

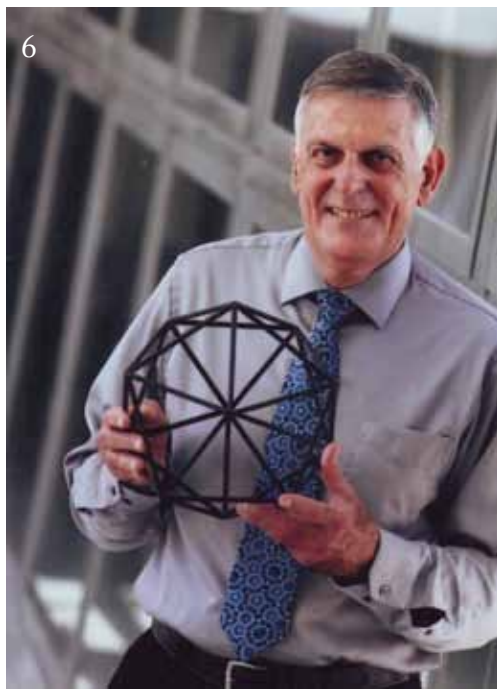
PROTEUS

*mesečnik
za poljudno
naravoslovje*



September 2022, 1/85. letnik
cena v redni prodaji 5,50 EUR
naročniki 4,32 EUR
upokojenci 3,55 EUR
dijaki in študenti 3,36 EUR
www.proteus.si





3 Table of Contents

4 Uvodnik
Tomaž Sajovic

6 Kemija
Kvazikristali
Tina Škorjanc

13 Podnebne spremembe ter vinogradništvo in vinarstvo
VINEAS – spletna platforma, ki podpira sodelovanje na področju podnebnih sprememb v sektorju trte in vina
Alen Albreht, Katerina Naumoska

20 Biokemija
Vpliv kreme za sončenje na sintezo vitamina D
Anja Nagode

26 Iz zgodovine slovenskega naravoslovja
Franc Unger, prvorojenec Mariborčanke, odkrije globalno segrevanje
Ob dvestoletnici rojstva njegovega najboljšega študenta Gregorja Mendla
Stanislav Južnič

39 Medicina in botanika
Rdeči naprstec
Tristo let zdravilne rastline
Jurij Kurillo

45 Naše nebo
Nebesne smeti
Mirko Kokole

Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Chemistry

Quasicrystals*Tina Škorjanc*

Quasi-periodic crystals, also called quasicrystals, are structures that changed the definition of the “crystal” after seven decades of its existence. They were discovered in 1982 by Israeli scientist Daniel Shechtman (1941-), who won the Nobel Prize in Chemistry for this important discovery in 2011, after years of trials and tribulations.

Climate change, viticulture and wine-making

VINEAS – a Collaborative Online Platform Dedicated to the Vine and Wine Sector and to the Challenges It Faces from Climate Change*Alen Albreht, Katerina Naumoska*

Funded by the European Institute of Innovation and Technology (EIT Climate-KIC), the European MEDCLIV project (MEDiterranean CLimate Vine & wine ecosystem) attempts to respond to the climate change challenge in the vine and wine sector in the Mediterranean. In their quest for solutions the project coordinator (Fondazione Edmund Mach from Italy) and partners from six countries (Italy, Slovenia, Spain, Portugal, France and Cyprus), among them also our National Institute of Chemistry, are working to set up national hubs that would bring together individuals and organisations across the vine and wine value chain that are either already dealing with the consequences of climate change or simply wish to join the initiative. The main goals of the project are: to implement participatory approaches to designing, co-building and sharing innovative mechanisms of climate adaptation and mitigation; to encourage local and regional stakeholders to network, share know-how, and engage and support national hubs; and to develop a collaborative, free online platform VINEAS in order to facilitate networking and information sharing across the vine and wine value chain in the Mediterranean.

Biochemistry

The Effect of Sunscreens on the Synthesis of Vitamin D*Anja Nagode*

When the weather is nice we like to stay out. Among other things, sunny days make us think of

vitamin D, because this sunshine vitamin is synthesised when we are exposed to the sun, i.e. its ultraviolet B radiation. Vitamin D plays an important role in calcium and phosphorus metabolism and is essential for maintaining our bones healthy and strong. On the other hand, ultraviolet radiation is carcinogenic; it causes acute skin inflammation, and is a stimulant for melanin synthesis. Sunscreen is one of the most common methods of protection from negative effects of radiation. However, as it blocks UVB radiation and prevents it from penetrating the skin we cannot but wonder whether sunscreens have a negative effect on vitamin D synthesis and whether they can lead to vitamin D deficiency.

From the History of Slovenian Natural Science

Franc Unger, the First-Born Son of a Maribor Mother, Discovers Global Warming*Upon the Bicentennial of Birth of His Star Student Gregor Mendl**Stanislav Južnič*

We discuss the leading role of Habsburg Slovenians in the research of climate change. The world-famous Herman Potočnik Noordung was not the only son of a Maribor-born mother, the pioneer of greenhouse phenomena research, paleobotanist Franc Unger (1800-1870), is also connected with our city through his mother. Franc Unger, a grandson of a Maribor master baker, studied global warming. His ideas on anthropogenic changes to the atmosphere due to industrial greenhouse gases still apply today. The invisible threat of global climate change started to shape people’s everyday life in the 19th century along with other covert and initially unmeasurable phenomena such as atoms, germs and even viruses. Slovenians played a vital role in the developments that followed these changes.

Medicine and botany

The Foxglove.*Three Hundred Years of the Medicinal Plant.**Jurij Kurillo*

For centuries, English folk medicine knew a blend of medicinal plants that local healers used also to treat the then-common dropsy. It was only in the mid-18th century that the physician William Withering identified foxglove as the main active ingredient of the blend.

Our sky

Celestial debris*Mirko Kokole*



Naslovnica: *Redeči naprstec.*

Cvetovi od blizu.

Foto: Jurij Kurillo.

Proteus

Izhaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Priradoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mibael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavc

dr. Petra Draskovič Pelc

<http://www.proteus.si>

priradoslovno.drustvo@gmail.com

© Priradoslovno društvo Slovenije, 2022.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pisnega dovoljenja izdajatelja ni dovoljeno.

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Anglški prevod: Andreja Šalomon Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Priradoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 1.600 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Priradoslovno društvo Slovenije, Poljanska 6, 1000 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,50 EUR, za naročnike 4,32 EUR, za upokojence 3,55 EUR, za dijake in študente 3,36 EUR.

Celoletna naročnina je 43,20 EUR, za upokojence 35,50 EUR, za študente 33,60 EUR. 5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

Poslovni račun: SI56 6100 0001 3352 882, davčna številka: SI 18379222. Proteus sofinancira: Agencija RS za raziskovalno dejavnost.

Vsi objavljeni prispevki so recenzirani.

Proteus (tiskana izdaja) ISSN 0033-1805

Proteus (spletna izdaja) ISSN 2630-4147

Uvodnik

Znanost je postala tehnost

Angleški filozof, znanstvenik, pravnik, državnik in eden od očetov razsvetljenstva Francis Bacon (1561–1626) je v svojem slovitem eseju *V slavo védenju* (1592) zapisal besede, ki so usodno zaznamovale novoveško znanost (v resnici pa vse življenje novoveškega človeka): »Premoč človeka tiči v védenju. Naravi moramo pustiti, da nas vodi pri iznajdevanju, zato da bi ji *zapovedovali* v praksi.« Francoski filozof, znanstvenik in matematik René Descartes (1596–1650) je bil enakega prepričanja: »Postati [moram] *gospodarji* in *lastniki* narave.«

Baconove in Descartesove besede izražajo ključno spremembo v človekovem dojemanju sveta, ki se je začela uveljavljati na začetku novega veka. Stari Grki so se še čudili stvarim in bitjem na svetu zaradi njih samih - čudili so se jim preprosto zato, ker *obstajajo*. Novoveškemu človeku čudenje ne pomeni nič: stvari in bitja na svetu želi *uporabljati* - drugače povedano, stvarim in bitjem na svetu želi s svojim razumom *gospodovati*.

Bacon in Descartes sta bila naivna: gospostvo nad naravo naj bi človeka osvobodilo gospostva narave nad njim, pokazalo pa se je, da gospostvo, ko je enkrat »izpuščeno iz steklenice«, ni prav nič izbirično – gospostvo nad naravo se je brezobzirno razkrilo, da je

tudi gospostvo nad človekom. Enaka usoda je doletela tudi samo znanost, Baconovo človekovo »udarno pest« proti naravi: »Njena učinkovitost, ki ji je omogočila, da je od 19. stoletja udeležila baconovski in kartezijski program, se je zdaj obrnila zoper njo. Družbeni, oziroma natančneje, trgovski ukaz znanstveni razvoj umešča pod vpliv omejitev produkcije in kratkoročne rentabilnosti. Možnost temeljnih teoretičnih raziskav, ki ne dajejo zagotovil o takojšnjem uspehu, postaja vse bolj nestvarna. Tako se na zavraten način razpleta zgodovinsko zelo nenavadna in konec koncev presenetljiva povezava med teoretičnim raziskovanjem in delovanjem, ki je bila značilna za zahodno znanost zadnji dve stoletji.« je v svojem besedilu *Je znanost univerzalna?* zapisal francoski fizik in esejist Jean-Marc Lévy-Leblond (1940–) (besedilo je izšlo maja leta 2006 v francoskem mesečniku *Le Monde diplomatique*). Na kratko povedano: znanost si je podredil kapital. Kapital pa si znanosti ne bi mogel tako zlahka *podrediti*, če ne bi novoveška znanost že od 16. stoletja bila sama *podrejena – podrejena* Baconovemu in Descartesovemu »zapovedovanju narave v praksi«. Novoveška znanost v zaslepljenosti od Baconove hvalnice človekovemu védenju »pozablja«, da je v bistvu le *sredstvo* za doseganje cilja – gospostva nad naravo. O svojem *cilju* – gospo-

stvu nad naravo – se ne sprašuje. Jemlje ga kot nekaj samoumevnega, samo po sebi razumljivega. *Cilj* – go-spovstvo nad naravo – torej ni znanstveno spoznanje, ampak ideologija gospodstva. Človekovo mišljenje je v novem veku doživelo usodno spremembo.

To spremembo je nemški filozof in sociolog ter član znamenite Frankfurtske šole za družboslovno raziskovanje Max Horkheimer (1895-1973) imenoval *mrk razuma* in tako naslovil tudi svojo leta 1947 izdano knjigo (angleški naslov *Eclipse of Reason*). Novoveškemu človeku – kot lahko preberemo v prvem poglavju knjige, ki ima naslov *Sredstva in cilji* – je polagoma zavladal subjektivni, instrumentalni, koristnostni razum: »[Ta] se ukvarja s sredstvi in cilji, s primernostjo postopkov za doseganje ciljev, ki jih ima za samoumevne in domnevno samo po sebi razumljive. Vprašanju, ali so cilji kot taki razumni, ne pripisuje večjega pomena. Če se sploh ukvarja s cilji, ima za samoumevno, da so cilji lahko razumni le v *subjektivnem smislu*, to je, da služijo človekovim osebnim *koristim* [...]. Ideja, da je cilj lahko razumen *sam po sebi* – na podlagi vrtilin, ki jih razkriva globlje razumevanje cilja [v nasprotju z Baconom je na primer narava posebna vrednota] – brez sklicevanja na neko osebno korist, je povsem tuja subjektivnemu razumu, tudi kadar se ta dvigne nad neposredno upoštevanje utilitarnih, koristnostnih vrednot in se posveti razmisleku o družbenem redu kot celoti.« Ta instrumentalni razum je imel usodne posledice tudi in še posebej za znanost. Nemški fizik in filozof Carl Friedrich von Weizsäcker (1912-2007) (raziskoval je jedrsko fuzijo v zvezdah in bil med drugo svetovno vojno član nemškega jedrskega oboroževalnega programa) je v knjigi *Enotnost narave* (1971) to tematično usodo sijajno opisal: »Metodološka načela znanosti zahtevajo, da se nekatera temeljna vprašanja ne zastavljajo. Za fiziko je značilno, da se ne sprašuje, kaj je materija (snov), za biologijo, da se ne sprašuje, kaj je življenje, in za psihologijo, da se ne sprašuje, kaj je duševnost, ampak da s temi besedami samo nejasno opisujejo področja, na katerem nameravajo raziskovati. Če bi si ta vprašanja namreč želeli zastaviti hkrati, ko se ukvarjamo z naravoslovjem, bi izgubili ves čas in moč, potrebna, da rešimo vprašanja, ki jih je mogoče rešiti. Posledica tega je, da je znanost, ki pušča ob strani ta načelna vprašanja [ki si jih filozofija v resnici zastavlja], napredovala neverjetno hitro. Na drugi strani pa se ne smemo slepiti, da ima metodološko ravnanje znanosti [...], če si ni na jasnem s svojo lastno vprašljivostjo, v sebi nekaj ubijalskega. Ta vprašanja so težka, vendar niso nepomembna. O Heideggerjevi formuli ,znanost ne misli' ni mogoče razpravljati skoraj z nobenim znanstvenikom, ne da bi izzvali njegove jeze. Toda tako, kakor Heidegger razume besedo ,misliti' ,

je formula dobesedno resnična. ,Misliti' v Heideggerjevem smislu namreč pomeni ,sebe samega še enkrat postaviti pod vprašaj', prav tega pa znanstvenice in znanstveniki ne počenjajo pri običajnem ukvarjanju z znanostjo. Vendar je to treba storiti, če naj znanost končno najde stik z živim človekom, ki je v življenju partner in ne samó predmet.« Ali kot je izjavil danski fizik Niels Bohr (1885-1962), ki je postavil temelje kvantne fizike: »V veliki drami *življenja* smo vsi hkrati občinstvo in igralci.«

