjo investicijsko vrednostjo ali višjimi stroški vzdrževanja. Zaradi večje lastne teže in dodatne teže humusa, substrata, vegetacije ter zadrževanja vode, moramo namreč ojačati nosilne konstrukcije. Slednje velja posebej za intenzivno ozelenjene ravne strehe, kjer je teža neprijemno večja. Mnoge obstoječe ravne strehe prav zaradi povečanih obremenitev ne moremo spremeniti v ozelenjene. Stroški vzdrževanja znatno porastejo, če želimo zasaditi zahtevne rastline, ki potrebujejo veliko nege, zalivanja, košnje, striženja, obrezovanja ipd..

6. DELITEV OZELENJENIH STREH

Na delitev ozelenjenih ravnih streh v največji meri vpliva zahtevnost rastlin in s tem povezana debelina vegetacijskega sloja, in sicer:

- ozelenjene strehe ekstenzivne ozelenitve,
- ozelenjene strehe intenzivne ozelenitve.

6.1 Ekstenzivna ozelenitev

Ekstenzivna ozelenitev je tista, kjer se uporabljajo nižje in v večini primerov manj zahtevne rastline predvsem srednjeevropske oziroma regionalne



Slika 2: Ozelenjena streha ekstenzivne ozelenitve, površine 4000m², poslovni objekt v Ljubljani (po sistemu Fragmat - Optigrün)

flore. Debelina substrata znaša od 4 do 15 cm, obtežba nosilne plasti vegetacije in same vegetacije pa od 50 do 200 kg. Velika prednost teh streh je v tem, da ne potrebujejo veliko nege in vzdrževanja - rastline se same regenerirajo, so odporne na sušo in občasno močo, imajo dobro obnovitveno sposobnost, se dobro zaraščajo, gosto zakoreninijo substrat, se razvijajo in razmnožujejo, zaradi česar so te rešitve tudi cenovno najugodnejše. Strehe z ekstenzivno ozelenitvijo lahko izvedemo v nagibih od 20 do 300 in več. Kontrolni pregled streh je obvezen vsaj dvakrat letno in ob daljših sušnih obdobjih, ko moramo poskrbeti za zalivanje. Vsaj v prvih nekaj sezonah je priporočljivo tudi gnojenje.

6.2 Intenzivna ozelenitev

Pri intenzivni ozelenitvi se uporabljajo stebelaste rastline, grmovnice in drevesa ter travnate in cvetlične površine, pri čemer je razlika med uporabljenimi rastlinami velika. Debelina substrata znaša najmanj 25 cm, v nekaterih primerih tudi nad 100 cm, obtežitev strehe pa od 300 do 450 kg/m² in več. Takšne strehe so izvedene kot ravne z minimalnimi nagibi ali celo brez nagibov. Odvečno meteorno vodo moramo drenirati z učinkovitimi drenažnimi plastmi. Rastline

potrebujejo vestno vzdrževanje, veliko nege, stalno namakanje in občasno gnojenje. Vse to pa predstavlja velike stroške, ki so pa še toliko manj upravičeni, ker z ekološkega vidika intenzivna ozelenitev ne predstavlja nobene prednosti pred veliko cenejšo in lažjo ekstenzivno ozelenitvijo.

7. NASVETI ZA NAČRTOVANJE IN PROJEKTIRANJE OZELENJENIH RAVNIH STREH

Priporočljivo je, da investitorja seznanimo z vsemi prednostmi, slabostmi, zunanjim videzom, načini in intenzivnostjo vzdrževanja, ekonomičnostjo ter ostalimi pogoji izbire različnih sistemov ozelenjenih streh.

Ovrednotiti moramo naslednje cilje:

- katere vrste uporabne površine si želimo (uporabno oziroma pohodno, namenjeno bivanju in rekreaciji, ali pa neuporabno in pohodno le v primeru pooblaščenih oseb),
- kakšna je nosilna konstrukcija (razponi, nosilnost, sestava, materiali,),
- kolikšna je potrebna absorpcija meteorne vode, priporočeno je vsaj 15 % potrebe dnevne količine, oziroma dnevno najmanj 30 l/m² za površine ozelenjene strehe,



Slika 3: Schlosshotel, Vrba ob Vrbskem jezeru, Avstrija

- zelena stopnja toplotne izolativnosti,
- možnost in cena vzdrževanja z negovanjem ozelenjene strehe,
- investitorjev interes k doprinosu varčevanja z energijo in varovanju okolja.

Pri projektiranju ravnih streh moramo upoštevati še naslednje:

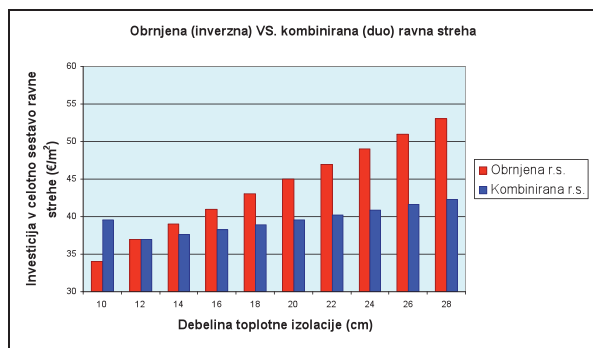
- individualne mikroklimatske razmere (vpliv vetra, snega, toče in drugih padavin),
- sestava vseh streh, ozelenjenih pa še toliko bolj, je odvisna od geografskih in mikroklimatskih pogojev lokacije,
- najprimerneje je, da za ozelenjeno streho izberemo rastline iz regionalnega območja na katerem se le-ta nahaja, ker bo tako uspeh zakoreninjenja in zaraščanja večji,
- nakloni ozelenjenih ravnih streh (intenzivna ozelenitev brez naklona in ekstenzivna od 20 do tudi več kot 300),

- pri večjih nagibih streh moramo preprečiti zdrse slojev,
- omogočiti moramo dostop do ozelenjene strehe,
- vgradnja ovir za zaščito pred padcem s strehe,
- če je na ozelenjeni strehi bazen ali ribnik, se zahteva dodatna hidroizolacija, ločena od hidroizolacije ozelenjene strehe.

8. OBRNJENA (ALI INVERZNA) V PRIMERJAVI S KOMBINIRANO (ALI DUO) RAVNO STREHO

Ker se debeline toplotnoizolacijskih plasti ravne strehe povečujejo - v skladu z novimi zahtevami bo debelina znašala minimalno 18 cm, so izvedbe obrnjenih ravnih streh s toplotnoizolacijsko plastjo, izpostavljeno vremenskim vplivom, vse manj ekonomične, tehnično težko izvedljive in zaradi višje cene izolacij ekonomično neupravičene. V skladu z grafikonom so stroški izvedbe (vsi materiali, delo in transporti), pri skupni debelini toplotne izolacije 12 cm, v primeru obrnjene in kombinirane ravne strehe, enaki. Nad to skupno debelino (v kombinirani ravni strehi je privzeto 80 % debeline EPS pod hidroizolacijsko plastjo in 20 % skupne debeline z XPS nad hidroizolacijo), pa izkazuje kombinirana ravna streha veliko večjo ekonomičnost. Hkrati pa takšna streha združuje vse prednosti klasične tople in obrnjene ravne strehe.

Grafikon: Odnos med investicijo v celotno sestavo ravne strehe in celotno debelino toplotne izolacije



LITERATURA

1. Alexandri E., Jones P. Temperature decreases in a urban canyon due to green walls and green roof in diverse climates. *Building and Environment* 43, 4 (2008) 480-493 (Artical in press)
2. BERGER, W. (1988): Dachbegrünung als ökologische Maßnahme zur Umweltverbesserung. - Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde, Amt für Landschaftsplanung, Hamburg,
3. Dovjak, Mateja, 2008, The Green Building Systems – A Tool for Solving the Problem of Urban Heat Island Effect, University of Nova Gorica, Slovenia,
4. Grant, Gary, 2006, Green roofs and facades, HIS BRE Press, Watford, Great Britain,
5. HENNEBERG, M. (1994): Extensive Dachbegrünung - ökologischer Ausgleich oder Wüstenlandschaft? - *Deutscher Gartenbau* 26,
6. Kodama, Yuichiro, 2005, Architecture for a Sustainable Future, All about the Holistic Approach in Japan, Edited by Architectural Institute of Japan (AIJ), Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC), Tokyo, Japan, 294 str.,
7. Kosareo L., Ries R. Comperative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment* 42 (2007) 2606-2613
8. Krainer A. 2002. Viri in pasivni sistemi. Modul 2, Stavba 1. University of Ljubljana. Faculty for Civil Engineering and geodetic design. Chair for Buildings and Constructional Complexes: 34 pp.
9. Li, Zhuguo, 2005, A New Life Cycle Impact Assessment Approach for Buildings, Japan, str. 1414 – 1422,
10. Liesecke, H-J., Krupka B., Brueggemann H.. 1989. Grundlagen der Dachbegruenung Zur Planung, Ausfuhrung und Unterhaltung von Extensivbegruenungen und Einfachen Intensivbegruenungen. Berlin-Hanover: Patzer Verlag.
11. MANN, G. 'Biologie in unserer Zeit', 'Dach und Grün', 'Deutscher Gartenbau', 'Der Dachdeckermeister', 'Stadt und Grün', in 'DBZ deutsche Bauzeitung',
12. MANSCHKE, E. (1997): Erfahrungen mit extensiven Dachbegrünungen bei der Staatlichen Hochbauverwaltung. - *bau intern* 6,
13. Mentens J., Raes D., Hermy M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77 (2006) 217-226
14. Mitigating New York City's Heat Island With Urban Forestry, Living Roofs, And Light Surfaces. New York City Regional Heat Island Initiative. Final Report.2006.
15. Ojima, T.). Changing Tokyo Metropolitan Area and its Heat Island Model. *Energy and Buildings*, 15-16 (1990/91) 191-203.
16. Oke et al. 1991. Simulation of surface urban heat islands under ideal conditions at night part 2: Diagnosis of causation Boundary-Layer Meteorology: 339-358.
17. Peck S.W., Callaghan C., Kuhn M. E., Grass B. 1999. Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada.
18. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. City of Toronto and Ontario Centres of Excellence –Earth and Environmental Technologies.2005.
19. Santamouris, M. 2006. Environmental Design of urban buildings. An integrated approach. 322 pp.
20. Takebayashi H., Moriyama M. Surface heat budgeted on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environmnet* 42 (2007) 2971-2979
21. www.dachgaertnerverband.de
22. www.fbb.de
23. www.fragmat.si
24. www.greenroofs.org
25. www.kske.fgg.uni-lj.si,
26. www.optigruen.de

UČINKOVITI FASADNI PREMAZI

dr. Mojca Japelj Fir, prof.kem.
CBS Inštitut d.o.o.

Zadnjih deset let so novice o okoljskih spremembah vedno na prvih straneh časopisov, zadnje leto pa se jim pridružujejo še novice o rastoči oziroma prekomerni porabi energentov. Izziv današnjih raziskovalcev in razvojnikov je, kako narediti energetske učinkovite izdelke, ki ne bo imel negativnega vpliva na okolje.

Na področju premazov že več kot 30 let potekajo raziskave različnih učinkovitih fasadnih premazov, kot so:

- spektralno selektivne tople barve za sončne absorberje,
- spektralno selektivne hladne barve za zmanjševanje toplotnih dobitkov in
- samočistilni premazi za enostavnejše čiščenje fasad z dolgotrajnejšim estetskim videzom.

V prispevku bo podrobneje predstavljen razvoj naštetih premazov.

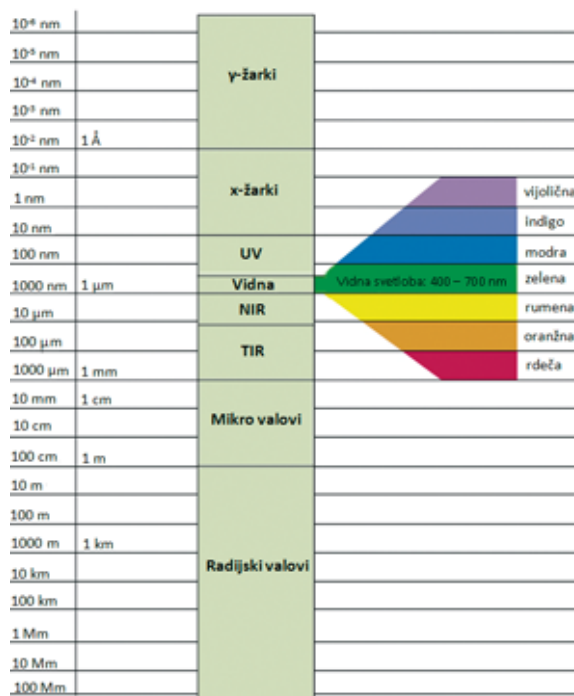
SPEKTRALNO SELEKTIVNI PREMAZI

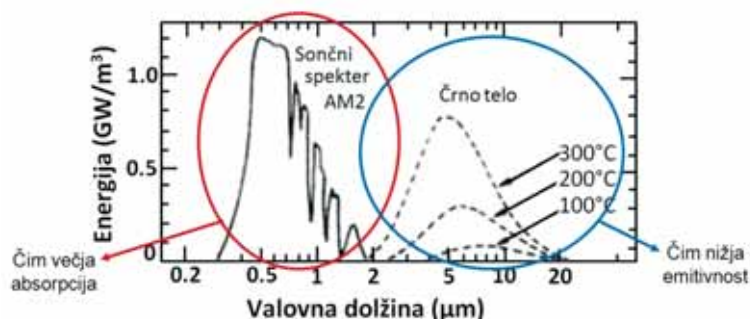
Ko se odločamo o barvi fasadnega ovoja, pogosto razmišljamo le o estetskem učinku neke barve. Zelo malo pozornosti pa posvetimo temu, kakšen vpliv bo imela izbrana barva na toplotno ugodje v stavbi, oziroma, kakšen bo njen vpliv na energijski izplen. V zadnjih letih so se na trgu pojavile tople in hladne fasadne barve, ki jih uvrščamo med spektralno selektivne premaze. Spektral-

no selektivni premazi jih imenujemo zato, ker v določenem delu elektromagnetnega valovanja selektivno absorbirajo svetlobo, v drugem delu pa jo odbijejo (reflektivnost) ali celo prepuščajo (transmisivnost) (Slika 1).