Za konec sem prihranil spoznanja iz besedila *Humanistika in družboslovje v primežu liberalne Evrope*, ki sta ga leta 2008 v *Časopisu za kritiko znanosti domisliji in novo antropologijo* objavila sociologa Maja Breznik (1967-) in Rastko Močnik (1944-). Pisca sta raziskala razpis Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) za leto 2005, ki se je poudarjeno ravnal po navodilih evropske komisije in prvič predpisal teme, ki naj bi jih znanstveni projekti obdelali. Ugotovitve za razvoj znanosti niso bile prav nič laskave: »[O]cennevalcem (in bržkone tudi organizatorjem razpisa) ni bilo do tega, da bi zlasti podprli proizvodnjo novega znanja [...]. Po naši analizi sodeč jim je šlo zlasti za ,reševanje problemov'. Razpis naj bi prijavitelcem ponudil priložnost, da v okviru predloženih ,tem' najdejo skrbi zbujujoče družbene probleme – in poiščejo rešitve zanje. Še preden naj bi začeli raziskovati, naj bi morali vedeti, kaj bodo našli. Raziskovanje se s tem premakne iz teoretskega polja in se loteva ,problemov', ki jih niso določili teoretsko, temveč intuitivno – se pravi ideološko. [...] Na te ideološko določene probleme potem od zunaj aplicirajo [prenašajo] teoretske [znanstvene] koncepte – ali, natančneje: rezultate drugih raziskav. Tudi če so med raziskavami, katerih rezultate te ideološko usmerjene raziskave ,aplicirajo', teoretsko produktivne analize, ta aplikacija ne more več biti teoretska [znanstvena], saj se dogaja zunaj teoretskega polja. Zato te vrste ,aplikacije' ne uporabljajo teoretskih [znanstvenih] konceptov – temveč iste izraze uporabljajo v ideoloških postopkih. Raziskovanje se tako preusmerja k tehničnim praksam ali v tako imenovano tehnouznanost.« Ali kot je na kratko tehnouznanost opredelil sociolog in filozof Michel Freitag (1935-) v knjigi *Brodolom univerze* (v slovenščino prevedena leta 2010): »Znanost se ne ukvarja več s spoznavanjem sveta, temveč z napovedovanjem učinkov, ki jih bodo v svetu povzročili naši praktično smotni posegi.«

Tehnouznanost ni več znanost v svojem izvornem pomenu. Toda kaj sploh je izvorni pomen znanosti? Ali ni bila tehnika že pri Baconu?

Tomaž Sajovic

Kvazikristali

Tina Škorjanc

Kvazikristali, znani tudi kot kvaziperiodični kristali, so snovi, ki so po sedmih desetletjih obstoja opredelitve pojma »kristal« to opredelitev spremenili. Odkritje je bilo vredno Nobelove nagrade za kemijo, a pot do nje je bila trnova.

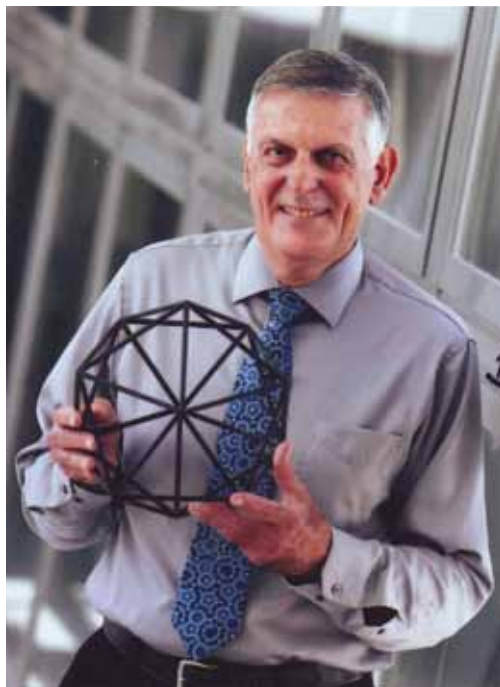
Kristali: urejenost in periodičnost

Če želimo razumeti pojem kvazikristalov, se moramo najprej seznaniti z urejenimi in periodičnimi strukturami. Kristalna mreža na spodnji sliki, sestavljena iz modrih atomov, je tako urejena kot periodična. Zaradi nazornosti je prikazana dvorazsežnostna mreža, čeprav so kristali v resnici trirazsežnostni. Urejenost pomeni, da se položaji atomov v kristalni mreži predvidljivo ponavljajo

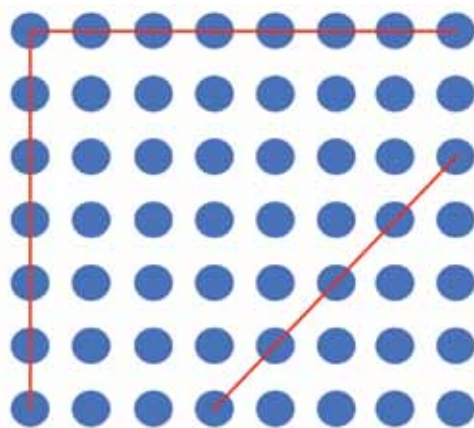
v vse smeri. Če bi kogarkoli od nas prosili, da nadaljuje ponavljajoči se vzorec, bi vsakdo narisal enako kristalno mrežo. Periodičnost pa se nanaša na razdalje med atomi v določeni smeri. Če sledimo rdečim črtam na spodnji sliki, ugotovimo, da so razdalje med posameznimi sosednjimi atomi enake. To ne pomeni, da kristalna mreža vsebuje le eno stalno razdaljo med posameznima sosednjima atomoma, temveč da so te razdalje nespremenjene v določeni smeri. Tradicionalna opredelitev pojma kristala je vsebovala tako urejenost kot periodičnost. Splošno sprejeto dejstvo je bilo, da ima vsak kristal urejeno in periodično strukturo in ta opredelitev je veljala vse od začetkov kristalografije leta 1912 do leta 1982, torej kar sedemdeset let.

Kristali: sučne osi

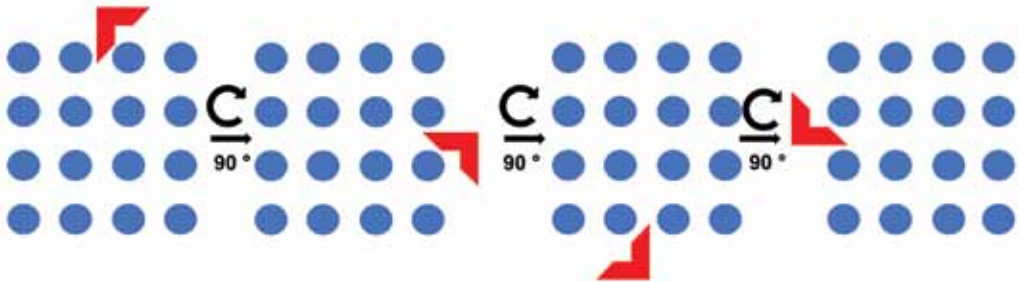
Poleg urejenosti in periodičnosti moramo razumeti tudi pojem sučnih osi v kristalu. Poglejmo simbolično kristalno mrežo na sledeči strani, ki ima na vrhu rdečo ročko. Če primemo za to ročko in celotno strukturo zasučemo za 90 stopinj, se nič ne



Profesor doktor Daniel Shechtman z modelom ikozaedra.
Vir: <http://autographpics.blogspot.com/2012/09/dan-shechtman.html>.



Simbolna mreža atomov v strukturi kristala in njihova periodičnost vzdolž rdečih premic. Skica: Tina Škorjanc.



Pojem 4-števne osi v kristalu. Skica: Tina Škorjanc.

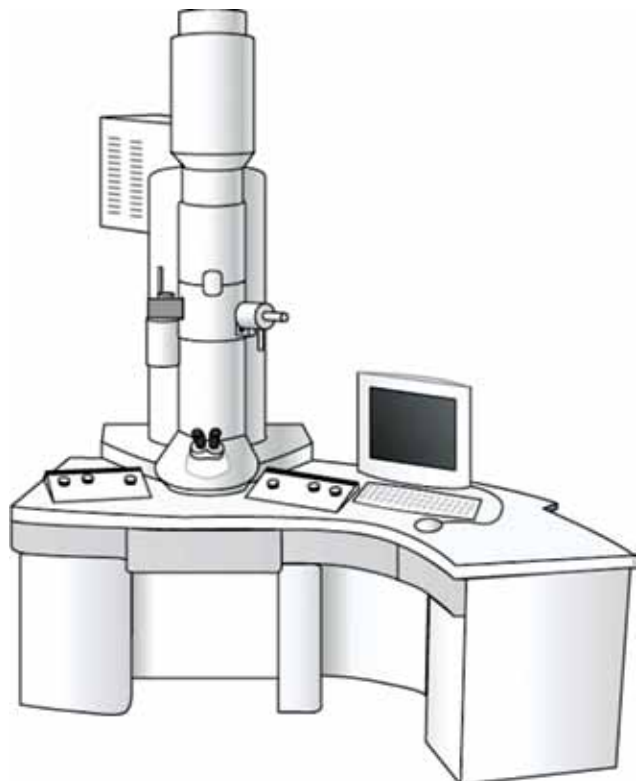
spremeni – dobimo enako kristalno mrežo. Podobno se struktura ne spremeni, kadar jo zasučemo za 180 stopinj, 270 stopinj ali 360 stopinj. Strokovno lahko rečemo, da ima naša struktura štirištevno os (360 stopinj / 90 stopinj = 4). Matematično je bilo dokazano, da je periodičnost kristalnih mrež mogoča le, kadar ima kristal eno-, dvo-, tri-, štiri- in šestštevne osi. To pomeni, da vzorec zavzame kristalografsko enake položaje enkrat, dvakrat, trikrat, štirikrat ali šestkrat pri zasuku za 360 stopinj. Tukaj so se kvazikristali bistveno razlikovali od tradicionalnih kristalov. A poglejmo si najprej, kako je prišlo do njihovega odkritja.

Odkritje kvazikristalov

Kvazikristali so bili odkriti s presevnim elektronskim mikroskopom. Tovrstni mikroskop omogoča, da na vzorec posvetimo z žarkom elektronov in v kristalnih vzorcih se bo žarek pri določenih kotih uklonil. S tujko ta proces imenujemo difrakcija (slovenski izraz je uklon), njegov rezultat pa je vzorec, podoben tistemu na sli-

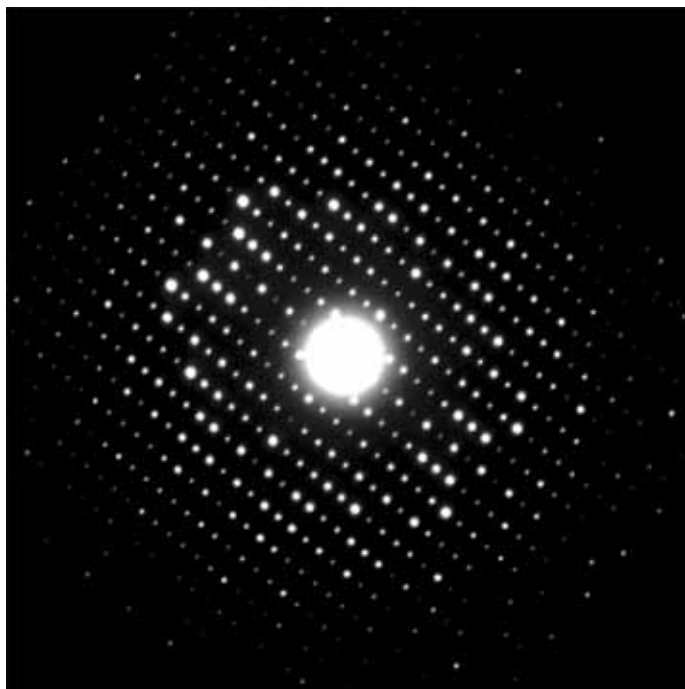
ki na sledeči strani zgoraj, ki ga strokovno imenujemo difraktogram. Iz tega vzorca je mogoče razbrati lastnosti, o katerih smo govorili v prejšnjih odstavkih: posamezne točke se pojavljajo urejeno, prav tako pa opazimo njihovo periodičnost.

Vse to nas počasi pripelje do odkritja kvazikristalov. Ko je izraelski raziskovalec dr. Daniel Shechtman leta 1982 na Nacional-



Presevni elektronski mikroskop.

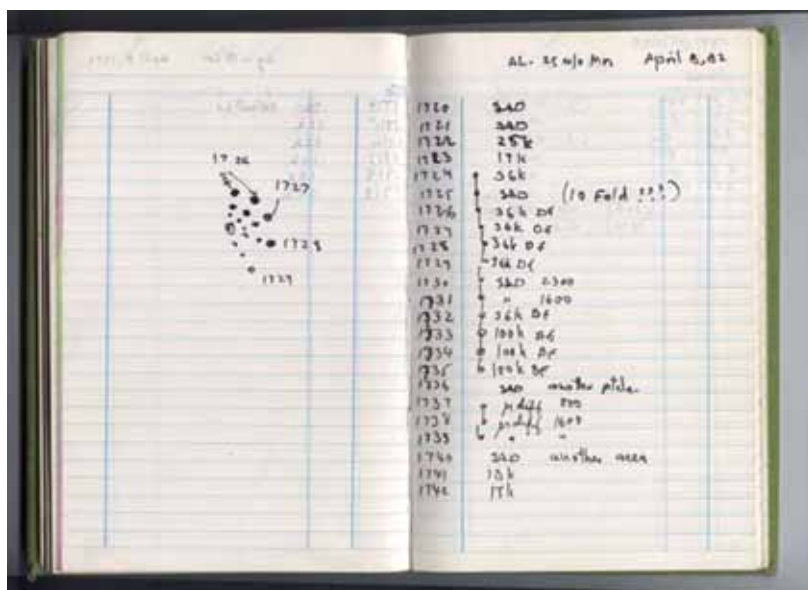
Vir: Wikipedija.



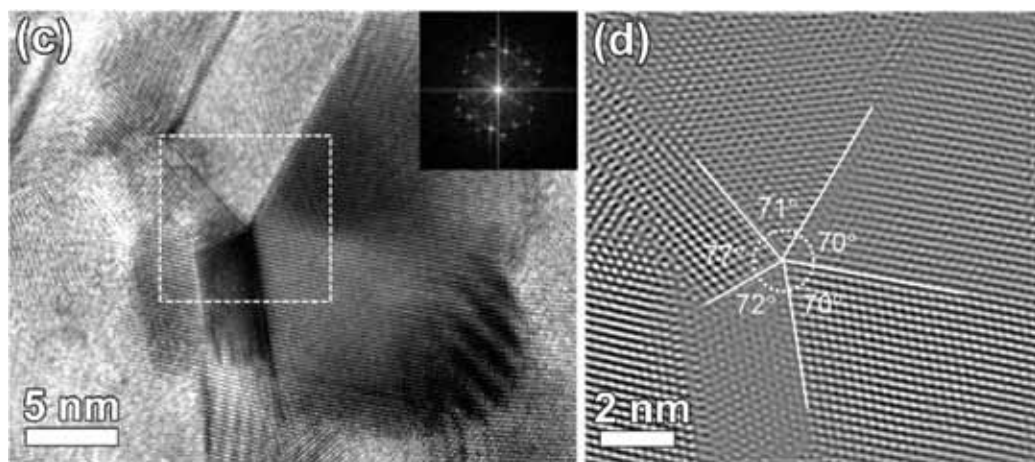
Uklon elektronskih žarkov na vzorcu tantalovega oksida prikazuje tako urejenost kristalne mreže kot njeno periodičnost. Vir: Wikipedija.

nem inštitutu za standarde in tehnologijo v Marylandu v Združenih državah Amerike pod presevnim elektronskim mikroskopom opazoval zlitine aluminija in mangana, je opazil nekaj nenavadnega. Kot kaže stran

iz njegovega laboratorijskega dnevnika, ki je od tedaj postal slaven po vsem svetu, je v posnetku z zaporedno številko 1.725 v kristalu omenjene zlitine opazil desetštevno os. To je bilo zelo nenavadno, saj je do tedaj ve-



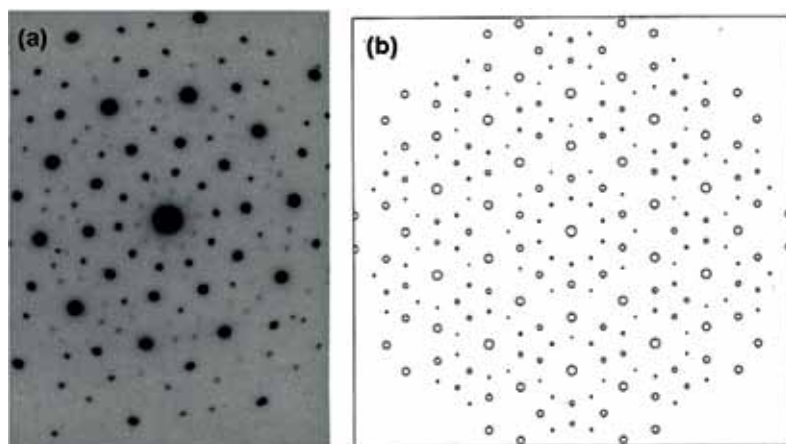
Stran iz Shechtmanovega laboratorijskega dnevnika, zapisana na dan odkritja kvazikristalov. Vir: Structural Chemistry.



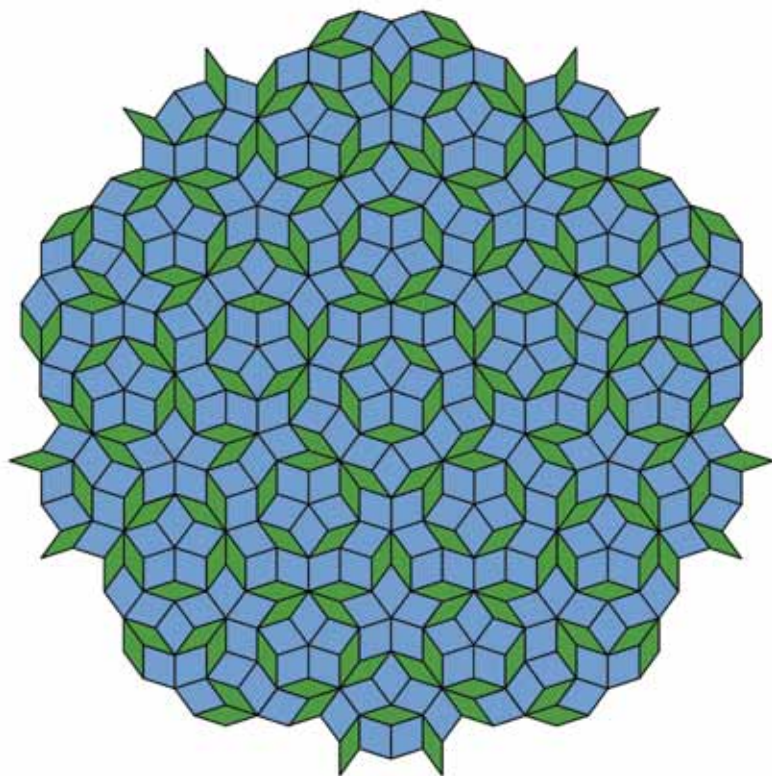
Dvojčičenje v vzorcu nanokristalnega bakra. Vir: Acta Materialia.

ljalo prepričanje o obstoju zgolj eno-, dvo-, tri-, štiri- in šestštevnihi osi. Do tedaj edina možna razlaga za obstoj desetštevne osi je bilo tako imenovano dvojčičenje kristalov. To je pojav, pri katerem si dva sicer ločena kristala v simetrijskem smislu delita nekaj točk kristalne mreže. V difraktogramu bi tako denimo pet posameznih, a na določenih mestih dotikajočih se kristalov lahko kazalo navidezno petštevno os. Shechtman je takoj pomislil, da je naletel na tovrstno dvojčičenje, zato je pod mikroskopom iskal tovrstne spojene kristale. A zaman, ni jih našel.

Poleg petštevne osi je imela zlitina aluminija in mangana še eno nenavadno lastnost. V difraktogramu ni bilo opaziti periodičnosti: posamezne točke vzdolž navideznih premic med seboj niso bile enako oddaljene. Tudi to je bilo povsem v neskladju s tedaj obstoječo opredelitvijo kristalov. A ker dvojčičenja nikakor ni mogel najti v svojem vzorcu, hkrati pa je bil njegov vzorec nenavadno temne barve, je Shechtman postal prepričan, da je odkril nekaj novega – kristal, ki se ne ujema z obstoječo dogmo o tem, kaj kristali pravzaprav so. Njegova zlitina je bila sicer urejena, ni pa imela klasične periodičnosti.



Difraktogram zlitine aluminija in mangana, ki prikazuje kvaziperiodičnost. Vir: Physical Review Letters.



Penrosove ploščice, ki v dveh razsežnostih kažejo kvaziperiodičnost.
Vir: Wikipedija.

Kasneje je bilo tudi ugotovljeno, da so v difraktogramu razmerja razdalj posameznih točk od središča sledila Fibonaccijevemu zaporedju.

Ta neklasična periodičnost oziroma kvaziperiodičnost pa ni očarala le kemikov, temveč je navduševala tudi matematike. Anglež Roger Penrose, kasneje tudi sam Nobelov nagrajenec, je dvorazsežnostno kvaziperiodičnost prikazal le z dvema različnima ploščicama v obliki romba z notranjima kotoma 72 stopinj in 36 stopinj. Pokazal je, da lahko zgolj s tema dvema ploščicama pokrijemo tla, ne da bi ustvarili luknje. V tako nastali strukturi pa ni prav nobenega motiva, ki bi se periodično ponavljal v kateri koli smeri. Posledično lahko govorimo o kvaziperiodičnosti v dveh razsežnostih. A naš svet je trirazsežen, kakšne gradnike pa premore kvaziperiodičnost v treh razsežnostih?

Ikozaeder

Za odgovor na zgornje vprašanje se moramo spet zateči k presevnemu elektronskemu mikroskopu. V tem mikroskopu obstaja možnost nagibanja in vrtenja vzorca. To v našem primeru pomeni, da lahko vzorec nagnemo ali zavrtimo pod določenim kotom in nato ponovno posnamemo uklon elektronskega žarka, pri čemer posnamemo nov difraktogram. Ta postopek lahko ponavljamo poljubnokrat in tako ugotavljamo oziroma prepoznavamo različnoštevne osi v kristalu. V primeru zlitine aluminija in mangana so na ta način prepoznali dvo-, tri- in petštevne osi, kar je pripeljalo do opisa gradnikov kvaziperiodičnosti v treh razsežnostih. Imenujejo se ikozaedri. Če si te gradnike sila težko predstavljate, si oglejte nogometno žogo. Tudi ta ima namreč simetrijo ikozaedra. Če jo primerno postavite, boste opazili, da



Prikaz dvo-, tri- in petštevne osi v ikozaedru na primeru nogometne žoge. Skica: Tina Škorjanc.

ima dvo-, tri- in petštevne osi. V svojem zabavnem predavanju na nedavni mednarodni konferenci v kraju Lindau se je Shechtman pošalil, da ne glede na državo tudi najboljša nogometna ekipa in njeni člani ne vedo, da igrajo z ikozaedrom.

Dolga vrsta zavrnitev

Lahko si predstavljamo, da je sporna trditve mladega in tedaj še ne svetovno uveljavljenega znanstvenika v svetu kristalografije dvignila precej prahu. Na prvo oviro je znanstvenik naletel že, ko je želel objaviti prvi znanstveni članek z opisom odkritja nove kristalne oblike. Znanstvena revija *Journal of Applied Physics* je članek zavrnila, ne da bi ga poslala v ocenjevanje recenzentom, z razlago, da to delo ni zanimivo za njihove bralce. Leto kasneje je bilo delo v skrajšani obliki objavljeno v reviji *Physical Review Letters*.

Naslednja zavrnitev se je zgodila kar v laboratoriju, v katerem je Shechtman raziskoval. Njegov nadrejeni mu je nekega dne prinesel učbenik o kristalografiji, rekoč, naj si prebere to knjigo in razumel bo, da so njegove trditve povsem nesmiselne. Ker je izrazil nestrinjanje, ga je naslednji dan čakal poziv, da laboratorij zapusti. Tako je Shechtman po lastnih besedah postal znanstvena sirota, ki pa jo je »posvojil«¹ sosednji laboratorij. Tam je nadaljeval svoje delo, za katerega je bil leta 2011 nagrajen z Nobelovo nagrado za kemijo.

Tretja zavrnitev je prišla iz mednarodne zveze kristalografov, za katero so bili podatki, pridobljeni s presevnim elektronskim mikroskopom, nezadostni. Zahtevali so uporabo bolj konvencionalne (običajne) tehnike za analizo kristalnih struktur, in sicer rentgenske difrakcije z enim kristalom. Težava je bila, da so bili kristali Shechtmana premajhni, da bi jih s to tehniko lahko analizirali, gojenje večjih kristalov pa se je pokazalo za precejšen izziv. Leta 1987 je večje kristale uspelo pripraviti profesorju doktorju An-Pang Tsajui in šele takrat je bilo možno zadostiti merilom mednarodne zveze kristalografov. Kvaziperiodičnost in kvazikristali so postali resničnost.

A bitke za priznanje kvazikristalov še ni bilo konec. Profesor doktor Linus Pauling, ustanovitelj Ameriškega kemijskega društva (American Chemical Society, ACS) in najplivnejši kemik svojega časa v Združenih državah Amerike, odkritju ni bil naklonjen. Na eni od rednih konferenc društva naj bi celo izjavil, da so kvazikristali delo kvaziznanstvenikov, čemur je ploskalo kakih tisoč ljudi. A menda se je s Paulingovo smrtjo obdobje zavračanja kvazikristalov končalo, opredelitev kristala pa se je dokončno spremenila. Urejenost in periodičnost nista bili več sopomenki. Kristali so še vedno urejene strukture, ki pa so lahko periodične ali pa tudi ne.

Zaključek

Ob zaključku se zdi smotrno vprašanje, zakaj so bili kvazikristali odkriti tako pozno, torej šele v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, kar sedemdeset let po začetku kristalografije. Niso redki. Niso sestavljeni iz redkih elementov. Ni jih težko pripraviti. Mnogi so obstojni in se po topljenju ter ponovni strditvi ne spremenijo. Trik je bil zelo verjetno v tem, da so bili kvazikristali tako majhni, da jih je bilo mogoče odkriti le s presevno elektronsko mikroskopijo. Danes so taki mikroskopi zelo razširjeni, tudi v Sloveniji jih imamo nekaj, a v osemdesetih letih ni bilo prav veliko znanstvenikov, ki so se poklicno ukvarjali s to tehniko. Po besedah profesorja doktorja Shechtmana pa je bilo ključna predvsem vztrajnost. »Če verjameš zgolj v knjige, se posveti religiji. V znanosti pišemo knjige na novo,« je bil sklep njegovega predavanja na 71. srečanju mladih znanstvenikov z Nobelovimi nagradenci v nemškem mestecu Lindau.