Razvoj spektralno selektivnih barv se je začel v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Prva aplikacija

Slika 1: Spekter elektromagnetnega valovanja. Hladne barve absorbirajo UV in vidno, delno pa odbijejo ali prepuščajo NIR. Tople barve absorbirajo UV, vidno in NIR.





Slika 2: V območju med 0,2 in 2,0 µm je sončno sevanje najmočnejše, zato je zaželeno, da tople barve v tem območju čim več absorbirajo, medtem ko je v termalnem delu od 2,0 do 30 µm zaželeno čim nižja emitivnost (podobna kot pri črnem telesu pri 100°C).

cija so bile vojaške maskirne barve za področje bližnje infrardeče svetlobe, kasneje pa se je uporabnost razširila tudi na druga področja: laserska, vesoljska in solarna tehnologija, avtomobilska in steklarska industrija ter gradbeništvo.

Tople spektralno selektivne barve

Tople spektralno selektivne barve se uporabljajo za obarvanje sprejemne površine v sončnih absorberjih. Razvojni cilj takšnih barv je bil, da absorbirajo čim več sončne energije v območju med 0,3 in 2,0 µm (ultravijolična, vidna in bližnja infrardeča svetloba) ter emitirajo (sevajo) čim manj energije v termalnem oziroma dalj-

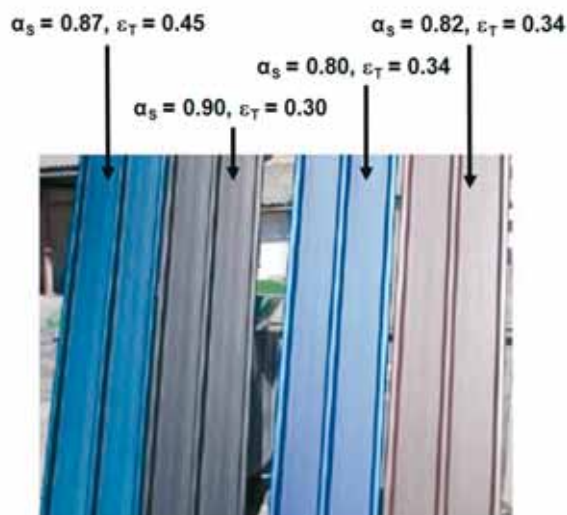
nem infrardečem območju med 2,0 in 30 µm (Slika 2). Takšne lastnosti imajo debelinsko odvisne spektralno selektivne barve, ki so bile razvite že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Njihova sončna absorptivnost (α_S) je običajno nad 90 %, termična emisivnost (ϵ_T) pa pod 20 %.

Tudi slovenska raziskovalna skupina iz Laboratorija za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu je, v sodelovanju s podjetjem Helios d.d., razvijala tople barve, katerih učinkovitost je odvisna od debeline nanosa. Skupaj so pripravili tržno zanimiv premaz Solarect-Z, ki je bil po učinkovitosti primerljiv z ameriškim SolkoteHI/SORB-II™ (Solec, ZDA).

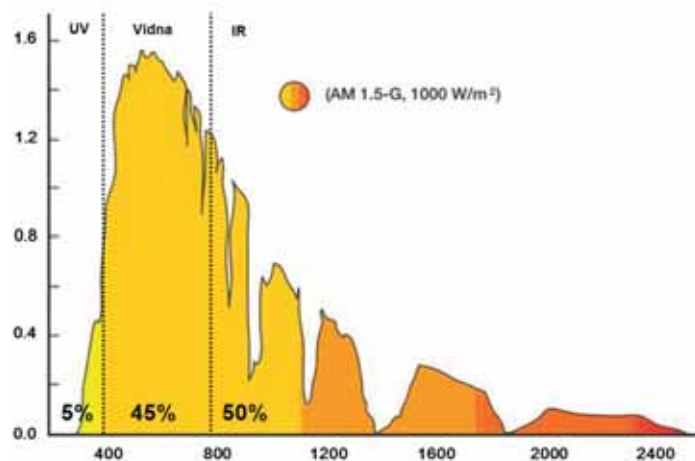
Za pripravo debelinsko odvisnih spektralno selektivnih barv se uporabljajo črni pigmenti, ki so narejeni iz oksidov prehodnih kovin (Mn, Co, Fe, Cr). Ti imajo dvojno vlogo. Prva je ta, da absorbirajo sončno energijo, druga pa, da termalno infrardečo (TIR) svetlobo prepuščajo do podlage, oziroma jo odbijajo znotraj obarvane plasti. Veziva toplih spektralno selektivnih barv so največkrat na osnovi silikona in prenesejo visoke temperature; tudi do 300°C. Barva se nato v debelini manj kot 5 µm nanese na aluminijasto ali bakreno podlago, ki ima nizko termično emisivnost (do 4 %). Debelina premaza je zelo pomembna, saj bi z večanjem debeline zmanjšali prepustnost TIR svetlobe do podlage in

Tabela 1: Prednosti in slabosti toplih barv.

Vrste toplih barv	Prednosti	Slabosti
Debelinsko odvisne spektralno selektivne tople barve	Visoka selektivnost ($\alpha_S > 90 \%$, $\epsilon_T < 20 \%$) zato je tudi visok izkoristek	Niansiranje je omejeno
		Zaradi tankosti nanosa so zelo občutljive na razenje
		Zaradi tankosti nanosa ne dajejo zadostne korozijske zaščite, zato je nujno potrebna zasteklitev površin
Debelinsko neodvisne spektralno selektivne tople barve	Možnost niansiranja Zaradi debelejših nanosov dajejo ustrezno korozijsko zaščito, zato ni potrebno dodatne zasteklitve površin Cenena/enostavna tehnologija nanašanja	Draga/zahtevna tehnologija nanašanja
		Slabša selektivnost ($\alpha_S > 80 \%$, $\epsilon_T < 40\%$), zato je tudi manjši izkoristek
		Zaradi majhne vsebnosti veziva so zelo občutljive razenje



Slika 3: Pločevina pobarvana z debelinsko neodvisno spektralno selektivno barvo SunColor, ki je bila razvita v okviru projekta SEONES (Trimo, Kemijski inštitut, Color).



Slika 4: Spekter sončnega sevanja v območju med 300 in 2500 nm. Iz slike je razvidno, da je prispevek sevalne energije v NIR kar 50 %.

povečali sevanje v termalnem delu spektra. Rezultat pa bi bil zmanjšana učinkovitost toplih barv in manjši izkoristek sončnega sprejemnika.

Kljub visoki učinkovitosti debelinsko odvisnih spektralno selektivnih barv imajo le-te, ravno zaradi majhne debeline nanosa, kar nekaj negativnih lastnosti (Tabela 1):

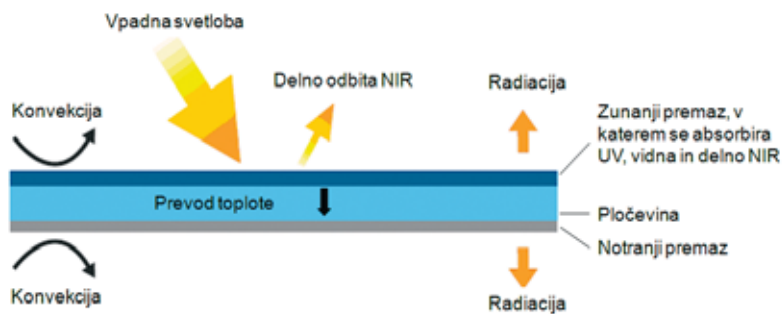
- omejena možnost niansiranja,
- izredna občutljivost na razenje in korozijska neobstoynost, zato je zasteklitev površine nujna,
- draga tehnologija nanašanja, saj je potrebno zagotavljati majhne debeline nanosa.

V začetku tega tisočletja so našteje slabosti prispevale k razvoju debelinsko neodvisnih spektralno selektivnih toplih barv, ki bi jih lahko uporabili kot fasadne barve brez pokrivnega stekla za sončne zbiralnike. Z razvojem takšnih barv je v okviru dveh evropskih projektov, ColorFace (2002-2003) in Solabs (2003-2006), pričela raziskovalna skupina iz Laboratorija za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu, nato pa nadaljevala skupaj s Trimom in Colorjem v aplikacijskem projektu SEONES (2006-2008), ki ga je sofinanciralo Ministrstvo za gospodarstvo RS. Idejna rešitev debelinsko neodvisnih spektralno selektivnih barv je na las podobna debelinsko odvisnim spektralno selektivnim barvam. Tudi v tem primeru barva vsebuje črne pigmente oksidov prehodnih kovin, katerim se dodajo različno obarvane

aluminijeve luske, v velikosti do 50 μm. Te prevzemajo vlogo podlage in tako znižajo termično sevanje. Ravno obarvane aluminijeve luske nudijo tem barvam možnost niansiranja (Slika 3), poleg tega pa so debeline nanosa primerljive s tradicionalnimi debelinami premazov (50 – 70 μm) in zato lahko uporabimo enostavnejše ter cenejše tehnike barvanja, kot so brizganje, valčkanje ali »coil-coating«. Prednost debelejših nanosov je tudi zagotavljanje ustrezne korozijske zaščite kovinskih substratov. Kljub prednostim pa imajo te barve tudi slabosti (Tabela 1), in sicer se zaradi možnosti niansiranja barv (ki niso več nujno črne ali temno sive), debeline nanosa in večjega deleža veziva v premazu njihova sončna absorptivnost zmanjša (α_S : 80 %), termična emisivnost pa se poveča (ϵ_T : 40 %). Vendar lahko še vedno trdimo, da je njihova učinkovitost dovolj visoka v primerjavi z običajnimi temnimi barvami. Njihova slabost pa je tudi abrazijska občutljivost, saj je delež veziva v premazu minimalen, kajti vezivo največ prispeva k povečanju termičnega sevanja.

Hladne spektralno selektivne barve

V zadnji dekadi se je razvoj hladnih barv izredno pospešil. Vzrok za to so višje zahteve po ugodju bivanja v vročih obdobjih, kar pomeni, da število naprav za hlajenje prostorov iz leta v leto narašča, s tem pa tudi poraba energije. Po EECAC (Energy Efficiency and Certification on Central Air Condi-

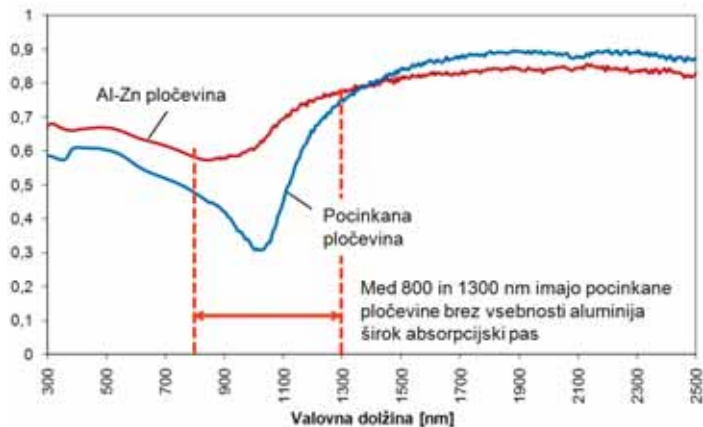


Slika 5: Shematski prikaz absorpcije in refleksije svetlobe na površini hladnih premazov.

tioners) poročilu iz leta 2003, je med letoma 1980 in 2000 površina hlajenih prostorov v EU (EU petnajsterice) narasla za 400 %, kar pomeni, da je za toliko narasla tudi poraba energije za hlajenje. Kot zanimivost naj omenim, da sta polovico te rasti prispevali Italija in Španija. Zato ne preseneča, da je poleti 2003 v Italiji in poleti 2005 v Španiji zaradi preobremenitve električnega omrežja prišlo do izpada električne energije. Podobno se je zgodilo leta 2002 in 2004 v Kaliforniji. Da do primanjkljaja električne energije ne bi več prišlo, je ameriška država Kalifornija že sprejela zakon, da morajo imeti vse novogradnje strehe prebarvane z reflektivnimi oziroma hladnimi barvami. Podoben zakon je v postopku sprejemanja tudi v Španiji.