Viri in literatura:

Shechtman, D., Blech, I., Gratias, D., Cahn, J. W., 1984: Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry. Physical Review Letters, 53: 1951.

Cao, Z. H., in sod., 2015: Size dependence and associated formation mechanism of multiple-fold annealing twins in nanocrystalline Cu. Acta Materialia, 95: 312–323.

Hargittai, I., 2022: Forty years of quasicrystals: a bumpy road to triumph. Structural Chemistry, 33: 311–314.

Spletni naslovi:

[https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/videos/39767/dan-shechtman/laureate-shechtman.](https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/videos/39767/dan-shechtman/laureate-shechtman)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quasicrystal.](https://en.wikipedia.org/wiki/Quasicrystal)

[https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2011/summary/.](https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2011/summary/)



Tina Škorjanc je doštudirala biokemijo na newyorški univerzi v Abu Dhabiju, doktorirala pa je iz kemije (področja znanosti o materialih) na Univerzi v New Yorku. Njeno raziskovalno delo zajema sintezo in opredelitev kovalentnih organskih polimerov in ogrodij za različne rabe, med drugim čiščenje vode, biomedicinske namene, katalizo in senzoriko. Od septembra leta 2020 je zaposlena na Univerzi v Novi Gorici, kjer njene raziskave financira evropska shema Marie Skłodowska Curie Actions (MSCA) (Ukrepi Marie Skłodowska-Curie). V letošnjem letu je predstavljala Slovenijo na 71. srečanju mladih znanstvenikov z Nobelovimi nagradenci v nemškem kraju Lindau, kar je bil povod za nastanek tega članka. Je tudi prejemnica Preglove nagrade za izjemno doktorsko delo s področja kemije, ki jo podeljuje Kemijski inštitut, in finalistka izbora za nagrado Prometej znanosti, ki jo podeljuje Slovenska znanstvena fundacija.

VINEAS – spletna platforma, ki podpira sodelovanje na področju podnebnih sprememb v sektorju trte in vina

Alen Albreht, Katerina Naumoska

Vplivi podnebnih sprememb na vinogradništvo in vinarstvo

Podnebne spremembe vplivajo na krajevni in svetovni padavinski in temperaturni režim, kar neposredno vpliva na mnoge kmetijske dejavnosti, zlasti na gojenje rastlin in pridelavo. V Sloveniji je gojenje trte pomemben del kmetijske krajine in kulturne dediščine, poleg tega pa pogosto prevzema tudi osrednjo gospodarsko vlogo. Treba je namreč poudariti, da je več kot petdeset odstotkov svetovne proizvodnje vina povezanih prav s Sredozemljem. Na razvoj vinske trte in kemijsko sestavo grozdja ima podnebje med okoljskimi dejavniki večji vpliv kot na primer sestava tal in sorta vinske trte (van Leeuwen, Darriet, 2016). V sredozemskem območju vegetacijski cikel trte poteka v toplejših in bolj suhih razmerah, kar se kaže v manjši proizvodnji biomase, zgodnjem zorenju jagodičja ter večjim razlikam v pojavnosti boleznih in škodljivcev (van Leeuwen in sod., 2019). Najbolj pogoste posledice podnebnih sprememb so splošno zvišanje temperature na Zemlji, krajevne spremembe v vzorcu padavin, pa tudi večja pogostost ekstremnih dogodkov, kot so vročinski vali, nevihte s točo, pozne zmrzali in čezmerni padavinski dogodki. Te spremembe na splošno vplivajo na vse poljščine, še zlasti pa na visoko specializirane sisteme, kot je vinska trta (Bindi in sod., 1996; White in sod., 2006; Fraga in sod., 2013; Mosedale in sod., 2015). Podnebje je pomemben dejavnik pri spodbujanju vegetativne rasti trte (van Leeuwen in sod., 2004), zato so večje spremembe v podnebnih razmerah posledič-

no botrovale pospešenemu razvoju simulacijskih orodij za boljše razumevanje spreminjajočih se fenoloških (razvojnih) faz vinske trte (Moriondo in Bindi, 2007; Webb in sod., 2012; Alikadic in sod., 2019). Globalno segrevanje povzroča: prvič, zgodnje brstenje – na splošno se poveča nevarnost zmrzali zaradi večjih temperaturnih nihanj (Mosedale in sod., 2015), in drugič, zgodnje zorenje, kar spremeni kemijsko sestavo grozdja in potencialno tudi njegovo kakovost. Povišana raven sladkorjev in znižana vsebnost kislin sta že današnji resničnosti, kar močno vpliva na proizvodnjo in kakovost vin z bolj ali manj resnimi družbeno-gospodarskimi posledicami (Tate, 2001; Jones in sod., 2005; Orduna, 2010; Ashenfelter, Storchmann, 2010). S podnebnimi spremembami se spreminja tudi potreba vinske trte po vodi (Fraga in sod., 2018; Weiler in sod., 2019). Razvoj trte - in posledično tudi grozdja - je še posebej občutljiv za spremembe v količini dostopne vode. Zaradi prednostnega gojenja drugih poljščin v najbolj rodovitnih in z vodo bogatih deželah so trto tradicionalno sadili na razmeroma suhih in revnih tleh. Dodatni razlog za omenjeni izbor tal pa je pridelava bolj kakovostnih vin, revnejša tla imajo namreč ugoden fiziološki učinek (Koundouras in sod., 1997). Na pridelavo grozdja pa ne vpliva zgolj razlika v količini padavin med posameznimi leti, temveč tudi njihova sezonska porazdelitev (Santillán in sod., 2019). Močan primanjkljaj vode slabi fotosintezni cikel in rast poganjkov ter zmanjšuje velikost grozdnih jagod (van Leeuwen, Darriet, 2016).

Sredozemski vinogradi predstavljajo obsežno vinorodno območje in zagotavljajo preživetje milijonom vinogradnikov, vinarjev in drugih delavcev v vinski industriji. Sektor mora zakorakati v prihodnost s prilagojenimi in raznovrstnimi agronomskimi, organizacijskimi in tržnimi strategijami (Jones in sod., 2006; van Leeuwen, Destrac-Irvine, 2017; van Leeuwen in sod., 2019). To je vse prej kot preprosto, saj sektor temelji na starodavnih tradicijah, a vendarle je industrija procese pridelave grozdja in vina do neke mere vedno skušala prilagajati podnebnim spremembam (Santillán in sod., 2019; Fraga in sod., 2013a). Koncept teroirja (francosko *terroir*), povezan z zemljepisnim, okoljskim in kulturnim kontekstom, je edinstven v kmetijskem sektorju. Je pravzaprav koncept, ki združuje vse dejavnike, ki vplivajo na kakovost grozdja in posledično tudi vina. Ključni dejavniki so podnebje (na primer temperatura, padavine, vlažnost zraka in veter), tla (na primer globina rasti in sestava tal), lega (na primer nagib terena, izpostavljenost zunanjim dejavnikom in nadmorska višina) in pa seveda vinogradniško-vinarska tradicija. Mogoče bi izraz teroir lahko drugače opisali tudi kot »rastišče, ki se izrazi v vinu«. Povsem razumljivo je, da premiki podnebnih pasov pomenijo velik izziv za sektor, saj je stalno zagotavljanje optimalnih razmer pridelave vinskih trt na njihovem primarnem območju praktično nemogoče (van Leeuwen in sod., 2004). To pa je, kot rečeno, izjemno pomembno za ohranjanje kakovosti in prepoznavnosti pridelanih vin. V prihodnje velja razmisliti, ali je smiselno, da se določene sorte vinske trte trajno povezujejo s svojimi prvotnimi območji, saj različne modelne računalniške simulacije

že danes kažejo, da naj bi gojenje nekaterih vrst v višje ležečih in hladnejših legah postala kmalu bolj primerna izbira (Malheiro in sod., 2010; Moriondo in sod., 2011; Moriondo in sod., 2011; Moriondo in sod., 2013; Hannah in sod., 2012; Eccel in sod., 2016). Ne glede na številne raziskave in dognanja posameznikov pa je za uresničevanje trajnostnih rešitev in uspešno spopadanje s podnebnimi spremembami v vrednostni verigi trte in vina potreben celovit pristop. Vrednostna veriga trte in vina namreč v praksi zajema vse možne deležnike te dejavnosti, od vinogradnika na enem pa vse do končnega uporabnika (uživalca vin) na drugem koncu verige.

Projekt Evropske unije MEDCLIV

Evropski projekt MEDCLIV (MEDiterranean CLimate Vine & wine ecosystem, Sredozemski podnebni ekosistem trte in vina), ki ga sofinancira Evropski inštitut za inovacije in tehnologijo (EIT Climate-KIC¹), skuša odgovoriti na zgoraj omenjene izzive v sektorju trte in vina v Sredozemlju (slika 1). Usklajevalec projekta (Fondazione Edmund Mach iz Italije) skupaj z ostalimi partnerji iz šestih držav (Italije, Slovenije, Španije, Portugalske, Francije in Cipra), med katerimi je tudi Kemijski inštitut, išče rešitve in si med drugim prizadeva vzpostaviti nacionalna vozlišča (angleško *hub*), ki bi pod svojimi okrilji povezovala posameznike ali organizacije, ki se v vrednostni verigi trte

1 EIT Climate-KIC je skupnost znanja in inovacij (angleško *Knowledge and Innovation Community*), ki si prizadeva pospešiti prehod v brezogljeno družbo (angleško *zero-carbon society*).



Slika 1: Logotipa projekta MEDCLIV in sofinancerja.

in vina soočajo s posledicami podnebnih sprememb ali pa se pobudi preprosto želijo pridružiti. V Sredozemlju številna krajevna gospodarstva temeljijo na dejavnostih vinske in vinogradniške industrije, ki so jih v zadnjih nekaj letih oziroma desetletjih močno zamajale posledice podnebnih sprememb. Poleg prizadevanj za njihovo blaženje, kot je na primer zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, pa mora sektor razviti tudi učinkovite strategije za prilagajanje podnebnim spremembam, ki so neizogibne in se bodo po trenutnih napovedih v naslednjih desetletjih še stopnjevale. Za uspešno spopadanje s podnebnimi spremembami je treba testirati in postopoma vpeljati nove tehnike vinogradništva in vinarstva ter nove oblike sodelovanja na krajevni in državni ravni. Kolektivni ukrepi, podprti s projekti, kot je MEDCLIV, omogočajo dialog in usklajevanje med vsemi deležniki, od vinogradnikov in vinarjev, raziskovalcev, različnih organizacij in društev do javne uprave in končnih potrošnikov, kar pospešuje prehod v bolj prilagodljivo in odporno družbo. Glavni cilji projekta so: prvič, izvajanje sodelovalnih pristopov za načrtovanje, soustvarjanje in deljenje inovativnih mehanizmov blaženja ter prilagajanja podnebnim spremembam, drugič, spodbujanje krajevnih in pokrajinskih zainteresiranih posameznikov ali skupin ljudi k mreženju, deljenju znanja in priključitvi ter podpori nacionalnih vozlišč,

in tretjič, razvoj sodelovalne in brezplačne spletne platforme VINEAS z namenom povezovanja in informiranja vseh deležnikov vrednostne verige trte in vina na območju Sredozemlja. Med drugim je bila v sklopu projekta MEDCLIV leta 2020 izvedena tudi razširjena anketa, v kateri je sodelovalo več kot osemsto sredozemskih vinogradnikov in pridelovalcev vina. Ti so poudarili manj in bolj pereče izzive sedanjosti in prihodnosti. Rezultati ankete so dostopni na podstraneh VINEAS.

VINEAS v boju proti podnebnim spremembam

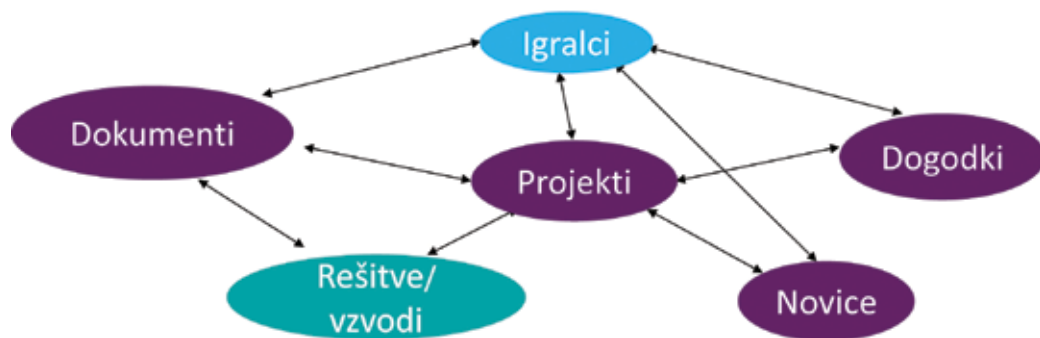
VINEAS (www.vineas.net) je mednarodna sodelovalna (kolaborativna) spletna platforma, ki povezuje deležnike v vrednostni verigi trte in vina, da bi lahko čim bolj učinkovito izmenjavali znanja in izkušnje pri spopadanju z izzivi podnebnih sprememb (sliki 2 in 3). Po kratkem obisku portala postane hitro jasno, da VINEAS nima vloge enciklopedije, v kateri bi posameznik našel odgovore na čisto vsa možna vprašanja s področja, temveč je prostor za krepitev zmogljivosti in inovativnega razmišljanja. Platforma, ki je bila prvič predstavljena slovenski javnosti marca leta 2021, je interaktivna, podprta v sedmih jezikih (angleškem, slovenskem, italijanskem, francoskem, portugalskem, španskem in grškem), in v prvi vrsti služi skupnosti njenih uporabnikov,



Slika 2: Logotip spletne strani VINEAS.

Slika 3: Vstopna spletna stran VINEAS.





Slika 4: Šest vrst podatkov, ki predstavljajo osnovno ogrodje platforme VINEAS.

Oznaka (🔍)	Opis (📄)	Izberi (👉)
Agora	Agora VINEAS vam omogoča, da objavljate objave za javno izmenjavo z drugimi uporabniki in objavljate svoje tehnične težave, uspešne izkušnje, zahteve po sodelovanju ali raziskovnih partnerstva ali komentarje na določene novice.	1
Dogodki	Ustvarite dogodke, ki jih lahko nato povežete z igralci in projekti, ki zanje prispevajo.	1
Dokumenti	Objavite dokumente PDF, koristne za skupnost. To dokument lahko povežete s stranmi s področja igralcev, projektov in inovacij, s katerimi se ukvarja.	2
Igralci	Na straneh igralca so opisane dejavnosti institucije, podjetja ali katere koli druge pravne osebe.	2
Novice	Objavite novice in jih povežite s sodelujočimi igralci in projekti!	2
Projekti	Ustvarite projektno stran in se pogovorite o svojih skupnih dejavnostih! Nato lahko igralce, ki sodelujejo v projektu, povežete s to stranjo, da podarite njihov prispevek.	1
Srodne rešitve	Na platformi še ni opisano rešitev ali vzvodov za epopadanje z letni podnebnih sprememb (prilagajanje ali ublažitev)? Poljite obrazec, da ga opišete, in tako povabite druge igralce in projekte, da pokažejo lastne izkušnje na tem področju. To je srce mreženja in izmenjave izkušenj!	1

Slika 5: Nadzorna plošča registriranih uporabnikov spletne strani VINEAS.

zato se tudi v skladu z njihovimi spremenjajočimi se potrebami in trendi v sektorju neprestano prilagaja ter izboljšuje. Jedro platforme VINEAS tvori šest vrst podatkov (slika 4). To so igralci, projekti, dokumenti, dogodki, novice, rešitve ter vzvodi.

Na platformi VINEAS je trenutno registriranih 218 igralcev in ta številka iz meseca v mesec narašča. Igralec in deležnik sta dva bolj ali manj posrečena slovenska prevoda angleških izrazov *actor* in *stakeholder*, ki se pogosto pojavljata v evrounijskem izrazoslovju in ju je treba razlikovati. Pod bese-

do deležnik imamo v mislih vinogradnike, enologe, raziskovalce, študente, združenja, društva, zavode, nevladne organizacije, javno upravo, potrošnike, skratka vse, ki imajo neposredno ali posredno vlogo v vrednostni verigi. Po drugi strani je igralec (oziroma akter) kot tip deležnika pravni subjekt, kot so na primer raziskovalne organizacije, ustanove, vinske kleti in podobno. V platformo VINEAS se torej registrirajo posamezni deležniki, ki imajo znotraj svojega profila (zavihek: moja nadzorna plošča; slika 5) nato v nadaljevanju možnost nastavitve igralca, kar

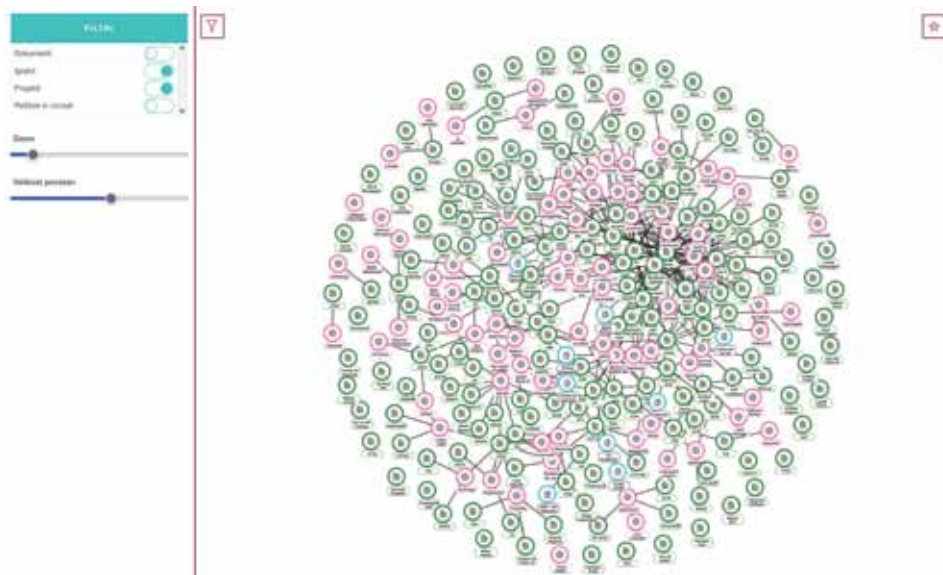
praviloma predstavlja posameznikovo krovno ustanovo, obrt in tako dalje.

Vsi deležniki platforme lahko delijo svoje izkušnje in znanje s svojimi dokumenti (na primer objavami, poročili, uredbami, video zapisi, zbirkami podatkov in tako dalje) ter na ta način tvorijo skupno bazo podatkov, ki je brezplačno dostopna tudi širši javnosti. Posamezni igralci s pridom delijo svoje tekoče ali pretekle projekte, kar povečuje njihovo prepoznavnost in možnost mreženja z drugimi. Na spletni strani je moč najti koledar dogodkov, ki zajema vse pomembne prihajajoče kot tudi pretekle dogodke na območju celotnega Sredozemlja. Vsak od registriranih uporabnikov ima tudi možnost objave ali deljenja novic, tako da platforma na ta način zagotavlja najnovejše informacije iz sveta trte in vina. Posebna vrsta omenjenih podatkov, ki omogoča pregled različnih krajevnih pobud in preizkušenih prilagoditvenih strategij, pa so tako imenovane rešitve in vzvodi in zajemajo nekatere splošne, pa tudi posebne odgovore na izzive podnebnih sprememb. Teh šest vrst zgoraj omenjenih podatkov se med seboj prepleta na podlagi mapiranja medsebojnih pove-

zav (angleško *Relational Network Mapping*), kar pomeni, da lahko na primer za vsakega igralca na vsakem koraku ugotovimo, s katerimi projekti ali dogodki je povezan, ali pa na primer katere ustanove in posamezniki sodelujejo znotraj kakega projekta ali dogodka (slika 6).

Biti seznanjen z dogodki in aktivnostmi v regiji je pomembna prednost, ki omogoča hitrejšo vključevanje v izbrane partnerske mreže, obstoječe raziskovalne in aplikativne projekte ali pobude za nova sodelovanja. Zahvaljujoč geolociranju in umestitvi igralcev in njihovih projektov na zemljevid Sredozemlja je iskanje dolgoletnih in možnih bodočih partnerjev s pomočjo VINEAS še hitrejše in enostavnejše. VINEAS namreč omogoča igralcem vinskega in vinogradniškega sektorja, da na njihovi predstavitveni strani brezplačno predstavijo svoje poslanstvo in aktivnosti in se na ta način predstavijo tako krajevno kot tudi mednarodno. Za lažje iskanje zelenih informacij in enostavnejšo navigacijo med vsebinami na platformi pa skrbi zmogljivi iskalnik z možnostjo filtriranja rezultatov. VINEAS ponuja slehernemu možnost, da poišče odgo-

Slika 6: Ponazarjalni prikaz trenutne mreže vseh igralcev (akterjev) in projektov podatkovne baze VINEAS.



vore na vprašanja, ki jih ima o vinski trti in vinu ter podnebnih spremembah, ali pa predstavi svoje vprašanje oziroma pogled na problem, ki ga zanima. Uporabnost in uspešnost VINEAS je v večji meri zagotovljena s številom in motiviranostjo njenih uporabnikov, ki v ekosistemu trte in vina dejavno širijo svoje znanje in dajejo pobude za nove inovativne projekte in različne dogodke. Preverite sami, kaj VINEAS predstavlja in kaj omogoča. Pridružite se boju proti podnebnim spremembam v sektorju trte in vina ter postanite del ekosistema. Registrirajte se na <https://www.vineas.net/si/register> in se povežite z bazo znanja. Več informacij v zvezi s projektom MEDLCIV in platformo VINEAS na Medcliv.Slovenija@ki.si.

Literatura:

- Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Caffarra, A., De Filippi, R., Furlanello, R., 2019: *The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. Agricultural and Forest Meteorology*, 271: 73–82
- Ashenfelter, O., Storchmann, K., 2010: *Measuring the economic effect of global warming on viticulture using auction, retail, and wholesale prices. Review of Industrial Organization*, 37: 51–64.
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., Miglietta, F., 1996: *Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. Climate Research*, 7: 213–224.
- Eccel, E., Zollo, A. L., Mercogiano, P., Zorer, R., 2016: *Simulations of quantitative shift in bio-climatic indices in the viticultural areas of Trentino (Italian Alps) by an open source R package. Computers and Electronics in Agriculture*, 127: 92–100.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Santos, J. A., 2013a: *Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. International Journal of Biometeorology*, 1–17. doi: 10.1007/s00484-012-0617-8.
- Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Santos, J. A., 2018: *Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. Agricultural Water Management*, 196: 66–74.
- Hannab, L., Roebranz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, P. A., Hijmans, R. J., 2013: *Climate change, wine, and conservation. PNAS*, April 8, 110 (17) 6907–6912; <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., Storchmann, K., 2005: *Climate change and global wine quality. Climatic Change*, 73: 319–343.
- Jones, G. V., 2006: *Climate and terroir: impacts of climate variability and change on wine*, 1–14, v: Macqueen, R. W., Meinert, L. D., ur., *Fine wine and terroir – the geoscience perspective. Geoscience Canada, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, Canada.*
- Koundouras, S., van Leeuwen, C., Seguin, G., Glories, Y., 1999: *Influence of water status on vine vegetative growth, berry ripening and wine characteristics in mediterranean zone (example of Nemea, Greece, variety Saint-George, 1997). Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 33: 149–160.
- Malheiro, A. C., Santos, J. A., Fraga, H., Pinto, J. G., 2010: *Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. Climate Research*, 43: 163–177.
- Moriondo, M., Bindi, M., 2007: *Impact of climate change on the phenology of typical mediterranean crops. Italian Journal of Agrometeorology*, 3: 5–12.
- Moriondo, M., Bindi, M., Fagarazzi, C., Ferrise, R., Trombi, G., 2011: *Framework for high-resolution climate change impact assessment on grapevines at a regional scale. Regional Environmental Change*, 11: 553–567. DOI 10.1007/s10113-010-0171-z.
- Moriondo, M., Jones, G. V., Bois, B., Dibari, C., Ferrise, R., Trombi, G., Bindi, M., 2013: *Projected shifts of wine regions in response to climate change. Climatic Change*, 119: 825–839. DOI 10.1007/s10584-013-0739-y.
- Mosedale, J. R., Wilson, R. J., Maclean, I. M. D., 2015: *Climate Change and Crop Exposure to Adverse Weather: Changes to Frost Risk and Grapevine Flowering Conditions. PLoS ONE*, 10: e0141218.
- Orduna, R. M., 2010: *Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Food Research International*, 43: 1844–1855.
- Santillán, D., Sotés, V., Iglesias, A., Garrote, L., 2019: *Adapting viticulture to climate change in the Mediterranean region: Evaluations accounting for spatial differences in the producers-climate interactions. Edited by Jean-Marie Aurand. BIO Web of Conferences*, 12: 01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191201001>.
- Tate, B., 2001: *Global Warming's Impact on Wine. Journal of Wine Research*, 12 (2), 95–109.
- van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoate, O., Koundouras, S., Dubordieu, D., 2004: *Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. American Journal of Enology and Viticulture*, 55: 207–217.
- van Leeuwen, C., Darriet, P., 2016: *The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. Journal of Wine Economics*, 11 (1): 15067. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>.

van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., 2017: *Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. Oeno One, 51 (2).*

van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., de Rességuier, L., Ollat, N., 2019: *An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. Agronomy, 9: 514.*

Webb, L. B., Whetton, P. H., Bbend, J., Darbyshire, R., Briggs, P. R., Barlow, E. W. R., 2012: *Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. Nature Climate Change, 2: 259–264.*

Weiler, C. S., Merkt, N., Hartung, J., Graeff-Honninger, S., 2019: *Variability among Young Table Grape Cultivars in Response to Water Deficit and Water Use*

Efficiency. Agronomy, 9: 135.

White, M. A., Diffenbaugh, N. S., Jones, G. V., Pal, J. S., Giorgi, F., 2006: *Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103: 11217–11222.*



Dr. Alen Albreht pribaja s Kemijskega inštituta, kjer že vrsto let dela kot raziskovalec na področju biološko aktivnih spojin, ki pozitivno vplivajo na zdravje človeka. Vodi in sodeluje pri več nacionalnih in evropskounijskih projektih, večkrat pa je bil tudi že mentor doktorskim študentom, dodiplomskim študentom in dijakom. Predvsem ga zanimajo mehanizmi delovanja naravnih procesov na molekularni ravni in pretvorbe biološko aktivnih spojin, s katerimi izboljšamo njihove lastnosti uporabo v praksi. V sklopu projekta MEDCLIV ima povezovalno vlogo med različnimi deležniki vrednostne verige trte in vina, ki se borijo proti posledicam podnebnih sprememb.