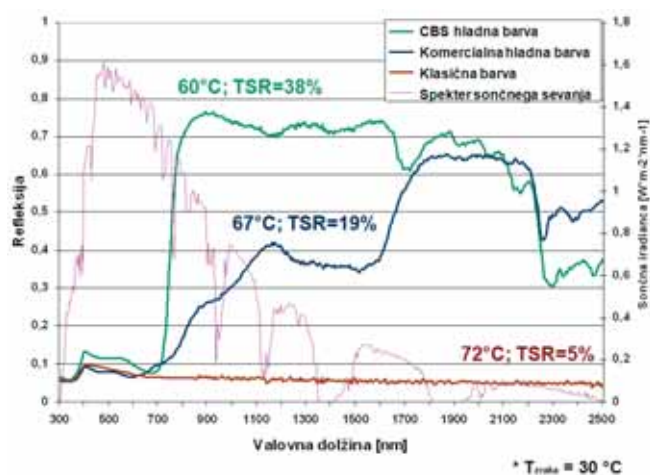
Leta 2001 se je v Kaliforniji začel projekt Cool Colors, v katerega so bila vključena največja svetovna podjetja na področju barv, kot so: BASF, Ferro, Shepherd color, Akzo Nobel in M3. Projekt je večkrat javno podprl tudi Arnold Schwarzeneger.

Združena skupina raziskovalcev je razvila več različnih anorganskih pigmentov, ki v območju bližnje infrardeče (NIR), kjer je absorpcija sončne energije največja (Slika 4), deloma odbijejo svetlobo in tako zmanjšajo delež absorbirane svetlobe (Slika 5), s tem pa tudi segrevanje osončene površine in toplotne dobitke. Učinkovitost hladnih barv določimo z izračunom njihove totalne



Slika 6: Refleksijski spektri klasične temno sive barve (rjava krivulja), komercialne temno sive barve na osnovi refleksijskih pigmentov (modra krivulja) in hladne barve, ki smo jo pripravili v CBS Inštitutu (zelena krivulja).

sončne refleksije (TSR), osnova za izračun pa je njihov refleksijski spekter v območju med 0,3 in 2,5 μm (Slika 6). V primerjavi s klasičnimi temnimi barvami, imajo barve na osnovi anorganskih NIR refleksijskih pigmentov v povprečju za 10 do 15 % višjo vrednost TSR, kar pomeni, da bi v poletnih mesecih na geografski širini Slovenije na takšnih hladnih površinah namerili od 3 do 7 °C nižjo temperaturo kot pri klasičnih temnih barvah (Slika 6). Drugo smer razvoja hladnih barv sta prav tako leta 2001 nakazala slovenska raziskovalca mag. Aleš Kralj in dr. Boris Orel. V patentu *Barvni sestav z zmanjšano absorpcijo bližnjega infrardečega sevanja* sta predlagala rešitev, ki je bazirala na kombinaciji refleksijskih pigmentov in absorpcijskih pigmentov, ki so za NIR prepustni (transparentni). Neodvisno od njiju je leto kasneje nemški znanstvenik Hugo Gerd razkril, kako in katere materiale uporabiti, da se doseže visoka TSR temno obarvanih površin. Predlagal je, da se kot substrat uporabi aluminij, ki ima v NIR več kot 70 % refleksijo, ali pa se manj reflektivne substrate prevleče s plastjo titanovega dioksida, ki ima podobno NIR refleksijo kot aluminij. Reflektivno plast se nato prebarva z barvami na osnovi že znanih organskih pigmentov, ki jih uporabljajo za pripravo vojaških maskirnih barv, in so za NIR svetlobo prepustni. V tem primeru NIR svetloba potuje skozi obarvano plast do reflektivne podlage, od koder se odbije nazaj. V primerjavi s klasičnimi temnimi barvami imajo barve na osnovi



Slika 7: Refleksijski spekter pocinkane pločevine in alucink pločevine, ki se najpogosteje uporabljata za izdelavo pločevinastih panelov.

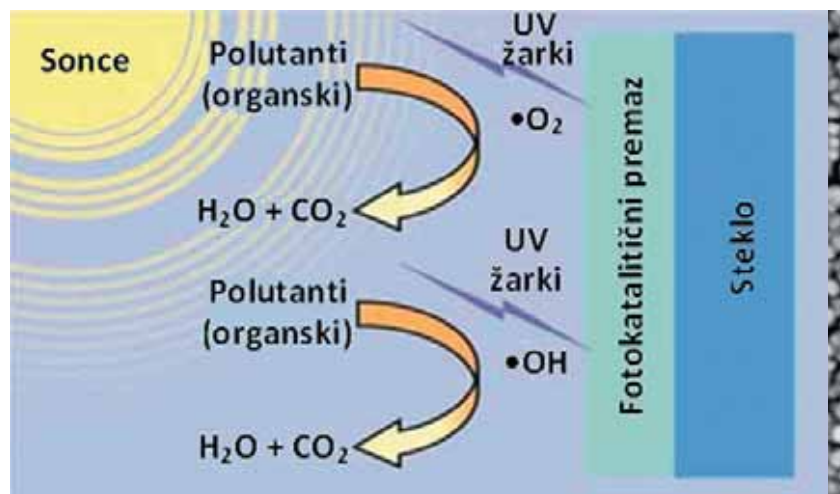
kombinacije anorganskih in organskih pigmentov v povprečju za 20 do 30 % višjo vrednost TSR, kar pomeni, da bi v poletnih mesecih na geografski širini Slovenije na takšnih hladnih površinah namerili od 10 do 15 °C nižjo temperaturo kot pri klasičnih temnih barvah (Slika 6).

Tudi v CBS Inštitutu smo se, v sodelovanju s Trimom, ukvarjali z razvojem hladnih barv, saj je v segmentu fasad in streh iz pločevinastih panelov znižanje temperature na temnih osončenih površinah pomembno tako iz okoljskih kot tudi s finančnih vidikov. Ti so:

- znižanje temperature v stavbi,
- znižanje porabe energije za hlajenje,
- zmanjšanje dviga povprečne temperature v mestnih jedrih in
- znižanje stroškov na podkonstrukciji.

Zaradi nižjih temperatur na obarvani površini se pločevina panela manj razteza, zato so lahko tudi razdalje med podporami daljše, kar pa pomeni manj podkonstrukcije.

V CBS Inštitutu smo Hugovo rešitev nadgradili, in sicer je bil naš cilj pripraviti hladno barvo na osnovi kombinacije anorganskih in organskih pigmentov v enem samem sloju, saj nam vsako naslednje barvanje prinaša dodaten strošek. Za doseganje cilja smo morali optimizirati velikost in količino belega pigmenta (TiO_2), da smo slabo reflektivni substrat na osnovi pocinkane pločevine (Slika 7)



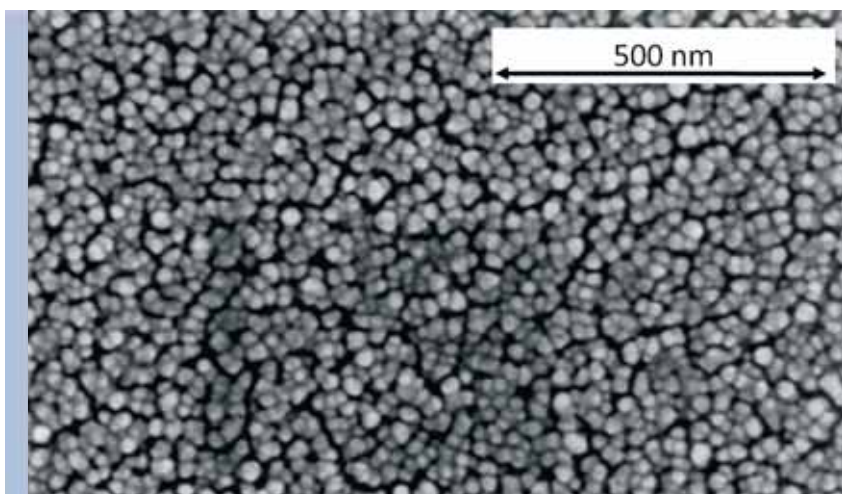
Slika 8: Shematični prikaz kemijske reakcije na površini fotokatalitičnega premaza.

popolnoma optično prekrili. Nato smo v premaz dodali še absorpcijske snovi za obarvanje in določili optimalno debelino premaza (nad 40 μm), da smo za temno siv premaz dosegli $\text{TSR} = 38\%$ oziroma 12 °C nižjo temperaturo, v primerjavi s klasično temno sivo barvo. Barvni sistem, ki smo ga razvili, je primeren za prašno barvanje, saj so pri tej tehnologiji barvanja običajne debeline med 50 in 80 μm .

Vsaka od razvojnih smeri hladnih barv ima svoje prednosti in slabosti (Tabela 2). Tako so »ameriške« hladne barve zaradi vsebnosti anorganskih pigmentov bistveno bolj obstojne na UV sevanje (10 let in več), celo bolje kot klasične barve, medtem ko so »evropske« hladne barve, zaradi prisotnosti organskih pigmentov, manj UV stabilne (5 do 8 let). Vendar pa je pri slednjih mogoče doseči višje TSR vrednosti za temne barve (nad 30 %) in pripraviti različne barvne odtenke. Pri »ameriških« hladnih barvah je nabor barvnih odtenkov omejen s številom anorganskih NIR reflektivnih pigmentov, poleg tega pa je za temne barvne odtenke težko doseči vrednost TSR nad 23 %.

SAMOČISTILNI PREMAZI

Onesnaženost zraka povzroča nalaganje številnih nezaželenih delcev na izpostavljene površine zgradb in drugih gradbenih objektov. Rezultat je hitrejše staranje in propadanje površin, izguba



Slika 9: Sem posnetek površine fotokatalitičnega titanovega dioksida.

funkcionalnosti, predvsem pa slabši estetski videz ter visoki stroški vzdrževanja in čiščenja površin. Z uporabo samočistilnih premazov bi našteje negativne učinke omilili, hkrati pa bi prispevali k manjši obremenitvi okolja z onesnaževanjem s čistili, ki se uporabljajo za čiščenje fasadnih površin. Samočistilni premazi namreč omogočajo enostavno čiščenje zunanjih površin, saj se lahko takšne površine očistijo pod vplivom UV svetlobe ali pa z dežjem, oziroma s curkom vode. Premaze, ki imajo sposobnost samočiščenja pod vplivom UV svetlobe uvrščamo med fotokatalitične premaze, medtem ko so premazi, ki se očistijo s kapljicami vode, superhidrofobni.

Fotokatalitični samočistilni premazi

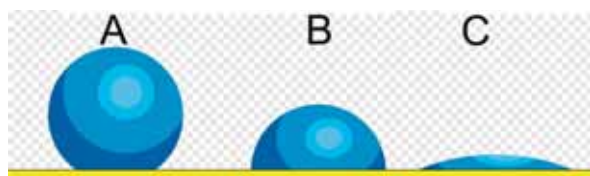
Osnova fotokatalitičnih premazov so polprevodniški materiali, med katerimi je najbolj raziskan titanov dioksid (TiO_2). Raziskave na področju fotokatalitičnih lastnosti polprevodniških materialov potekajo že več kot 50 let, vendar pa o prvem komercialnem preboju fotokatalitičnih premazov lahko govorimo šele od leta 2001, ko je podjetje Pilkington plasiralo okna s takšnim premazom.

Fotokatalitični premazi pod vplivom UV svetlobe reagirajo z molekulami vode in kisika, ki se adsorbirajo na površino, pri čemer nastanejo zelo reaktivni superoksidni in hidroksidni radikali (Slika 8). Radikali nadalje reagirajo z organskimi polutanti, rezultat reakcij pa sta ogljikov dioksid in voda. Učinkovitost fotokatalitičnih samočistilnih premazov ni odvisna samo od vrste polprevodnika, temveč tudi od površine, ki je v stiku z okolico. Večja ko je površina, bolj učinkovit je premaz, zato je pomembno, da je površina na mikro in nano skali čim bolj nagubana (Slika 9).

Za fotokatalitične premaze je značilno, da imajo superhidrofilno površino, kar pomeni, da jih voda enostavno omoči. To se kaže v nizkem omakalnem kotu za vodo ($\phi; 5^\circ$, Slika 10). Slednje je zelo pomembno za steklaste površine in ogledala, saj se slika skozi steklo ali na ogledalu, v primeru dežja oziroma vodne pare, ne zamegli. V nasprotju pa je popolna omočitev površine zelo tvegana na kovinskih

Tabela 2: Prednosti in slabosti hladnih barv.

Vrste hladnih barv	Prednosti	Slabosti
Hladne barve na osnovi anorganskih NIR reflektivnih pigmentov	Daljša UV obstojnost od klasičnih pigmentov (10 let ali več)	Niansiranje oz. število barvnih odtenkov je omejeno
	Debelina barvnega premaza je v mejah obstoječih »coil-coating« premazov (25 μm)	TSR vrednost nad 23% za temne barve je težko dosegljiva
Hladne barve na osnovi kombinacije anorganskih reflektivnih pigmentov in organskih NIR transmisivnih pigmentov	Omogoča niansiranje poljubnih barv s kombinacijo različnih organskih pigmentov	UV obstojnost je omejena na trajnost organskih pigmentov (5 let)
	TSR vrednost nad 30% za temne barve je dosegljiva	Debelina barvnega premaza mora biti vsaj 40 μm , kar zahteva »high build« sisteme ali prašno barvanje



Slika 10: Omakalni kot za vodo: A) φ ; 150° (superhidrofobna površina), B) φ ; 90° (hidrofobna površina) in C) φ ; 5° (superhidrofilna površina).

substratih, saj tako tvegamo pospešen proces korozije. Popolna omočitev površine pa je nevarna tudi za mineralne substrate, saj voda lahko enostavno prodre v notranjost materialov, zaradi česar pride do razpok (Tabela 3). Poleg omenjene slabosti imajo fotokatalitični premazi še eno bistveno slabost, in sicer, da zaradi sposobnosti razgradnje organskih polutantov lahko pride tudi do razgradnje veziv na osnovi organskih spojin. Do danes so se najbolje izkazala veziva na silikonski in silikatni osnovi, vendar pa raziskave in razvoj v smeri novih veziv še vedno potekajo, hkrati pa so se razširile raziskave fotokatalitičnih premazov za mineralne in kovinske substrate. V Sloveniji so na tem področju aktivni JUB, v sodelovanju z ZAG-om ter Helios, v sodelovanju z Nanotesla inštitutom, Kemijskim inštitutom in Univerzo Nova Gorica.

Superhidrofobni samočistilni premazi

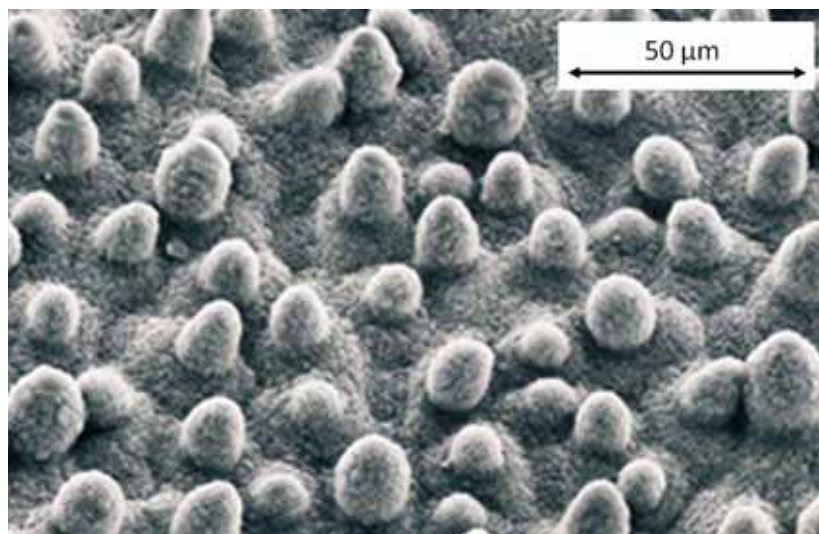
Za superhidrofobne premaze pravimo, da izkoriščajo lotosov efekt. Zakaj ravno lotos?

Lotos je v azijski kulturi poznan kot cvet, ki vedno ostaja čist in ima sposobnost samočiščenja, saj se kapljice vode na njegovih listih in cvetovih kotalijo in pobirajo delce umazanije s seboj (Slika 11). Leta 1975 sta nemška botanika Barthlott in Neinhuis odkrila, zakaj je temu tako. Površina lotosa je prevlečena z voski, ki so po naravi nepolarne in zato odbijajo vodo, ki je polarna. Vendar pa to ni zadosten pogoj za doseganje samočistilnosti površine, saj nepolarne snovi dajo omakalni kot za vodo približno 90° , kar ni dovolj, da bi se kapljice vode kotalile po površini. Poleg povoščene površine ima lotos tudi močno nagubano površino na nano in mikro skali, ki prispeva k dvigu omakalnega kota za vodo na 150° in več (Slika 11).

Za pripravo superhidrofobnih premazov ne uporabljajo voskov, saj niso dovolj trajni. V naravi je trajnost lotosovega efekta pogojena z obnovljivostjo površine listov, v industriji premazov pa to skušajo doseči z organsko modificiranimi silani (slicijeve spojine) in fluoriranimi silani. Slednji imajo vlogo, da odbijejo tudi olje. Tako imajo sodobni superhidrofobni premazi lastnosti vodoodbojnosti in oljeodbojnosti.

Komercializacija pravih superhidrofobnih samočistilnih premazov je bila uspešna na področju tekstilij in specialnih filtrov, medtem ko na drugih področjih ni bila uspešna, kajti največja slabost teh premazov je kratkotrajnost učinka in občutljivost na abrazijo, ki je posledica slabšega

Slika 11: Kapljica na lotosovem listu se kotali (levo), zaradi povoskane površine ter mikro in nano nagubane površine (desno).



oprijema obarvanih površin zaradi razlike v površinski napetosti barve oziroma substrata ter samočistilnega premaza (Tabela 3).

Danes se v gradbeništvu pod imenom samočistilni premazi pojavljajo hidrofojni premazi, oziroma premazi za enostavno čiščenje (»easy to clean«). Ti imajo omakalni kot za vodo med 90° in 100°. Takšni premazi so na primer: Lotusan (Lotusan, Nemčija) in Protectosil (Chemcolor, Slovenija), ki so primerni predvsem za mineralne in lesne substrate. V Trimu pa ponujajo že končen gradbeni element s hidrofobnim premazom, in sicer Trimo EcoClean panel. Kljub manjši samočistilni učinkovitosti hidrofobnih premazov lahko trdimo, da ti premazi zagotavljajo lažje in manj pogosto čiščenje površin z uporabo manj agresivnih čistil. Prednost je tudi ta, da imajo »grafiti« barve na takšne površine slab oprijem in jih enostavno odstranimo. Poleg tega hidrofojne površine dlje časa ohranjajo svežino barve ter v primeru mi-

neralnih substratov preprečujejo vdor vode, na kovinskih substratih pa podaljšujejo korozijsko obstojnost.

ZAKLJUČEK

Kreatorji učinkovitih fasadnih premazov so iskali navdih v naravi: spektralno selektivne barve imajo svoje idejno sidro v zelenih rastlinah, superhidrofojni premazi v lotosovem listu, fotokatalitični premazi pa v trajni belini titanovega dioksida. Raziskave in razvoj predstavljenih premazov se kljub nekaterim neuspehom nadaljujejo, v teku pa je nadgradnja učinkovitih premazov v multifunkcijske premaze, ki združujejo lastnosti več različnih učinkovitih premazov. Tako bodo v prihodnje optično aktivni oziroma spektralno selektivni premazi imeli bistveno daljšo funkcionalno dobo.

Tabela 3: Prednosti in slabosti samočistilnih premazov.

Vrste samočistilnih premazov	Prednosti	Slabosti
Fotokatalitični premazi	Površina se očisti s pomočjo UV svetlobe	Samo osončene površine se očistijo same
	Površina se popolnoma omoči z vodo, zato slika skozi steklo ali na ogledalu ni zamegljena	Ker se površina popolnoma omoči, se povečuje korozijska obremenitev kovin in prodiranje vode v notranjost mineralnih substratov
	Učinek je trajen	Razkraja nekatera veziva na osnovi organskih polimerov
Superhidrofojni premazi	Površina se očisti s curkom vode oziroma dežjem	Površine pod napušči se ne očistijo same v primeru dežja
	Voda se na površini ne zadržuje, zaradi česar se podaljšuje korozijska obstojnost kovinskih substratov in preprečuje vdor vode v mineralne substrate	Kompleksen in drag postopek priprave takšnih površin
	Ima pozitiven vpliv na trajnost barv (svežina barve)	Trajnost samočistilnega učinka je težko zagotoviti, še posebej v primeru uporabe čistil (napačen postopek čiščenja)
	»Grafiti« barve imajo slab oprijem na površino, zato jih lahko enostavno očistimo	Abrazijska občutljivost zaradi velikih razlik v površinski napetosti med premazom in barvo

NANOTEHNOLOGIJA IN NANO-VARNOST

NANOTECHNOLOGY AND NANO-SECURITY

dr. Maja Remškar Institut „Jožef Stefan“
Odsek za fiziko trdne snovi
maja.remskar@ijs.si

POVZETEK

Nanomateriali imajo zaradi majhnosti osnovnih gradnikov-nanodelcev močno povečano kemijsko aktivnost. Ta je skupaj s kvantnimi efekti osnova optimističnim napovedim nanotehnologije kot nove industrijske revolucije, ki bo rešila mnoge tehnološke probleme, izboljšala kvaliteto prodajnih artiklov in prinesla bogastvo najhitrejšim vlagateljem. Po drugi strani pa prav povečana kemijska aktivnost materialov, ki so bili do sedaj deklarirani kot varni, predstavlja veliko tveganje za zdravje in okolje. Prve objave toksičnosti posameznih nanodelcev zahtevajo pozornost javnosti, saj so mnogi nanodelci že prisotni na tržišču, zakonodaja varnosti na tem področju pa kasni po vsem svetu. V članku so predstavljene svetle in senčne plati nanodelcev, tako namensko proizvedenih z metodami nanotehnologije, kot tudi tistih, ki nastajajo kot nezaželen stranski produkt klasične industrije.

ABSTRACT

Nanomaterials show greatly increased chemical activity due to the small size of nanoparticles as their basic building blocks. Besides quantum effects, this is the basis of forecasts of nanotechnology as a new industrial revolution that will solve many technological problems, improve the quality of selling items and bring the richness of the fastest investors. On the other hand, the increased activity of chemical materials, which so far have been declared as safe, represents a significant risk to health and the environment. The first publication of the toxicity of various nanoparticles require the attention of the public, because many nanoparticles are already present in the market, but the safety legislation in this area is delayed throughout the world. The article presents a light and shadow sides of nanoparticles, both deliberately produced by the methods of nanotechnology, as well as those that arise as unwanted by-product of the classical industry.

1. UVOD

V zadnjih nekaj letih sta nanotehnologija in označka "nano" postali čudežni besedi za privabljanje raziskovalcev, inženirjev, sanjačev, mislecev, pa tudi vseh tistih, ki se zavedajo, da je stalni napredek tehnologije nujen. Odlika človeka je prav njegova želja in včasih celo nuja po ustvarjanju novega, po razumevanju obstoječega, po popravljanju napak in snovanju boljšega sveta. Včasih se napredek spotika na poti, za hip postoji in se celo vrne za korak, a sčasoma se vedno pokaže prava pot. Svariti pred razvojem nanotehnologije nima smisla, saj je ta vse bolj gotovo del naše svetle prehodnosti. Opominjati na nevarnosti pa spominja na modrost previdnosti, ki na neznanih poteh vedno koristi. Razvoj nanotehnologije je poleg mnogih novih izdelkov prinesel tudi zavedanje obstoja nanodelcev v našem okolju, ki se jih sploh nismo zavedali. Nevidni delci, ki so lahko v nekaterih primerih tudi zelo nevarni, bodo spremenili naše dojemanje okolja, posegli v naše navade, vplivali na tehnologijo in prinesli tudi izboljšanje življenja na mnogih ravneh, če bomo z njimi rokovali na pravi način. Tako kot je informacijska doba spremenila našo miselnost, bo nanotehnologija korenito pretresla naša pojmovanja o zdravem okolju, prehrani, kozmetiki, celo o izbiri lokacije za bivanje in športne aktivnosti.

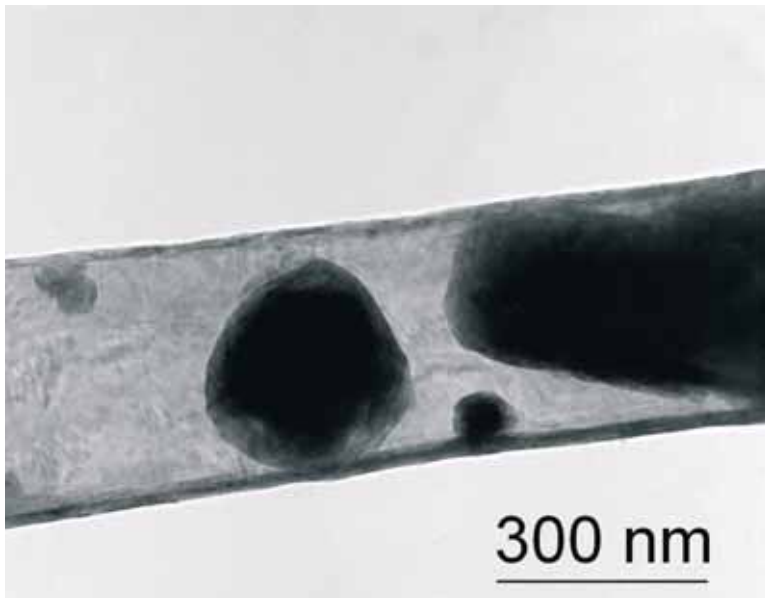
Zavedanje prisotnosti nanodelcev v našem vsakdanjem okolju je enakovredno odkritju bakterij in bo imelo tudi primerljive posledice. Priljubljene ideje o reševanju energijskega problema z sežiganjem biomase, ki močno onesnažuje okolje z ogljikovimi nanodelci, množična uporaba dieselskih motorjev, uporaba inženirskih nanodelcev v dekorativne namene, vse to so le nekatere od idej, ki jih moramo premisliti tudi s stališča nevarnosti sproščanja nanodelcev v okolje in njihovega škodljivega vpliva na zdravje. Velike gostote nanodelcev, še posebno črnega ogljika kot posledica sežiganja biomase in naftnih derivatov, prispevajo tudi k absorpciji sončne svetlobe in segrevanja v višjih plasteh Zemljine atmosfere. Nanodelci zmanjšajo prepustnost ozračja za sončno svetlobo, manj je pride do tal in tako prispevajo tudi k podnebnim spremembam.