Dr. Katerina Naumoska je zaposlena kot znanstvena sodelavka v Laboratoriju za prehrabeno kemijo (Odseku za analizo kemijo) na Kemijskem inštitutu. Njene ekspertize in raziskovalna zanimanja vključujejo analizo kemijo živil in naravnih produktov, kromatografijo in masno spektrometrijo, živila in embalažo za živila, užitne žuželke, izlužke in ekstraktante, migracije polimernih aditivov in bioaktivnih spojin v hrano in modelne raztopine za živila ter analizo zdravil. Sodelovala je pri več različnih slovenskih in evrounijskih projektih, med katere sodi tudi projekt MEDCLIV. Njena bibliografija obsega 15 člankov v recenziranih revijah in 48 drugih znanstvenih prispevkov.

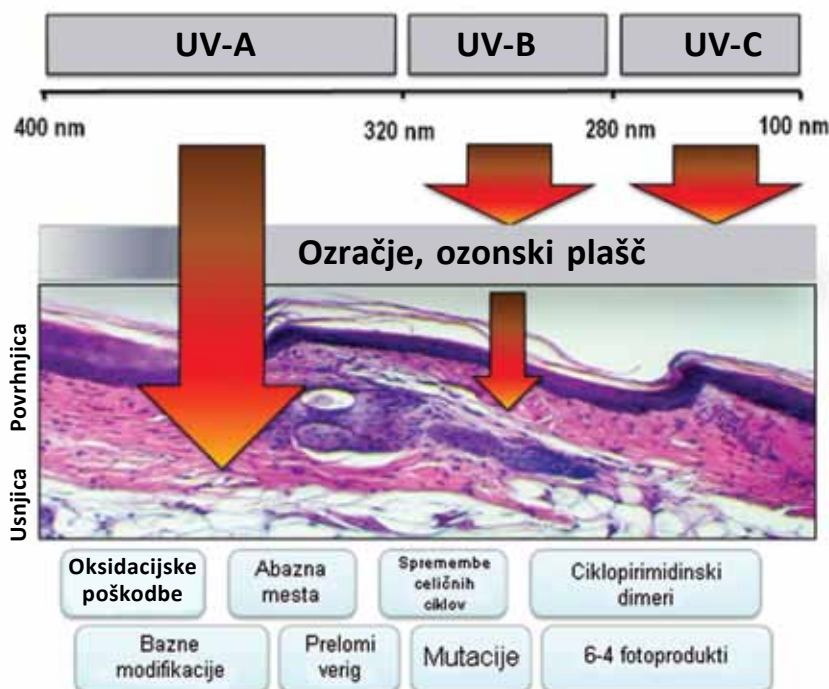
Vpliv kreme za sončenje na sintezo vitamina D

Anja Nagode

Ob lepem vremenu se ljudje radi zadržujemo zunaj. S sončnimi dnevi med drugim povezujemo vitamin D, saj njegova sinteza poteka pri izpostavitvi kože Sončevi svetlobi, natančneje, ultravijoličnemu B sevanju (Kannan in Lim, 2014). Vitamin D sodeluje pri metabolizmu kalcija in fosforja ter ima pomembno vlogo pri ohranjanju zdrave kosti (Shahriari in sodelavci, 2010). Po drugi strani je ultravijolično sevanje močno rakotvorno, povzroča akutno vnetje oziroma rdečico kože, z zakasnitvijo pa uravnava sintezo melanina (D'Orazio in sodelavci, 2013). Pred negativnimi učinki sevanja se najpogosteje zaščitimo s kremo za sončenje.

Ker takšna zaščita preprečuje prodiranje sevanja UV-B v kožo, se zastavlja vprašanje, ali ima krema za sončenje negativni učinek na sintezo vitamina D ter ali lahko zaradi njene uporabe posameznik trpi za pomanjkanjem tega vitamina (Young in sodelavci, 2019).

Naš odnos do Sončeve svetlobe se je zaradi vedno bolj poglobljenega znanja o njenih učinkih spreminjal. Na začetku dvajsetega stoletja so znanstveniki prvič ugotovili povezavo med izpostavljenostjo Sončevi svetlobi in razvojem raka. S pojmom svetloba ljudje poimenujemo spekter elektromagnetnega



valovanja, katerega le del je viden s prostim očesom (Dupont in sodelavci, 2013). Del spektra predstavljajo ultravijolični fotoni z valovno dolžino od 100 do 400 nanometrov. Njihova valovna dolžina je krajša od vidne svetlobe in daljša od rentgenskega sevanja. Natančneje lahko ultravijolično sevanje razdelimo na UV-A, UV-B in UV-C (D'Orazio in sodelavci, 2013). Sevanje UV-A z valovno dolžino od 315 do 400 nanometrov in posledično najmanjšo energijo predstavlja večinski delež ultravijoličnega sevanja, ki doseže Zemljino površje (Dupont in sodelavci, 2013). Fotoni, ki predstavljajo sevanje UV-C, imajo najkrajšo valovno dolžino (od 100 do 280 nanometrov) in tako najvišjo energijo. Zaradi absorpcije v ozonskem plašču le majhen delež fotonov UV-C doseže Zemljo (D'Orazio in sodelavci, 2013). Zadnja podskupina ultravijoličnega sevanja, UV-B, je delno absorbirana v ozonskem plašču, njene valovne dolžine so od 280 do 315 nanometrov (Dupont in sod., 2013). Vsaka sestavina ultravijoličnega sevanja ima drugačni biološki učinek, saj glede na valovno dolžino prodira različno globoko v kožo (D'Orazio in sodelavci, 2013).

Koža je največji organ človeškega telesa. Sestavljena je iz treh glavnih plasti, povrhnjice (epidermisa), usnjice (dermisa) in podkožja (subkutisa) (D'Orazio in sodelavci, 2013). Povrhnjica predstavlja najbolj zunanji sloj kože, ki je stalno v stiku z okoljem. Ima ključno vlogo pri zaščiti telesa pred škodljivimi okoljskimi dejavniki, kot so patogeni, kemične spojine in ultravijolično sevanje. Največja skupina celic v povrhnjici so keratinocite (Lai-Cheong, McGrath, 2021; D'Orazio in sodelavci, 2013). Srednji sloj, usnjica, vključuje različne strukture, kot so lasni mešički, živci, imunske celice, žleze lojnice in žleze znojnice. Usnjica vsebuje tudi vlakna kolagena, elastina in elastičnih mikrofibril, ki so produkti fibroblastov. Različne podskupine v populaciji tega celičnega tipa pripomorejo k homeostazi kože, celjenju ran ter oblikovanju brazgotin in

lasnih mešičkov. Najbolj notranji sloj kože je podkožje, ki je sestavljeno iz maščobnih celic (Lai-Cheong, McGrath, 2021).

Poleg tega, da keratinocite služijo kot fizična prepreka, je njihova vloga tudi kopičenje melanina. Melanin v povrhnjici preprečuje ultravijolični svetlobi prodiranje v kožo. Melanin sam sicer ni produkt keratinocit, sintetizirajo ga melanocite, nato pa ga transportni vezikli – melanosomi – prenesejo do keratinocit. Tam se kopiči v perinuklearnem prostoru (prostoru med notranjo in zunanjo jedro membrano) in tako služi kot »ščit«, ki varuje DNA pred ultravijoličnimi žarki (D'Orazio in sodelavci, 2013; Brenner in Hearing, 2008).

Melanin obstaja v dveh glavnih kemičnih oblikah. Evmelanin, temni pigment, ki zagotavlja visoko zaščito pred ultravijoličnimi žarki, ter feomelanin, svetlejši pigment, ki prevladuje pri ljudeh s svetlim tipom kože in las. Več kot koža vsebuje evmelanina, bolje je zaščiten pred ultravijoličnim sevanjem. Obe različici izvirata iz aminokislone tirozin. Encim tirozinaza katalizira korak v metabolni poti, ki določa količino nastalega melanina. Okvara tega encima povzroča albinizem (D'Orazio in sodelavci, 2013). Uravnalni mehanizmi, ki sprožijo nastanek melanina, so zapleteni in še ne popolnoma raziskani. Do sedaj pridobljeni podatki kažejo, da signalizacijo, ki aktivira melanogenezo, sprožijo poškodbe DNA in/ali popravljalni mehanizmi, ki te poškodbe poskušajo popraviti (Brenner in Hearing, 2008).

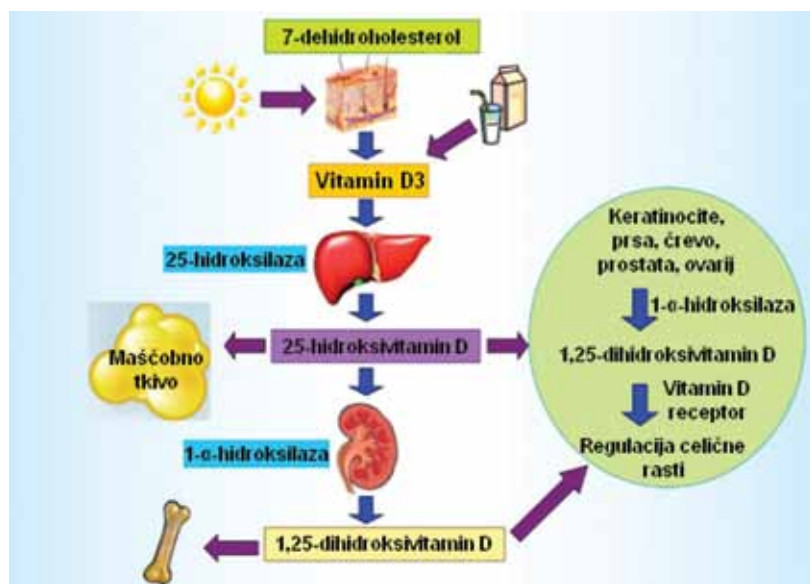
Mehanizmi poškodb, ki jih povzroča ultravijolična svetloba, so izjemno zapleteni. V grobem lahko učinek ultravijoličnega sevanja razdelimo v neposredne in posredne poškodbe DNA. Sevanje UV-B povzroča nastanek dimernih fotoproduktov med dvema sosednjima primidinskima bazama na eni verigi DNA. Glavni tip poškodbe je nastanek CPD (*cyclobutane pyrimidine dimer*) (Ichihashi in sodelavci, 2003). Posledice tvorbe dimerov so rdečica kože, zmanjša-

no delovanje imunskega sistema in mutacije (Vink in Roza, 2001). Med posredne poškodbe uvrščamo nastanek prostih kisikovih radikalov, ki lahko povzročijo dvojni prelom DNA. Nalaganje poškodb v celici pripelje do apoptoze (programirane celične smrti) ali nastanka rakastih celic (Solano, 2020).

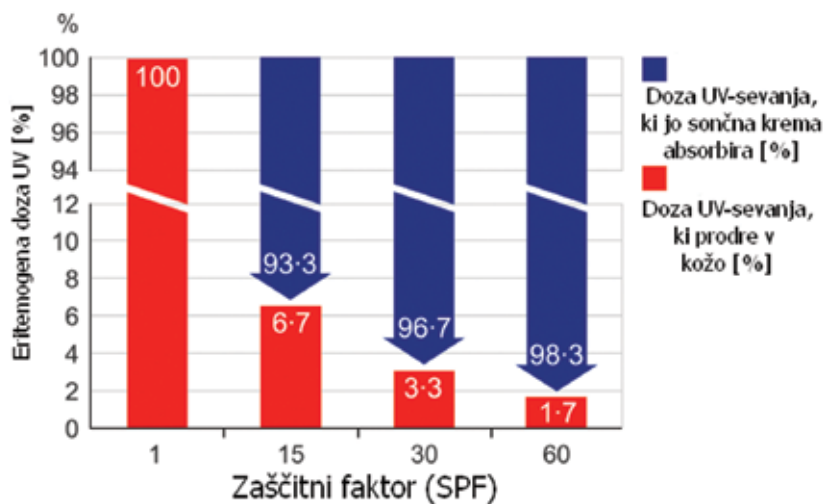
Zaradi resnih poškodb, ki jih povzroča ultravijolična svetloba, imajo celice razvite mnoge mehanizme, ki skrbijo za popravila DNA. Pomemben mehanizem v sesalskih celicah je NER (*nucleotide excision repair*, popravljanje z izrezom nukleotidov). Je zelo kompleksen mehanizem, ki vključuje več kot trideset genov, sestavljen pa je iz petih korakov. Mehanizem zazna poškodbo v DNA in najprej izreže regije, ki ležijo ob poškodbi. Sledi izrez poškodovane DNA ter sinteza nove verige. V zadnjem koraku encimi ligaze združijo nov fragment s preostalo verigo (Ichihashi in sodelavci, 2003).

Ultravijolično sevanje nima le negativnih učinkov. Deluje protimikrobno, povzroča celjenje ran in sintezo aktivnih spojin v koži (Solano, 2020). Ko smo izpostavljeni Sončevi svetlobi, ultravijolični del spektra spodbuja sintezo vitamina D v naši koži.