2. NANODELCI SO DEL NANOTEHNOLOGIJE

2.1 Nanodelci

Nanodelci so drobni skupki materiala, ki so manjši od 100 nanometrov. Nanometer je velikost, ali bolje rečeno, majhnost, ki je komaj predstavljujeva. Kar milijarda nanometrov sestavlja en meter in tisoč nanometrov je mikron. Mikroni so nam bolj obvladljiva mera za dolžino, saj smo jih vajeni. Mikrometrski vijak pozna praktično vsa tehniška populacija, tisti bolj natančni celo stotinke mikrona. Danes v submikronski mikroelektroniki izdelujemo integrirana vezja z »detalji v strukturi« tudi že pod desetinko mikrona. In prav desetinka mikrona je meja, pod katero se delec imenuje nanodelec in je enaka 100 nanometrom. Natančno povedano, mora biti delec vsaj v eni dimenziji dovolj droben. Tudi delci, ki sestavljajo tanke plasti ali pa tanki igličasti kristali ali nitke, spadajo v pisano družino nanodelcev. Poleg tistih pikic, ki so kot majhne kroglice ali kot neznančno drobna riževa zrnca.

Oblika delca določa njegovo površino in na tej površini so proste kemijske vezi ali pa električni naboj, ki vpliva na kemijske in fizikalne lastnosti delca. Oblika nanodelca tudi določa njegov aerodinamični premer, kar je pomembno za razumevanje uhajanja nanodelcev v ozračje in tudi za potovanje delcev v zraku ter v telesnih tekočinah. Majhni in približno okrogli delci so podvrženi hitremu gibanju v plinu ali tekočini, lahko prehajajo skozi luknjice filtrov in trkajo med seboj ter z molekulami medija, v katerem se gibljejo. Nitkasti delci imajo običajno večjo maso, zato so bolj podvrženi sedimentaciji in jih je lažje prestreči s filtri. Tanki lističi materiala, ki prav tako spadajo v družino nanodelcev, če so tanjši od sto nanometrov, se običajno gubajo ali zvijajo pod vplivom trkov okoliških molekul. Tudi v idealno brezračnem prostoru so dvodimenzionalne snovi energijsko nestabilne, zato pride do neenaomerne razporeditve naboja, kar poveča sposobnost vezave tankih lističev na podlago, tudi na sluzi in druge telesne tekočine. Ko se enkrat prilepijo na podlago, jih je zelo težko odstraniti. To sposobnost so s pridom izkoriščali v preteklosti za pozlate, v zadnjem času pa pri novi generaciji maziv, kjer plasti WS₂ ali MoS₂ tvorijo



Slika 1: Nanocevka MoS₂ z vgrajenimi nanokroglicami MoS₂. Material je bil razvit na Institutu »Jožef Stefan« in predstavlja osnovo za novo generacijo industrijskih maziv. (www.nanotul.si)

na površini orodij ali gibljivih komponent t.i. tribo-film, ki ni nič drugega kot luske omenjenih materialov, ki med procesom trenja prekrijejo površino in hkrati kovino zaščitijo pred korozijo. Podoben, čeprav dekorativen efekt, ima sljuda, ki je kot dodatek v nekaterih zobnih pastah ali tanki lističi bizmuta v ličilih. Različne debeline lističev in njihovih nanosov povzročajo optične efekte interference, ko se posamezne barve v vpadni in odbiti svetlobi med seboj ojačajo.

2.2 Izvor nanodelcev

Nanodelce delimo v grobem v tri skupine glede na njihov izvor oz. namensko proizvodnjo: na inženirske, naravne in nenamensko proizvedene.

- Inženirske nanodelce proizvajamo načrtno ter se trudimo, da bi preprečili spontano združevanje v večje skupke ter tako ohranjamo njihove posebne lastnosti zaradi majhne velikosti. Ti delci so že na tržišču, na primer v pigmentih, kozmetiki, hrani, detergentih in drugih čistilih, pesticidih, antibakterijskih emulzijah, kot sestavni del vodoodbojnih prevlek, zaščitnih premazov, itd.
- V drugo skupino spadajo nanodelci, ki nastajajo v naravi zaradi erozije, vulkanskih izbruhov, pa tudi kot biološki sistemi, na primer virusi.

– Vse bolj pa je jasno, da je v okolju prisotno ogromno nanodelcev, ki so posledica nenamenske proizvodnje in se jih pred razvojem orodij za njihovo detekcijo nismo zavedali. To so nanodelci, ki nastajajo pri gorenju, v motorjih z notranjim izgorevanjem, še posebno v dieselskih motorjih, pa tudi kot stranski, nezaželen produkt pri industrijski proizvodnji, na primer pri mletju, brušenju, varjenju, v gradbeništvu, v kemijski industriji, v sprej tehnologijah, itd.

Posebno področje pa so tudi razstreliva, od pirotehnike do razstreliv uporabljenih v rudarstvu in gradbeništvu, v vojaških operacijah in pri vojaških vajah. Pri eksploziji nanodelci dobijo veliko hitrost stran od centra eksplozije, kar jih med seboj oddalji in prepreči združevanje in s tem ohranja njihovo povečano kemijsko aktivnost.

Delci so različno topni znotraj organizma. Črni ogljik, TiO₂ in polimerni nanodelci spadajo med nizko-topne delce, ki ne povzročajo akutne reakcije organizma, a njihova prisotnost povzroča zakasnjene odzive v primerjavi z bolj topnimi delci kovin.

2.3 Nanotehnologija

Kaj pa je nanotehnologija? To je delo, ki poteka na objektih, ki merijo manj kot desetmilijoninko metra, na t.i. nanoskali, a produkti imajo uporabnost v realnem makroskopskem svetu. To delo je izvedeno s samourejanjem atomov, molekul ali njihovih skupkov, ali pa so uporabljeni kemijski in fizikalni procesi, s katerimi načrtujemo in ustvarjamo nano objekte ter jih postavljamo v medsebojen povezave.

Mnogi drzno napovedujejo, da bo nanotehnologija povzročila novo industrijsko revolucijo. Prinesla naj bi rešitev mnogih tehnoloških problemov, izboljšala kvaliteto prodajnih artiklov in prinesla bogastvo najhitrejšim in najbolj zaupanja vrednim za investicijska vlaganja. Tudi velike države, npr. Indija in Kitajska, ki v bližnji preteklosti zaradi različnih razlogov niso prednjačile v znanosti, zdaj z upanjem ustanavljajo centre za nanotehnologijo, da bi združile vse svoje potencialne in bi lahko prišle v korak z razvitejšimi tekmicami na svetovnih trgih.

2.4 Izzivi nanotehnologije

Izzivi, ki naj bi jih nanotehnologija uresničila, so nešteti, od zgodnje diagnostike in zdravljenja trenutno neozdravljivih bolezni, detekcije ene same rakave celice in njenega uničenja, minimizacije elektronskih komponent in izgradnje računalnika, ki bi deloval na osnovi enega samega elektrona, atoma ali molekule, do izboljšanja površinskih lastnosti materiala, ki bi postal odporen na poškodbe, ki bi eventualne poškodbe znal sam odpraviti, ali pa bi opravljal več hkratnih funkcij, kot npr. fotokatalizo, preprečevanje zaledenitve ali pisanja grafitov, itd. Tudi na teoretičnem področju bo prišlo z razvojem novih orodij za opazovanje pojavov v nanosvetu do novih znanj, ki bodo do zdaj makroskopsko razumevanje površin, rasti kristalov, gibanja zelo drobnih delcev, prevajanja električnega toka in drugih zakonitosti morale postaviti v povsem novo luč.

Znanstvena odkritja in tehnološki obeti nanotehnologije so predvsem na naslednjih področjih:

- v proizvodnji materialov,
- v nanoelektroniki,
- v medicini in varovanju zdravja,
- v biotehnologiji,
- v informatiki in
- v zagotavljanju varnosti.

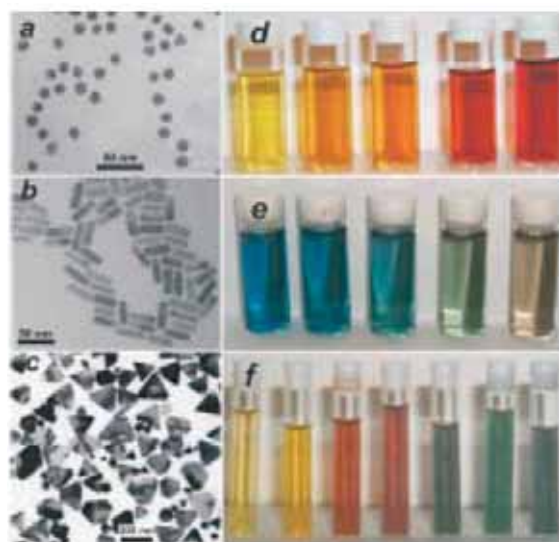
Zato je že jasno, da bo imela nanotehnologija močan vpliv tudi na ekonomijo in družbena dogajanja 21. stoletja, ki ga lahko primerjamo samo s tistim, ki ga je prinesla polprevodniška industrija in posledično informacijska, ter celična in molekularna biologija.

2.5 Razmah tržišča za nanotehnologije

V poročilu »Nanotechnology: A Realistic Market Assessment«, Research Report # GB-NAN031C, maj 2008 (Andrew McWilliams, BCC) so zapisali naslednja predvidevanja za razmah tržišča za nanotehnologije, ki napovedujejo, da bodo nanomateriali predstavljali skoraj 70 % tržni delež.

Največja privlačnost nanomaterialov je v tem, da imajo drugačne fizikalne in kemijske lastnosti kot mikroskopski ali še večji delci snovi. Glavni

Leto	2007	2008	2013
Vrednost tržišča nanotehnologij	11,6 milijard \$	12,7 milijard \$	27 milijard \$
Nanomateriali	87 % 10,8 milijard \$		69 % 18,7 milijard \$
Nano-orodja in metode	12,8 %	1,9 milijard \$	8 milijard \$
Nano-naprave		26,2 milijona \$	366 milijonov \$



Slika 2: Različne koncentracije različno oblikovanih nanodelcev zlata. Delci sevajo intenzivne barvne odtenke zaradi plazemske rezonance električnega naboja, ki ga v njih zaniha vidna svetloba. (Luis M. Liz-Marzán, *MaterialsToday*, febr. 2004)

efekti, ki se skrivajo v teh majhni razsežnostih, so velika površinska napetost, kvantni efekti, ki povzročijo drugačne električne in optične lastnosti, površinske rezonance električnega naboja (plazemske rezonance) in supermagnetizem v magnetnih materialih.

2.6 Orodja nanotehnologije

Glavna orodja nanotehnologije in nekatere možnosti uporabe teh orodij so: nanopore (nosilci zdravil oz. aktivnih snovi v reverzibilnih baterijah), nanocevke (nova generacija maziv, ojačitvena vlakna), nanodelci (samočistilni premazi,

zaščitni premazi, barve), nanokristali (keramika, prikazalniki na poljsko emisijo), nanovlakna (tekstil, neprebojne tkanine), nanovrste (senzorika, sončne celice), nanoelektronika (tranzistor na tunnelski efekt), nanotipala (mikroskopija, bio-senzorika), nanoročice (detekcija raztretev), nanolupine (prenos zdravilnih učinkovin), nanotrakovi (električni prevodniki), nanokompoziti (samomazalne prevleke, sončne celice, umetne mišice), itd. Razvoj novih orodij in njihove uporabe je silovit. Vedno več je tudi predvidevanj, da se bodo v prihodnosti pojavile povsem drugačne rešitve v nanoelektroniki, shranjevanju informacij, pridobivanju energije na osnovi bioloških procesov, itd.

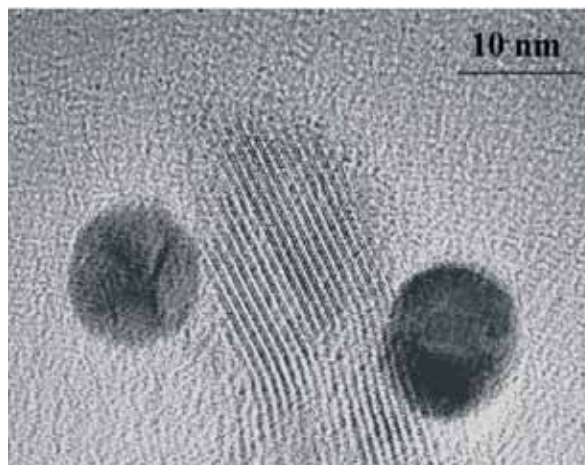
3. POSEBNE LASTNOSTI NANODELCEV

Nanodelci so nevidni prostim očem, so lahki in lahko ostanejo v ozračju več tednov in imajo povečano kemijsko aktivnost v primerjavi z večjimi dimenzijami iste spojine.

3.1 Kemijska aktivnost

Nanodelci se razlikujejo od večjih delcev z velikostmi nad 100 oz. 200 nm predvsem v povečani kemijski aktivnosti. Manjši kot je delec, večja je njegova površina glede na njegov volumen. Delec zlata, ki v premeru meri 8 nm, ima 7 % vseh atomov na površini. Ti atomi nimajo vseh sosedov, zato so kemijsko aktivni. Če pa delec zmanjšamo na velikost enega nanometra, ima tak delec kar 58 % vseh atomov na površini, kemijska aktivnost postane zelo velika, kar je pozitivno za določene kemijske reakcije in za nove tehnološke postopke, lahko pa tudi negativno, če so te kemijske reakcije nezaželene. Koordinacija atomov s sosednjimi atomi je zmotena za toliko atomov, da to že povzroči spremembe tudi v energijski strukturi elektronov in posledično spremenjene optične in električne lastnosti. Nastopijo t.i. kvantni pojavi, ki so privlačni s stališča njihove uporabe za izboljšane lastnosti materialov.

Povečana kemijska aktivnost majhnih delcev prispeva k njihovemu medsebojnemu združevanju v večje skupke, aglomerate, a kot taki hitro preveč zrastejo in se specifične kemijske in fizikalne lastnosti, ki jih odlikujejo pri uporabi kot



Slika 3: Dva nanodelca zlata, ki se kemijsko vežeta na Mo-S-I nanožičko. Slika je posneta s presevnim elektronskim mikroskopom. Celo zlato, ki je v naši miselnosti simbol obstojnosti, postane močno reaktivno, ko so delci veliki le nekaj nanometrov, ter ga lahko uporabljamo kot katalizator.

nanomaterial, izgubijo. Zato proizvajalci skušajo pasivizirati površino ter preprečiti medsebojno združevanje nanodelcev. Prav ta preprečena aglomeracija razlikuje namenske nanodelce od nenamenskih, ki nastajajo pri reakcijah kot nezaželen produkt, npr. pri izgorevanju dieselskih goriv, pri kajenju, brušenju, mletju, spajkanju, itd., niso pa le-ti nenamenski nanodelci nič bolj varni, če ohranijo svojo velikost bodisi zaradi spontanе pasivizacije z oksidacijo ali zaradi nepravilnih oblik, ki preprečujejo, da bi se posamezni delci res trdno sprijeli skupaj.

3.2 Brownovo gibanje

V tekočinah in plinih so nanodelci zaradi termične energije podvrženi močnemu Brownovemu gibanju. To je fizikalni pojav, kjer se v tekočino ali plin potopljeni drobni delci gibljejo naključno glede na smer. Hitrost gibanja jim določa termična energija: temperatura plina in masa delca. Deset nanometrov velik delec ogljika ima pri sobni temperaturi hitrost kar 11 metrov na sekundo. A ker v prostoru ni sam, saj ga obkrožajo drugi delci in molekule iz plina, se bo vanje zaletaval in zato stalno spreminjal smer potovanja. Kljub trkom v določenem času delec doseže vsa mesta v prostoru, če spotoma ne naleti na primeren objekt, s katerim se sprime, ali ga ne ujame stena prostora.

3.3 Lotosov efekt

Hidrofilnost je lastnost materiala, da se nanj veže voda in je ravno nasprotna vodoodbojnosti (hidrofobnosti). Ko delček materiala postane res majhen, je oba pojma potrebno na novo definirati, podobno kot mnoge druge fizikalne količine. Omočitveni kot in s tem stopnja hidrofilnosti sta močno odvisna od ukrivljenosti površine nanodelca, torej od njegove velikosti. Majhni okrogli nanodelci lahko celo ustvarijo t.i. »lotos« efekt, ko voda sploh ne omoči več delca in preprosto ostane kot povsem okrogla kapljica na podlagi prekriti s takimi nanodelci. Če to podlago nagnemo, se bodo kapljice preprosto odkotalile, kar ustvarja osnovo za samočistilne prevleke na oknih, na tekstilu, ipd. Taki delci praviloma v vodi in v biološki tekočini niso topni, torej jih telo težko izloči z razgradnjo, če zaidejo vanj.

3.4 Pomembnost trenja in površinske napetosti

Zmanjševanje velikosti do nanometerskih razsežnosti je izziv tudi v mehaniki. Problem predstavljajo predvsem vsi procesi, ki so odvisni od velikosti površine. Volumen nekega delca je odvisen od njegove velikosti na tretjo potenco, medtem ko je površina določena s kvadratom velikosti. Ta relativno preprosta razlika postane velika težava pri zmanjševanju mehanskih komponent, še posebej zaradi trenja, ki je tipična količina povezana s površino dveh snovi v stiku. Zato so nanozobniki, nanosvedri in druga nano-orodja, ki bi bila le pomanjšane kopije makroskopskih orodij, iluzija. Iluzija, ki je sicer privlačna za reklamiranje nanotehnologije, a je hkrati zavajujoča.

Naslednja prepreka je velika površinska napetost nanodelcev, ki pospeši difuzijo, še posebej pri povišani temperaturi ter povzroči medsebojno združevanje delcev. Temperatura tališča je znatno nižana, nekateri nanodelci se obnašajo kot tekočine in se med seboj zlivajo znatno pod temperaturo tališča, ki velja za večje delce iste snovi. Čeprav bi, na primer, roke robota zmanjšali do nanometrskih velikosti, bi taka roka ne mogla ničesar spustiti, kar bi prijela. Zato tudi tovarna mikrometrskih dimenzij, ki bi delovala po klasičnih principih, ne spada med realne sanje.

Molekularni roboti delujejo na povsem drugačnem principu. Namesto mehanske sile njihovo delovanje temelji na kemijskih in fizikalnih povezavah med atomi in molekulami, na spreminjanju oblike molekul zaradi vpliva temperature oz. kemijskega okolja in posnemanju bioloških procesov v živih bitjih. Za svoje premikanje nič več ne izrabljajo trenja, ki je v makroskopskem svetu odvisno od pravokotne sile na podlago, ampak privlak, ki izvira iz laminarnih sil, to je sil, ki so s površino vzporedne.

4. NANOTEHNOLOGIJA IN ŽIVLJENJE

4.1 Nanomedicina

Nanotehnologija je prinesla kot vsako novo upanje tudi veliko sanj. Nekatere od teh sanj so uresničljive, druge pa ob upoštevanju osnovnih znanj fizike in kemije precej utopične. Nanorobotki, ki bi jih preprosto vbrizgali v kri in bi sami našli obolela mesta, postavili diagnozo, pozdravili okvaro in potem še nadzorovali, da se bolezen ne bi ponovila, so sanje nanomedicine. Razvoj nanodelcev kot nosilcev zdravilnih učinkovin, ali kot senzorjev sprememb v organizmu, spada v uresničljivi del teh sanj. Nanodelci so zaradi izjemne majhnosti zelo uporabni v onkologiji, za zdaj zlasti pri slikanju in diagnostiki. S svojo prisotnostjo nanodelci povečajo kontrast na slikah tumorjev, posnetih z jedrsko magnetno resonanco ali z rentgenskim slikanjem. Za zgodnje odkrivanje raka so v razvoju tudi senzorji, ki delujejo na osnovi nanomaterialov. Gre za drobne nitke ali cevke, ki se zaradi vezave na določene molekule upognejo. Z merjenjem tega upogiba bi bilo mogoče odkriti rakave spremembe že na celičnem nivoju. Znanstvenikom bi lahko omogočili zaznavanje sprememb na ravni molekul, celo kadar se te dogajajo v zelo majhnem odstotku celic. Teoretično bi medicinski nanoizdelek lahko zaznal beljakovine in druge snovi, ki ostanejo za rakastimi celicami in bi bilo diagnosticiranje mogoče na najzgodnejši stopnji raka že na podlagi nekaj kapljic krvi.

Porozni ali votli nanodelci, npr. silicijevega dioksida, se bodo uporabljali kot nosilci zdravilnih učinkovin, ki bodo dosegli v telesu obolelo mesto

in na kontroliran način sproščali zdravilo. Selektivna vezava nanodelcev na določene celice se bo uporabljala za diagnostiko in tudi za zdravljenje. Primer so nanodelci zlata, ki se vežejo na rakaste celice. Zlato se pod vplivom radiofrekvenčnega električnega polja segreje in tumorje 'skuha', okoliške celice pa ostanejo nepoškodovane. Leta 2007 so v Zdravstvenem centru Pittsburške univerze s Kanziusovo napravo, temelječo na tem principu, uspešno uničili rakaste celice na jetrih pri kuncih. Obetavni so tudi nanodelci železovega oksida, t.i. magnetne tekočine, s katerimi je mogoče doseči podobne toplotne efekte na rakave celice, a tokrat s pomočjo spreminjajočega se magnetnega polja. Prednost magnetnih nanodelcev je v tem, da jih je mogoče z magnetnim poljem tudi izločiti iz telesa, ali pa s kontroliranim premikanjem poskušati usmerjati rast celic, na katere so pripeti. (Thomas R Pisanic, II, Jennifer D. Blackwell, Veronica Shubayev, and Rita Finoñes) Nanoroboti, kot si jih želijo v medicini, naj bi bili sposobni odpirati in zapirati celične opne, potovati skozi tkiva, vstopati v celice in viruse, razstavljati in na novo sestavljati poškodovane molekulske sestave, razlikovati zdrave celice od bolnih ali obrabljenih. Nanorobote bo na točno določena mesta usmerjal poseben nanoračunalnik in z njim bo zdravnik lahko ves čas spremljal, kaj se dogaja v telesu in kdaj bodo nanoroboti uspešno opravili svoje delo. V genskem inženiringu naj bi bilo s pomočjo nanotehnologije ne samo zaznavati DNK in prepoznavati dedne okvare z nanosenzorji, ampak jih z umetnim razkosavanjem DNK tudi odpravljati.

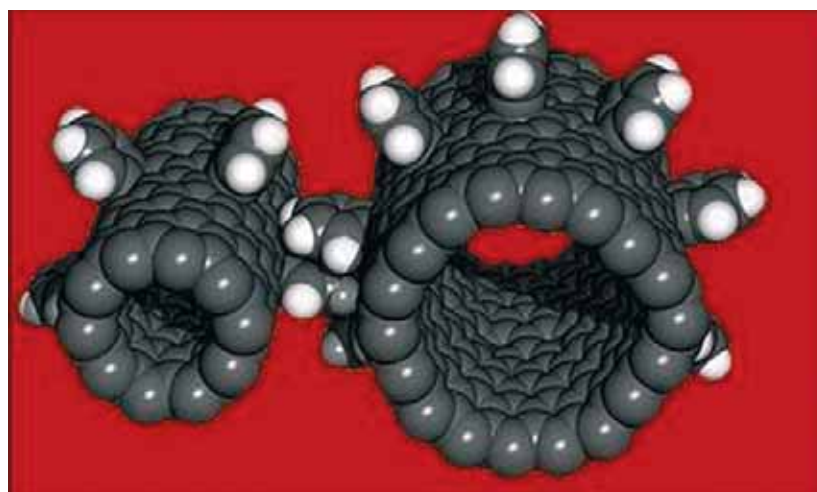
4.2. Nanotehnologija v prehrani

Pridelava hrane je za človeštvo gotovo najbolj važna dejavnost, zato je nanotehnologija toliko pomembnejša tako s pozitivnimi obeti za lažjo pridelavo bolj kvalitetne hrane kot tudi s stališča zagotavljanja varne uporabe nanomaterialov v prehrabeni verigi.

Nanohrana je beseda, s katero označujemo hrano, ki je bila pridelana, predelana ali pakirana s pomočjo nanotehnologije, ali v katero so primešani nanomateriali. Taki nanomateriali so npr. železo, cink, ali nanocapsule, ki vsebujejo koencim Q10 ali Omega 3, nanomateriali pa se že veli-



Slika 4: a) Fantastična slika nanorobotka, ki v krvno celico vbrizgava zdravilo;



Slika 4: b) Molekulski nanozobniki (The NanoGallery: <http://nanozine.com>)

ko uporabljajo tudi za zaščito rastlin v pesticidih in herbicidih.

Nanohrana ni več stvar znanstvene fantastike, ampak se že nahaja na prodajnih policah, ne da bi bilo na izdelkih sploh označeno, da vsebujejo nanomaterialne, zato je praktično nemogoče oceniti, koliko takih izdelkov je že na tržišču. Po nekaterih ocenah je bilo leta 2007 od 150 do 600 vrst nanohrane na tržišču in od 400-500 embalaž za hrano. (Daniells, S. "Thing big, think nano", <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?n=82109> (2007).



Slika 5: Proizvajalci niso obvezani, da označijo izdelke, ki so vsebujejo nanomateriali ali so bili obdelani s postopki nanotehnologije.

Nekaj primerov uporabe nanomaterialov v prehrani:

- a) Nanosrebro uporabljajo zaradi njegove antibakterijske aktivnosti, npr. v embalaži za hrano, v hladilnikih, lončkih za otroško hrano in čaj, kuhinjski posodi, itd.
- b) Nanodelci silicijevega oksida so dodani polimernim kompozitom, da povečajo njihovo gostoto in preprečijo prepustnost plastike za kisik ter tako podaljšajo obstojnost hrane.
- c) Nanokroglice škroba z velikostjo od 50 do 150 nm so dodane lepilu za embalažo, saj s svojo kar 400-krat večjo površino od običajnega škroba zahtevajo za pripravo manj vode in ustrezno krajši čas za sušenje.
- d) Nanodelci železa so zaradi povečane reaktivnosti in biološke koristnosti dodani visokoenergijskim pijačam.
- e) Aluminijevi silikati se uporabljajo za preprečitev zlepljanja v procesu predelave hrane v prašni obliki.

Poleg načrtno dodanih nanodelcev pa se v prehrani znajde tudi veliko delcev kot posledica uporabe orodij pri predelavi hrane in tudi zaradi one-

naženega okolja med predelavo. Mletje, rezanje, stiskanje, uporaba posod, iz katerih se izločajo drobni delci materiala, sušenje v dimu in pri visoki temperaturi so le nekateri postopki, pri katerih pride do vstopa nanodelcev v prehrabeni izdelek.