Vitamin D je v resnici steroidni prehormon, ki je topen v maščobah (Feketea in sodelavci, 2021) (prehormon je neaktivna ali malo aktivna predstopnja hormona, ki se aktivira z ustreznim encimom). Ljudje ga lahko pridobimo s prehrano ali lastno sintezo v koži. V živilih ga je razmeroma malo. Obstajata dve glavni obliki, in sicer vitamin D₂ (ergokalciferol), ki je v hrani rastlinskega izvora, ter vitamin D₃ (holekalciferol), ki ga lahko pridobimo z uživanjem hrane živalskega izvora ter z lastno sintezo v koži (Shahriari in sodelavci, 2010; Feketea in sodelavci, 2021). S prehrano pridobimo le 20 odstotkov vitamina D, 80 odstotkov ga pridobimo, ko smo izpostavljeni sevanju UV-B (Sassi in sod., 2018). Fotoprodukcija vitamina D₃ se začne s sintezo sterolnega provitamina, ki se imenuje 7-dehidroholesterol. V večini vretenčarjev, kamor sodimo tudi ljudje, se 7-dehidroholesterol v velikih količinah sintetizira v koži, kjer se vgradi v membrano celic. Ko je koža izpostavljena Sončevi svetlobi, 7-dehidroholesterol absorbira ultravijolično sevanje, kar povzroči prekinitev kemijskih vezi znotraj molekule in njihovo prerazporejanje. Tako nastane previtamin D₃, ki se



Poenostavljeni prikaz biosintezne poti vitamina D. Privrejeno po Kannanu in Limu, 2014.



Grafični prikaz absorpcije ultravijoličnega sevanja pri različnih zaščitnih faktorjih.

Prerejeno po Reinau in sodelavci, 2015.

zaradi toplote pretvori v vitamin D₃ (Tsiraras, Weinstock, 2011). Sledi hidroksilacija v jetrih, kjer nastane biološko aktivna učinkovina 25(OH)D₃. V zadnjem koraku pride še do hidroksilacije v ledvicah in drugih organih. Rezultat obeh pretvorb je polno aktivna oblika 1,25(OH)₂D₃. Na enak način se v jetrih in ledvicah pretvori tudi vitamin D₂ (Feketea in sod., 2021). Poleg uravnavanja homeostaze kalcija in fosforja, ki je pomembna za pravilno rast in ohranjanje zdravih kosti, vitamin D uravnava prirojeni in pridobljeni imunski sistem. Veliko raziskav tudi kaže, da sodeluje pri zapletenem odnosu med mikrobioto (mikrobno floro) in imunskim sistemom prebavitel ter pri uravnavanju avtoimunskih bolezni (Sassi in sod., 2018; Feketea in sodelavci, 2021).

Zaradi vedno večje ozaveščenosti o negativnih učinkih ultravijoličnega sevanja vse več ljudi posega po zaščiti, kot je krema za sončenje. Kljub naravni zaščiti, ki jo predstavlja melanin, pa ta predvsem pri ljudeh s svetlo kožo (kjer je prevladujoč feomelanin) ni zadostna. Uporaba kreme za sončenje kot dodatne zaščite je nujna metoda fotozaščite (zaščite pred negativnimi učinki ultravijoličnega sevanja). Odvisno od sestavin v kremi lahko ta svetlobo odbija ali absorbira. Kakšno zaščito nam ponuja, je določeno z

dvema parametroma. Prvi je zaščitni faktor pred Soncem (*sun protection factor*, SPF), ki neposredno meri, kakšno zaščito ponuja krema pred opeklinami (eritemi), ki jih povzroča ultravijolična svetloba. Faktor označuje količino svetlobe UV-B, ki jo krema lahko blokira (Solano, 2020). Krema za sončenje, označena z zaščitnimi faktorji 15, 30 ali 50+, absorbira 93,3 odstotka, 96,7 odstotka ali 98,3 odstotka sevanja UV-B, ki povzroča opekline. Kljub na videz majhnim razlikam v odstotkih, ki kažejo, kako dobro krema blokira ultravijolično sevanje, je bistveni podatek v resnici količina sevanja UV-B, ki kljub vsemu prodre v kožo. Količina sevanja UV-B se pri uporabi kreme z zaščitnim faktorjem 30 v primerjavi z uporabo kreme z zaščitnim faktorjem 15 razpolovi, kar gotovo ni zanemarljivo (Reinau in sodelavci, 2015). Ker tudi druge valovne dolžine, kot so UV-A, modra svetloba ter tudi infrardeča svetloba, podirajo v človeško kožo, so v kozmetični industriji uvedli še parameter, ki označuje stopnjo zaščite, ki jo krema omogoča proti sevanju UV-A (označeno s PA+ do PA++++, pri čemer PA++++ ponuja večjo stopnjo zaščite) (Solano, 2020).

Količina sevanja UV-B, ki jo absorbira koža, določa status vitamina D pri posamezniku. Ker krema za sončenje blokira ta del

spektra, se je znanstvenikom začelo porajati vprašanje, ali uporaba kreme za sončenje negativno vpliva na status vitamina D. Feketea in sodelavci (2021) so se v svoji raziskavi spopadli z omenjenim problemom. V grškem mestu Amaliada so naredili trinajstmesečni poskus (od septembra leta 2018 do konca septembra leta 2019), v katerega je bilo vključenih 376 otrok moškega in ženskega spola, starih od enega do osemnajst let. Vsi osebkovi so bili zdravi. Z vsakim posameznikom oziroma njihovimi starši so raziskovalci opravili tudi obsežen razgovor o navadah uporabe kreme za sončenje in zadrževanju zunaj hiše.

Status vitamina D so Feketea in sodelavci (2021) določili z meritvijo koncentracij 25(OH)D v krvnem serumu (tekočem delu krvi, ki so mu odstranili krvne celice in dejavnike strjevanja krvi). Opredelili so razpon koncentracij 25(OH)D, ki so kazale na pomanjkanje (<20 ng/mL), primanjkljaj (20–30 ng/mL) in zadostnost (>30 ng/mL) tega vitamina.

Študija je pokazala, da za pomanjkanjem vitamina D pogosto trpijo tudi prebivalci območij z bolj sončnim vremenom, kot je Grčija. Opazili so, da se je z višjo starostjo koncentracija 25(OH)D v serumu nižala. Prav tako so se pokazala sezonska nihanja sinteze 25(OH)D. Raziskovalci so tako razdelili mesece v dva razreda, glede na večje (od maja do oktobra) ali nižje (od novembra do aprila) število sončnih dni. Podobno močno sezonsko nihanje so opazili raziskovalci tudi v Sloveniji. V podaljšani zimi (od novembra do aprila) so primanjkljaj vitamina D zabeležili pri skoraj 80 odstotkih udeležencev v raziskavi (udeleženci raziskave so bili stari od 18 do 74 let) (Hribar in sod., 2020).

Feketea in sodelavci (2021) so prišli do na prvi pogled nasprotnih rezultatov, kot bi jih marsikdo pričakoval. Analize serumov otrok so pokazale, da imajo tisti, ki so uporabljali kremo za sončenje na plaži in zunaj nje, višjo koncentracijo 25(OH)D kot tisti, ki

kreme za sončenje niso uporabljali. Znanstveniki so domnevali, da se otroci, ki uporabljajo kremo za sončenje, zunaj zadržujejo dlje časa oziroma njihov življenjski slog vključuje več aktivnosti na prostem. Po analizi vseh pridobljenih podatkov so Feketea in sodelavci (2021) ugotovili, da krema za sončenje v realnem življenju nima vpliva na sintezo vitamina D v sončnih mesecih (nihče izmed udeležencev raziskave kreme za sončenje ni uporabljal med manj sončnimi meseci, torej od novembra do aprila).

Kljub temu, da so tudi druge raziskave potrdile, da uporaba kreme za sončenje nima negativnega učinka na sintezo vitamina D, se je treba zavedati kompleksnosti problema in omejitev takšnih raziskav (Passeron in sodelavci, 2019). Feketea in sodelavci (2021) v študiji niso mogli natančno določiti, kakšno količino kreme za sončenje posameznik nanese ter kolikokrat ponovi nanos med zadrževanjem na prostem. Večina ljudi kreme ne nanese v zadostni količini, prav tako tudi ne dovolj pogosto. Po mnenju nekaterih znanstvenikov je tudi to eden od razlogov, zaradi katerega krema za sončenje nima vpliva na sintezo vitamina D. Količina sevanja UV-B, ki sproži sintezo optimalne koncentracije vitamina, še ni dobro opredeljena. Več študij pa je pokazalo, da delež sevanja, ki kljub uporabi kreme za sončenje prodre v kožo, sproži nastanek zadostne količine vitamina D. Raziskave kažejo tudi na to, da druge vrste zaščite pred Soncem, kot je zadrževanje v senci in nošenje oblačil z dolgimi rokavi, v večji meri vplivajo na pomanjkanje vitamina D kot kreme za sončenje (Passeron in sodelavci, 2019). Uveljavljena splošna priporočila tako trenutno spodbujajo uporabo kreme za sončenje (predvsem v mesecih z večjim številom sončnih dni) ter uživanjem prehranskih dodatkov vitamina D v mesecih podaljšane zime (Feketea in sodelavci, 2021).

Literatura:

- Brenner, M., Hearing, V. J., 2008: *The Protective Role of Melanin Against UV Damage in Human Skin. Photochemistry and Photobiology*, 84 (3): 539–549, doi: 10.1111/j.1751-1097.2007.00226.x.
- D'Orazio, J., Jarrett, S., Amaro-Ortiz, A., Scott, T., 2013: *UV Radiation and the Skin. International Journal of Molecular Sciences*, 14 (6): 12222–12248, doi: 10.3390/ijms140612222.
- Dupont, E., Gomez, J., Bilodeau, D., 2013: *Beyond UV Radiation: A Skin Under Challenge. International Journal of Cosmetic Science*, 35 (3): 224–232, doi: 10.1111/ics.12036.
- Feketea, G. M., Bocsan, I. C., Tsiros, G., Voila, P., Stanciu, L. A., Zdrenghea, M., 2021: *Vitamin D Status in Children in Greece and its Relationship with Sunscreen Application. Children*, 8 (2): 1–11, doi: 10.3390/children8020111.
- Hrihar, M., Hristov, H., Gregorič, M., Blaznik, U., Zaletel, K., Oblak, A., Osredkar, J., Kušar, A., Žmitek, K., Rogelj, I., Pravst, I., 2020: *Nutrihealth study: Seasonal Variation in Vitamin D Status Among the Slovenian Adult and Elderly Population. Nutrients*, 12 (6): 1–17, doi: 10.3390/nu12061838.
- Ichibashi, M., Ueda, M., Budiyo, A., Bito, T., Oka, M., Fukunaga, M., Tsuru, K., Horikawa, T., 2003: *UV-Induced Skin Damage. Toxicology*, 189 (1–2): 21–39, doi: 10.1016/S0300-483X(03)00150-1.
- Kannan, S., Lim, H. W., 2014: *Photoprotection and Vitamin D: A Review. Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine*, 30 (2–3): 137–145, doi: 10.1111/phpp.12096.
- Lai-Cheong, J. E., McGrath, J. A., 2021: *Structure and Function of Skin, Hair and Nails. Medicine (United Kingdom)*, 49 (6): 337–342, doi: 10.1016/j.mpmed.2021.03.001.
- Passeron, T., Bouillon, R., Callender, V., Cestari, T., Diepgen, T. L., Green, A. C., van der Pols, J. C., Bernard, B. A., Ly, F., Bernerd, F., Marrot, L., Nielsen, M., Verschoore, M., Jablonski, N. G., Young, A. R., 2019: *Sunscreen Photoprotection and Vitamin D Status. British Journal of Dermatology*, 181 (5): 916–931, doi: 10.1111/bjd.17992.
- Reinaw, D., Osterwalder, U., Stockfleth, E., Surber, C., 2015: *The Meaning and Implication of Sun Protection Factor. British Journal of Dermatology*, 173 (5): 1345, doi: 10.1111/bjd.14015.
- Sassi, F., Tamone, C., D'Amelio, P., 2018: *Vitamin D: Nutrient, Hormone, and Immunomodulator. Nutrients*, 10 (11): 1–14, doi: 10.3390/nu10111656.
- Sbabriari, M., Kerr, P. E., Slade, K., Grant-Kels, J. E., 2010: *Vitamin D and the Skin. Clinics in Dermatology*, 28 (6): 663–668, doi: 10.1016/j.cclindermatol.2010.03.030.
- Solano, F., 2020: *Photoprotection and Skin Pigmentation: Melanin-related Molecules and Some Other New Agents Obtained from Natural Sources. Molecules*, 25 (7): 1–18, doi: 10.3390/molecules25071537.
- Tsiaras, W. G., Weinstock, M. A., 2011: *Factors Influencing Vitamin D Status. Acta Dermato-Venerologica*, 91 (2): 115–124, doi: 10.2340/00015555-0980.
- Vink, A. A., Roza, L., 2001: *Biological Consequences of Cyclobutane Pyrimidine Dimers. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 65 (2–3): 101–104, doi: 10.1016/S1011-1344(01)00245-7.
- Young, A. R., Narbutt, J., Harrison, G. I., Lawrence, K. P., Bell, M., O'Connor, C., Olsen, P., Grys, K., Baczynska, K. A., Rogowski-Tylman, M., Wulf, H. C., Lesiak, A., Philipsen, P. A., 2019: *Optimal Sunscreen Use, During a Sun Holiday with a Very High Ultraviolet Index, Allows Vitamin D Synthesis Without Sunburn. British Journal of Dermatology*, 181 (5): 1052–1062, doi: 10.1111/bjd.17888.



Anja Nagode je študentka 3. letnika biotehnologije na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Že v otroštvu jo je zanimalo naravoslovje, kar je kasneje pripomoglo k njeni izbiri študija. V prostem času rada bere knjige ali pa uživa v druženju na prostem.