5. SVETLI OBETI IN SENČNE LASTNOSTI NEKATERIH NANOMATERIALOV

5.1 Inženirski nanodelci

Inženirskih delcev, ki so namensko narejeni majhnih velikosti in običajno na površini kemijsko tako obdelani, da se ne morejo združevati v večje skupke, je več vrst glede na njihovo kemijsko sestavo; kovine, kovinski oksidi, ogljikovi delci, polimerni delci in hibridni nanodelci (organsko-anorganski ali anorgansko-anorganski). Navedla bom le nekaj primerov.

5.1.1 Nanoželezo

Nanodelci železa so zelo obetavni materiali za nanomedicino, saj je možno vplivati nanje z magnetnim poljem na daljavo ter jih tako uporabljati kot orodje znotraj organizma. Mogoče jih je pokriti s spojinami, ki delec markirajo, ali pa s takimi, ki delec vežejo samo na določene celice v telesu, npr. na tumorske celice. Zato so nanodelci železa ali železovih oksidov trenutno eno najbolj študiranih nanomaterialov, predvsem za zdravljenje raka preko segrevanja rakastih celic, na katere se delci selektivno vežejo, z izmeničnim magnetnim poljem. Nanodelci železovega oksida so uporabni tudi v genski terapiji in pri slikanju z jedrsko magnetno resonanco kot kontrastno sredstvo. Čeprav nepokritim nanodelcem železovega oksida niso mogli dokazati neposredne toksičnosti, saj se v hipu združijo v večje skupke, je njihovo pokritje s polimerno prevleko, ki jih naredi vodotopne, za celice uporabno. To odkritje postavi v novo luč tudi mnoge druge nanodelce. Poleg raziskav njihovega vpliva na organizme, je potrebno testirati tudi vse mogoče kombinacije s različnimi prevlekami, ki delcem preprečijo aglomeracijo in jim podelijo specifične lastnosti, ki lahko predstavljajo tveganje za žive organizme.

5.1.2 Nanosrebro

Antimikrobni učinki srebra so znani že stoletja, čeprav srebro sodi med žlahtne kovine, a je vseeno veliko bolj reaktivno kot zlato ali platina. Nakit, jedilni pribor, srebrni novci v vojaških čutarah za vodo, srebrna posoda ali kuhanje srebrnega nakita v tradicionalni indijski medicini, so le nekateri od številnih načinov, ki so jih ljudje uporabljali za boj z bakterijami. Normalno je koncentracija srebra v človeškem organizmu zelo nizka. V primeru zaužitja srebra lahko pride do bolezni »argyrie«, ki povzroči modro-sivo razbarvanje kože s posebno povečanim učinkom na mestih, ki so izpostavljena svetlobi (obraz, roke). Zaradi močne toksičnosti srebra na zelo širok spekter mikroorganizmov, nanodelci srebra, s še povečano kemijsko aktivnostjo v primerjavi z masivnim srebrom, spadajo med trenutno najpomembnejše nanotehnološke antimikrobne snovi, ki se jim obeta raznovrstna uporaba. V medicini se nanosrebro uporablja za zdravljenje opeklin in kroničnih poškodb kože ter za dermatološke bolezni, ko koža nima več naravnih obrambnih mehanizmov za boj z bakterijami. Nanotekstil - umetna ali naravna vlakna impregnirana z nanodelci srebra - je bil prvotno razvit za potrebe medicine, a je postal zelo privlačen prodajni material tudi za športna in vojaška oblačila, za antibakterijske prevleke, dodajajo pa ga tudi v barve in v kozmetiko. Še vedno ni povsem jasno, kaj povzroča toksičnost srebra in kako vpliva na celične proteine. Ko so celice makrofagov podgan izpostavili nanodelcem srebra, so našli veliko odvisnost učinkov od velikosti delcev. Najmanjši delci (15-30 nm) imajo izrazit učinek na delovanje mitohondrijev in celovitost membrane. Dokazali so močno povečano sproščanje reaktivnih oksidacijskih radikalov, zato je oksidativni stres najverjetnejša razlaga toksičnosti nanosrebra.

Posebna težava pa nastane, ko ti delci z odpadnimi vodami pridejo v čistilne naprave. Tam lahko pride do pravega pomora koristnih mikroorganizmov, ki jih sicer uporabljajo za biološko čiščenje vode.

5.1.3 Ogljikove nanocevpke

Ogljikove nanocevpke so bile odkrite leta 1991 in so takoj vzbudile široko paleto napovedi možne upo-

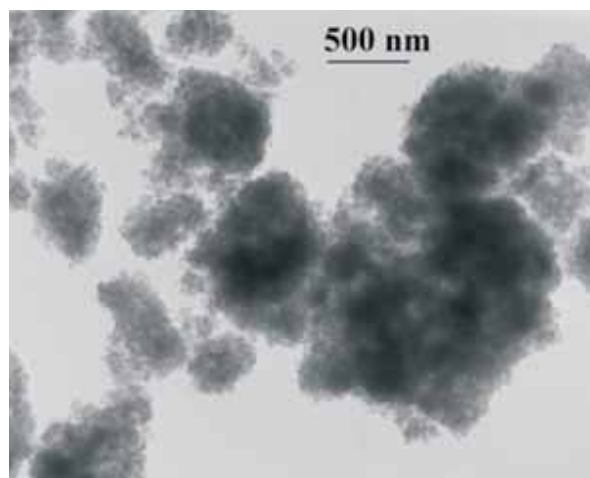
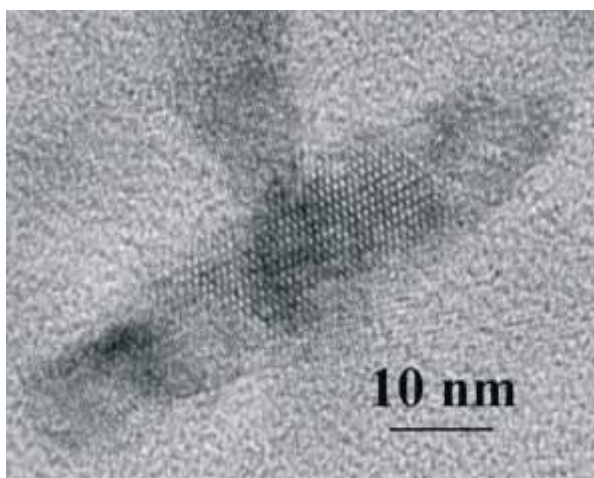
rabe. Njihov študij je posrkal ogromna finančna sredstva in pritegnil na tisoče znanstvenikov, nekateri izdelki so že na tržišču (teniški loparji, okvirji za kolesa), mnogi v fazi testiranj in polindustrijske proizvodnje. Nobelov nagrajenec dr. R. Smalley je napovedal, da bo proizvodnja ogljikovih nanocevk do leta 2007 šla v milijone ton, kar se je le deloma uresničilo, čeprav ni jasno, ali gre samo za časovno zakasnitev, ali pa so bile napovedi uporabe le preveč optimistične.

Zaradi specifične nitkaste oblike nanocevk so se kmalu pojavila tudi ugibanja o morebitni toksičnosti in rezultati prvih testiranj. Ravno v primeru ogljikovih nanocevk, ki so paradni konj nanotehnologije, je očitno, kako popularnost nekega področja lahko povsem zastre pomisleke v zvezi s temnimi platmi neke tehnologije. Šele nedavne raziskave so nedvoumno pokazale, da ogljikove nanocevpke povzročajo bolezenske spremembe v pljučih podgan in obolenja srca (Li, et al., *The Toxicologist—Supplement to Toxicological Sciences*, 2006, vol. 90, str. 213).

5.1.4 Titan dioksid (TiO₂)

Titanov dioksid je najbolj vsestransko uporaben nanomaterial, tako zaradi svoje antimikrobne aktivnosti, zaradi fotokatalitične sposobnosti in za zaščito pred ultra-vijoličnim sevanjem. Je dodatek k hrani, tako kot belilno sredstvo in kot podaljševalec obstojnosti hrane zaradi svojih antibakterijskih lastnosti. Dodajajo ga v premaze bonbonov, z njim loščijo sadje, je v fermentiranem mleku, zgoščevalec v zdravilih in kot dodatek v moki. Uporaben je v sončnih celicah, v samočistilnih oknih, za čiščenje vode. Zaradi pestre uporabe so TiO₂ nanodelci tudi material, ki so ga nanotoksikologi najbolj vzeli pod drobnogled, še posebej, ko so ugotovili, da so delci, ki so manjši od 200 nm zelo aktivni pod vplivom ultra-vijolične svetlobe. Nano TiO₂ je močan oksidant organskih molekul in povzroča proste radikale.

V mikronski velikosti TiO₂ biološko ni aktiven, zato je z regulativo v Evropski uniji in tudi drugod uvrščen med varne materiale za prehrano ljudi. Vendar nikjer ne omenjajo velikosti delcev, čeprav je vse več poročil, da nanodelci lahko vplivajo na zdravje. Že 200 nm veliki delci TiO₂ vpli-



Slika 6: TiO₂ v anatasni obliki. Levo: visokoločljivostna presečno elektronsko-mikroskopska slika posameznega nanodelca; Desno: spontana aglomeracija nanodelcev v velike gručice.

vajo na imunski system in pospešujejo vnetja. Tako kot povečano število astmatičnih obolenj opozarja na slabšo kvaliteto zraka, tako vse več ljudi oboleva za Crohnovo boleznijo, kar bi lahko bilo povezano z dodatki v hrani (Ashwood P, Thompson R, Powell J.: „Fine particles that adsorb lipopolysaccharide via bridging calcium cations may mimic bacterial pathogenicity towards cells”. *Exp Biol Med.* 2007, 232, str.107-117).

Pri razvoju nanotehnologije je torej potrebno ugotoviti za vsak material posebej velikost, pod katero je uporaba takih delcev tvegana in razvoj usmeriti v varnejše velikosti, ki še vedno prinašajo pozitivne učinke.

5.2 Nanodelci kot nezaželen stranski produkt

5.2.1 Črni ogljik

Pri gorenju vseh goriv, ki vsebujejo ogljik, recimo biomase, fosilnih goriv, naj bi prihajalo do popolne oksidacije ogljika v ogljikov dioksid. Vendar popolne oksidacije v praksi ni, del ogljika ostane neoksidiran in se združuje v zelo majhne skupke z velikostjo okrog 10 nanometrov. Ti skupki se nato združujejo v nekoliko večje, do sto nanometrov, in se izločajo v okolje okrog kurišča. Ko pridejo v pljuča, se, kot pri kajenju, v pljučih nalagajo. Nalaganje povzroča zasluzenje pljuč zaradi povečane aktivnosti makrofagov. Poveča se

število makrofagov, ki poskušajo očistiti pljuča, poveča se njihova aktivnost, to pomeni da iztegujejo svoje lovke in poskušajo imobilizirati delce. Zato so pljuča obremenjena in človek težje diha. Ogromno delcev prehaja tudi v krvni obtok in s tem vplivajo na bolezni srca in ožilja.

Poudariti moram tudi, da ogromno nanodelcev ogljika dobimo v telo s kajenjem. Pri aktivnem kajenju dobivamo tako večje delce mikronskih razsežnosti kot manjše nanometrijske, ki so kemijsko aktivni, pri pasivnem kajenju pa je koncentracija najmanjših, kemijsko aktivnih delcev večja in zato je tudi pasivno kajenje nevarno. Res je, da pasivni kadilci bistveno manj izkašljejejo ob jutrih, ker imajo manjšo količino ogljika v pljučih, vendar vseeno zbolevali, ker so nanodelci, ki so jih vdihnili, kemijsko bolj nevarni kot mikronski delci. Pri izkašljevanju se izločajo tudi celice čistilke - makrofagi, vendar gre predvsem za večje delce, ki obremenjujejo pljuča z nalaganjem, ne pa tudi za manjše, ki kemijsko reagirajo s pljuči in povzročijo draženje, vnetja in nastanek tumorjev.

Poleg gorenja je največji onesnaževalec ozračja z nanodelci promet. Večina delcev v izpuhu avtomobilov ima velikost pod 100 nm, velik del celo pod 10 nm. Ogljik iz dizelskih motorjev predstavlja v mestnem okolju do 12 % vseh delcev manjših od 2,5 μm (PM 2.5). Pri bencinskih motorjih je manj nanodelcev in manj nenasitanih dušikovih oksidov, medtem ko je prednost dizelskih motorjev,

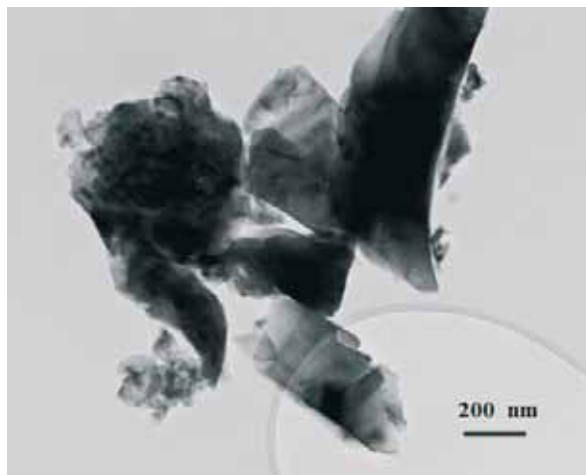
da proizvajajo manj ogljikovega dioksida. Avtomobilska industrija vlaga zelo veliko v razvoj bolj čistih izpuhov in se vse bolj zaveda tudi problemov povezanih z nanodelci, a vozni park je orjaški in težko obladljiv, še posebej v manj razvitih deželah ali v obdobjih ekonomskih težav, tehnične rešitve za obladovanje emisij nanodelcev pa so tudi še nedodelane.

5.2.2 Kvarc in azbest (gradbeništvo, rudarstvo, steklarstvo)

Vdihavanje ultra-finega prahu na delovnem mestu, npr. kvarca in drugih mineralov, kot so silikati in azbesti, pa tudi premogovega prahu povzroča oksidativni stres, vnetja, fibroze, citotoksičnost in puščanje celične tekočine pljučnih celic. Leta 1997 je Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC-International Agency for Research on Cancer) ponovno ocenila kvarc kot enega kancerogenih materialov in spada v 1. kategorijo. Rezultati raziskav pa so še vedno nasprotujoči in ne povsem jasni. Predvsem gre za razliko med toksičnostjo, ki so jo ugotovili za čisti kvarc, ki ga uporabljajo v laboratorijskih poskusih in tistim, ki se nahaja v ozračju na delovnem mestu, na gradbiščih, v premogovnikih, izkopih in rudnikih.

Toksičnost kvarca v pepelu je maskirana, medtem ko je premogov prah celo bolj toksičen od čistega laboratorijskega kvarca, čeprav ne povzroča vnetij zaradi spremenjene površine. Na površini se naberejo mineralne ali organske spojine, ki v nekaterih primerih (npr. aluminijeve soli) biološko aktivnost kvarca, ali pa, kot v primeru prahu iz premogovnikov, prispevajo k toksičnosti. Vsak realni primer nanodelcev iz delovnega okolja je torej potrebno proučiti posebej in to z veliko pozornostjo, usmerjeno na čistost vzorca oz. površinsko sestavo

Kar 100 let je minilo od prvih svaril o nevarnosti azbestnih vlaken do prepovedi uporabe azbestov. Scenarij vdihavanja azbestnih vlaken je naslednji: vnetje, prihod makrofagov, zabrazgotinjenje, migracija skozi pljuča do poprsnice, smrtonosni tumor. Prav silovit veter v l. 2008, ki je odkril na tisoče streh v Sloveniji, od katerih jih je bilo veliko z azbestno kritino, je odkril tudi nepripravljenost pristojnih služb na tako velik obseg sanaci-



Slika 7: Zdrobljen kvarc, ki se uporablja v laboratorijskih poskusih, ima čisto površino in različno velikost delcev.



Slika 8: Štirje makrofagi "napadajo" 80 μm dolgo nitko azbesta (Prof. K. Donaldson, University of Edinburgh).

je. Odstranjevanje kritine, mehansko medsebojno drgnjenje in lomljenje plošč, sprošča azbestna vlakna v ozračje. Vsaka zaščita dihal bi bila boljša kot nobena, kot se je na žalost zgodilo v večini primerov hitrega prekrivanja streh. Na pomoč je priskočil dež, čeprav na prvi pogled res najmanj zaželen gost pri razdrti strehi.

5.2.3 Delci iz kovinske industrije

Nenamensko proizvedeni nanodelci v kovinski industriji sestojijo iz bodisi kondenziranih kovinskih par, ali pa so rezultat brušenja, rezkanja, struženja in drugih mehanskih postopkov, prav tako pa tudi spajkanja, varjenja, visoko-temperaturnega rezanja, vključno z laserskim rezanjem in drugih postopkov, pri katerih se mehansko obdelavo kombinira z visoko temperaturo obdelovanja. Kljub temu pa so koncentracije kovinskih



Slika 9: Pri varjenju se sprošča več milijonov nanodelcev na vsak cm^3 zraka.

nanodelcev v industrijskih obratih visoke, tovrstne meritve pa v Sloveniji zelo redke. V obratih z zastarelo in iztrošeno opremo pri hkratnem varčevanju energije pa lahko postane situacija zelo pereča, saj se že pojavljajo kot obdelovanci novi kompozitni materiali, ki že sami po sebi vsebujejo nanodelce. Tako pride do sproščanja tako vključenih nanodelcev kot tudi njihove matrice. Število delcev sproščenih v ozračje pri posameznih postopkih obdelave je odvisno od materiala in načina obdelave, a v povprečju dosega zelo velike vrednosti. Pri varjenju se lahko sprosti do 40 milijonov nanodelcev v cm^3 , bri brušenju do 200.000 / cm^3 , ob tem da je t.i. ozadje (običajno število nanodelcev v zaprtih prostorih) nekaj deset tisoč / cm^3 . Število nanodelcev v industrijskih obratih je torej vsaj 10-100 krat večje, hkrati pa gre praviloma za nanodelce na osnovi železa, ki vplivajo na živčne celice.

6. DETEKCIJA NANODELCEV KOT NOVO INŽENIRSKO PODROČJE

Po silovitem navdušenju nad odkritji nanotehnologije je zdaj čas za prav tako ali še silovitejša navdušenja nad možnostjo iznajdbe novih vrst detektorjev nanodelcev. Odprlo se je novo področje

znanosti in tehnike. Bolj, ko se bomo približali posebnim lastnostim nanodelcev, natančneje jih bomo lahko zaznali. Visoka tehnologija, zanos nad novimi odkritji in zaupanje v naše znanje tehnike je dovolj, da pride do tega razvoja ob ustrezni finančni politiki v Sloveniji, ki zaenkrat še ni prisluhnila posameznim opozorilom glede možnih posledic onesnaženosti z inženirskimi nanodelci. Razvoj detekcijskih metod in raziskave toksičnosti nanodelcev bi morali spadati med prednostna področja znanosti in tehnologije. Zapletenost detekcije nanodelcev zahteva znanja z različnih področij fizike, kemije, znanosti aerosolov, mikroskopije, elektronike, vakuumske tehnike, strojništva, medicine, biologije in le s prepletom vseh teh področij lahko upamo, da bomo nanodelce lahko detektirali pravočasno ter preprečili nepotreben vnos v človeški organizem.

Razvoj aparatov, s katerimi je mogoče šteti nanodelce in določati njihovo velikost, morda celo kemijsko sestavo, je gotovo velik korak k poznavanju kvalitete zraka, ki smo ga prisiljeni vdihavati. Enako pomemben pa je tudi razvoj aparatov, s katerimi bi nanodelce prisilili k združevanju v neškodljive skupke ali pa jih iz zraka spravili v tekoči medij. Trenutno so to še nerešeni problemi tehnike, na prvi pogled enostavni, a ko skušamo ukrotiti tako majhne delce, se šele pokaže zapletenost naloge.

Detekcija nanodelcev združuje znanja s področij naravoslovnih znanosti, posega pa na področja medicine, ekonomije in ekologije, posredno tudi sociologije, psihologije in geografije. Zavedanje (preko dejanskih meritev) koncentracij nanodelcev v zraku bo v kombinaciji z meritvami njihove toksičnosti spremenilo naša vrednostna merila o zdravem delovnem oz. splošnem okolju, o izbiri prodajnih artiklov, ki vsebujejo nanodelce in/ali jih med uporabo tudi oddajajo, npr. kozmetika, dodatki k hrani, nano-tekstil, zaščitne prevleke, dieselski avtomobili, kot tudi odločitve o reševanju energijskih problemov z izgorevanjem biomase. Združevanje nanodelcev v manj nevarne skupke in njihova izločitev iz zraka sta pomembna tudi v proizvodnih procesih v elektronski industriji, v bolnišnicah za ugotavljanje poti prenosa okužb (virusi so nanometrskih dimenzij, prav tako okuženi delci tkiv in sluzi) in za čistilne naprave tako v termoelektrarnah kot pri avtomobilskih izpuhih.



objavlja RAZPIS ZA podelitev NAGRADE IZS ZA INOVATIVNOST

IZS je v zadnjih letih veliko svojih aktivnosti usmerila v dvigovanje strokovnosti, odgovornosti, kakovosti in inovativnosti na področju graditve objektov.

V letošnjem letu bomo drugič podelili nagrado za inovativen pristop pri graditvi objektov. Nagrada bo podeljena inovativni projektantski rešitvi, inovativni tehnološki rešitvi, inovativnemu postopku pri izgradnji objekta in objektu, tehnologiji oziroma izdelku ali posamezni fazi izvedbe, na katerega se nanaša inovativnost, ki je izveden ter v uporabi.

Nagrada bo podeljena na prireditvi Inženirske zbornice Slovenije 3. decembra 2009 v Narodni galeriji v Ljubljani.

Vljudno Vas vabimo, da vložite Vaše cenjene predloge na naslov:
INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE, Odbor za nagrade IZS, Jarška cesta 10/b, 1000 Ljubljana,
s pripisom »za razpis«, in sicer do 20. oktobra 2009.

Pogoji razpisa bodo objavljeni od 7. septembra 2009 na www.izs.si.

inovativnost 2009

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Slovenian National Building and Civil Engineering Institute

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

T: (01) 280 42 50, F: (01) 280 44 84



Razvojno-raziskovalno delo na ZAG Ljubljana je usmerjeno predvsem na naslednja področja:

- varnost/stabilnost objektov - **1**,
- trajnost objektov (tudi z ekološkega vidika),
- energetska učinkovitost objektov (ustrezna uporaba novih materialov in tehnologij) - **2**,
- karakterizacija degradacijskih procesov in metod za njihovo preprečevanje,
- razvoj in uporaba novih materialov (uporaba novih postopkov, vključno z nanotehnologijami) - **3**,
- uporaba/imobilizacija odpadkov/sekundarnih surovin,
- gradbeni objekti s posebnimi zahtevami: prometna infrastruktura, energetski objekti, odlagališča (vključno z odlagališčem za radioaktivne odpadke) - **4**,
- objekti kulturne dediščine - **5**.

Za tehnično kulturo v gradbeništvo

info@zag.si / www.zag.si

Zavod za gradbeništvo Slovenije je vodilna ustanova na področju gradbeništva pri nas s strokovno-tehnično podporo vsem gradbenim dejavnostim. Raziskovalna dejavnost tvori njegovo jedro že od ustanovitve leta 1949.

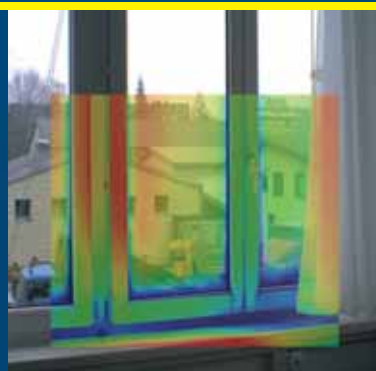
Na ZAG Ljubljana trenutno na temeljnih in uporabnih raziskavah deluje več kot 100 raziskovalcev in strokovnjakov s področja gradbeništva, strojništva, fizike, kemije, kemijske tehnologije, geodezije ter geologije, kar omogoča multidisciplinaren in celovit vpogled v svetovne razvojne trende na vseh omenjenih področjih.



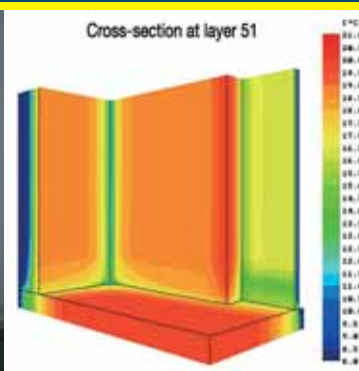
1 Model trinadstropne zidane stavbe med preiskavo na potresni mizi



Zidne vezi spremenijo mehanizem, zagotovijo celovitost obnašanja konstrukcije in s tem izrabo nosilnosti zidovja



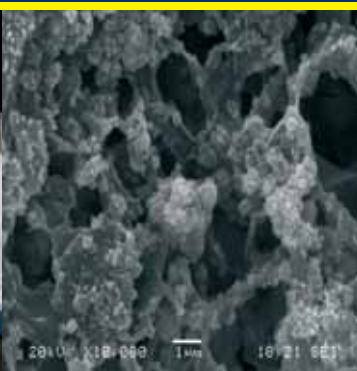
2 Termografska analiza gradbenega elementa z vizualizacijo toplotnih mostov



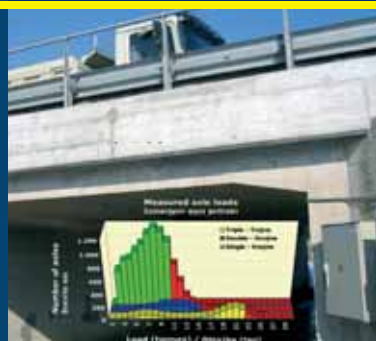
Računalniška simulacija – temperaturna razporeditev na 3D modelu



3 Delo z elektronskim vrstičnim mikroskopom



Opazovanje nano materialov – nanodelci anataza v premazu po kemijskem jedkanju površine



4 Razvoj in implementacija sistema WIM za tehtanje vozil med vožnjo



Projekt SPENS- razvoj primernih postopkov za hitro obnovo vozišč z optimizacijo materialov



5 Cerkev Marije Zdravja v Piranu – ogrožen objekt kulturne dediščine



SEM posnetek NaCl z njenih zidov