Franc Unger, prvorojenec Mariborčanke, odkrije globalno segrevanje

Ob dvestoletnici rojstva njegovega najboljšega študenta Gregorja Mendla

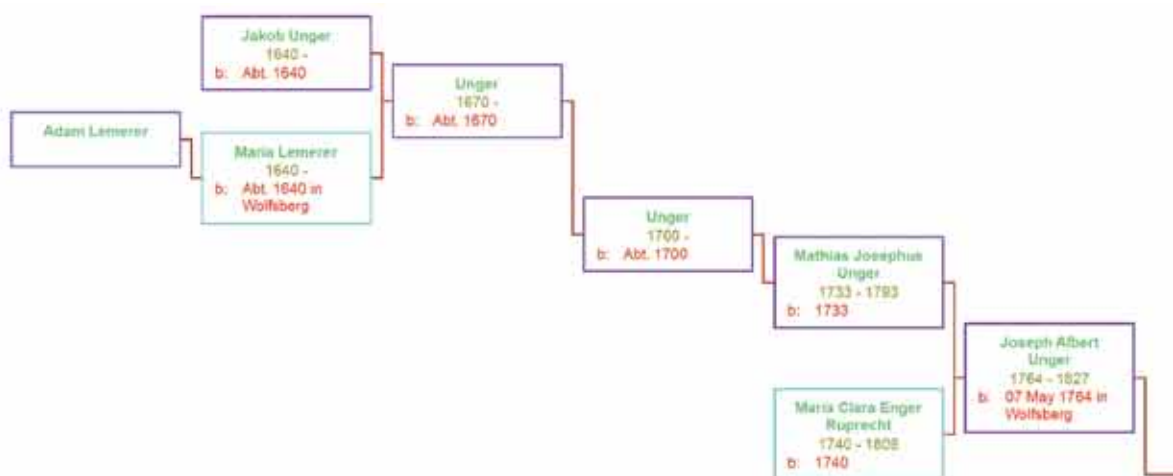
Stanislav Južnič

Predstavljamo vodilno vlogo habsburških Slovencev pri raziskovanju podnebnih sprememb. Mariborske matere niso rodile zgolj slovitega Hermana Potočnika Noordunga (1892-1929), temveč tudi začetnika raziskav toplogrednih pojavov Franca Ungerja (1800-1870). Vnuk mariborskega mestnega mojstra peka Franc Unger je preučeval globalno segrevanje. Njegove ideje o antropogenih spremembah ozračja zaradi industrijskih toplogrednih plinov veljajo še danes. Nevidne grožnje globalnih podnebnih sprememb so v 19. stoletju vstopile v vsakdanje

življenje skupaj z drugimi skritimi in sprva tudi nemerljivimi pojavi, kot so atomi, bacili in kmalu celo virusi. Slovenci smo pri tem imeli odločilno vlogo.

Francoska povezava za globalno segrevanje

Zamisel tople grede je zasnoval opat Edme Mariotte (1620-1684) – med drugim si je dopisoval s filozofom Gotfriedom Wilhelmom Leibnizem (1646-1716) – več kot stoletje pred drugimi znanimi Evropejci. Danes Mariotta poznamo predvsem po zakonu



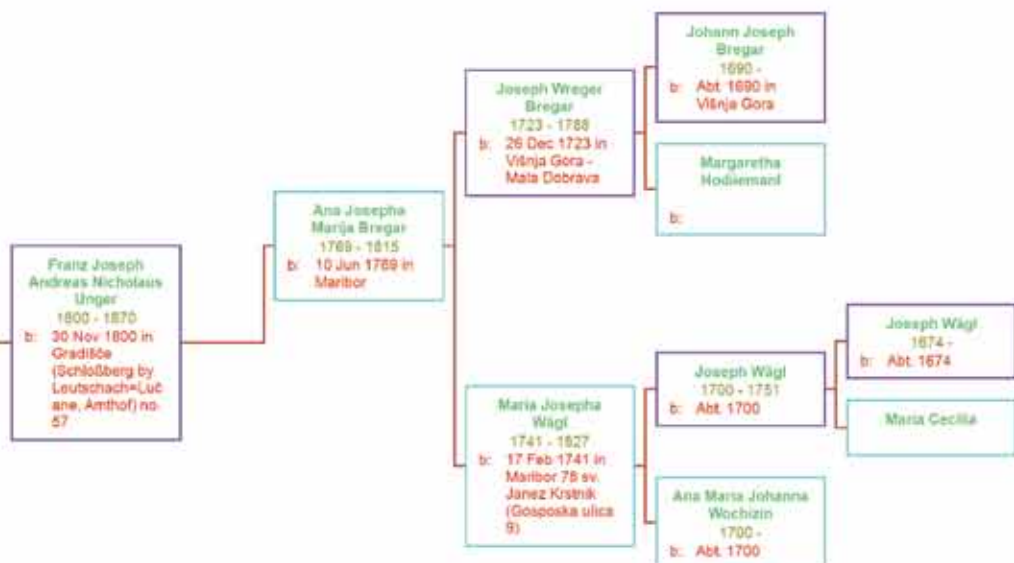
idealnega plina. Sončeva svetloba in toplota sta zlahka prehajali skozi Mariottovo stekleno ploščo in druge prozorne snovi, šibkejša toplota iz sveč in drugih umetnih virov pa ne: zato se topla greda greje, si je mislil vrli Mariotte. Seveda ni povsem uganil, v katerem grmu leži zajec, saj so komaj stoletje pozneje zahodnjaki začeli meriti infrardeče žarke: steklo jih namreč stežka prepusti, zato se pod njim osvetljeno telo segreje, ker ogreto telo seva prav te žarke, ki pa trmasto nočejo iz tople grede.

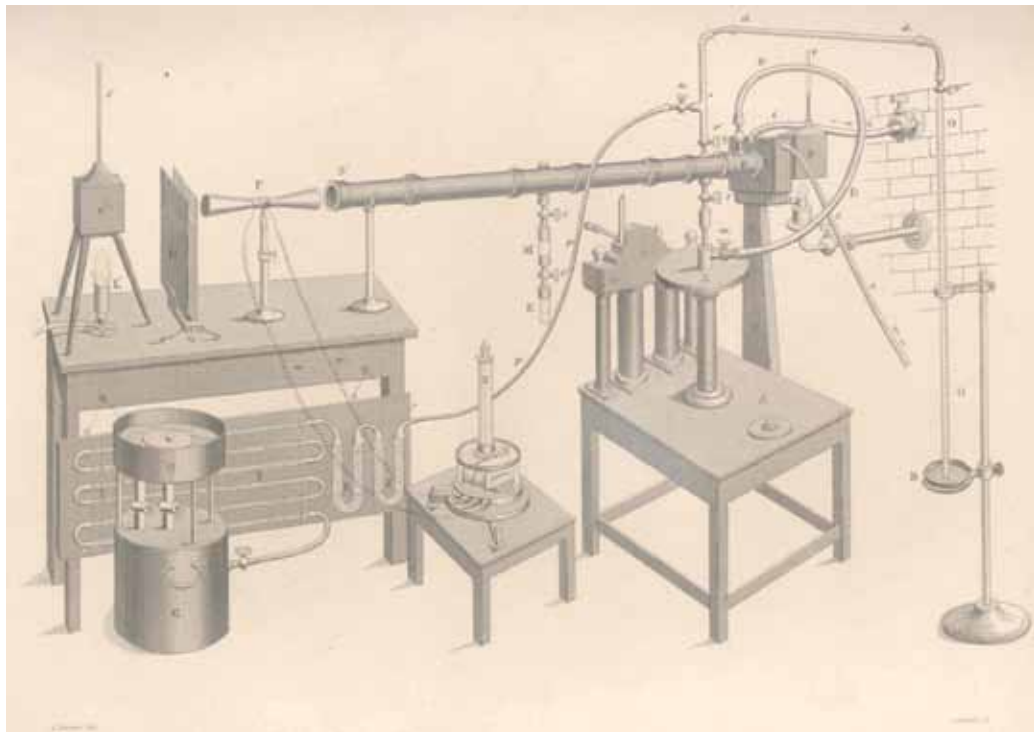
Idejam ogrevanja s Sončevimi žarki je sledil Mariottov sočlan Francoske akademije znanosti Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651-1708), ki si je med študijem prav tako dopisoval z Leibnizem. Za svojega gospodarja, poljskega kralja, je Tschirnhaus vliil velike leče s premerom 76 centimetrov, da je v glinastem loncu lahko zavrel vodo, kot prvi Evropejec pa je izdelal tudi porcelan.

Toplo gredo kot segreto škatlo so uporabljali kot opremo za kuhanje in sušenje, veliko preden so zahodnjaki tovrstno idejo industrializirali. Švicar Horace Bénédicte de Saussure (1740-1799) je zelo dobro izolirano leseno škatlo znotraj pobarval črno, s tre-

mi plastmi stekla v pokrovu pa je preprečil toplotno sevanje navzven. Na Mont Blancu mu je Sonce segrelo notranjost prve zahodnjaške sončne pečice do 110 stopinj Celzija. Steklo prepušča Sončeve žarke, vendar upočasni hitrost uhajanja toplote. Saussurjev sodobnik, francoski meteorolog in geograf Marcellin Ducarla-Bonifas (1738-1816), je tovrstnim napravam dodal zrcala in poročal o uspešnem enournem kuhanju mesa.

Joseph Fourier (1768-1830) ni uspel analitično pravilno opisati toplotnega ravnovesja med površino Zemlje in njenim ozračjem tudi zato, ker je napačno domneval, da je nizka temperatura na tečajih enaka zunanjim temperaturam v oddaljenih kozmičnih prostorih, ki pa so v resnici veliko nižje. Sklepal je, da bi morala biti Zemlja veliko hladnejša, kot je, če ne bi v ozračju obstajala neka snov, ki jo segreva, pravzaprav izolira. Fourier je Zemljo opisal kot elipsoid iz železa. Menil je, da se od obdobja Ptolemajskega kraljestva v Egiptu (trajalo je od leta 305 pred našim štetjem do leta 30 pred našim štetjem) temperatura Zemljinega površja ni zmanjšala niti za tri stotinke stopinje: torej dve tisočletji nista prinesli večjih





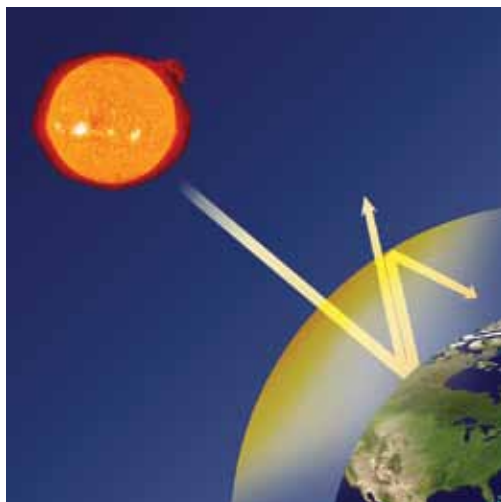
Tyndallov poskus s toplo grede. Vir: Tyndall, John, 31 December 1860, VII. Note on the transmission of radiant heat through gaseous bodies. *Proceedings of the Royal Society of London, The Royal Society*, 10: 37–39. Received 26 May 1859.



Tyndallov prikaz tople grede pred londonsko Kraljevo ustanovo. Vir: Tyndall, John, 31 December 1860, VII. Note on the transmission of radiant heat through gaseous bodies. *Proceedings of the Royal Society of London, The Royal Society*, 10: 37–39. Received 26 May 1859.

sprememb. Med prvimi je potrdil podnebne učinke industrijskega onesnaževanja z vsemi tedanjimi pariškimi zakajenimi tovarnami vred, ki so rastle kot gobe po dežju.

Augustin Mouchot (1825-1912) je prvi združil koncepte zahodnjaške tople grede in zrcal, da je lahko sestavil pečico, greto s Sončevimi žarki, za francoske vojake med



Shematski prikaz delovanja toplogrednih plinov.

Vir: Stanislav Južnič in internet.

njihovimi kolonialnimi zlorabami v Alžiriji. Sestavil je celo prvi parni stroj, ki ga je poganjala energija Sonca.

Zgodnje anglosaško globalno segrevanje

Med najpametnejšimi eksperimentalnimi privrženci Fourierjeve teorije toplote je bila ameriška borka za pravice žensk Eunice Newton Foote (1819-1888). Kot kmečka hči se je izobrazila v dekliški ustanovi v mestu Troy, edini tedanji ameriški šoli za dekleta, ki je ponujala znanstveni pouk z lastnim kemijskim laboratorijem vred. Njen mož je bil meteorolog v bližini Velikih Jezer, pozneje pa je načeloval ameriškemu patentnemu uradu.

Foote je uporabila Sončevo svetlobo za segrevanje plinov: zaprla jih je v dva steklena kozarca enake velikosti. Izbrala je priročna kozarca, ki sta merila štiri centimetre v premeru in trideset centimetrov v višino. V enem je pline zgostila, v drugem jih je redčila z zračno črpalko. Vlažni plini so bolje absorbirali toploto od suhega zraka. Na Soncu in v senci je merila petkrat v presledkih po dve, tri minute. Gosti plini so dosegli 100 stopinj Fahrenheita na Soncu,

razredčeni plini le 88 stopinj, vlažni zrak pa celo 120 stopinj Fahrenheita. Plin ogljikove kisline je dosegel 125 stopinj, medtem ko se je navadni zrak segrel le do 106 stopinj Fahrenheita. Celosteklo okoli plina ogljikove kisline je postalo vroče, vendar gospa ni znala meriti stopnje redčenja, saj ni imela na voljo primernih barometrov. Dokazala je, da lahko ogljikov dioksid absorbira veliko več toplote kot drugi plini. Zato je pribila: »Atmosfera tega plina bi naši Zemlji dala visoko temperaturo; in če se je, kot domnevajo nekateri, v nekem obdobju zgodovine Zemlje zrak pomešal z njim v večjem deležu kot zdaj, je moral nujno povečati temperaturo površja Zemlje s svojim lastnim delovanjem kot tudi zaradi svoje večje teže.« Besede »domnevajo nekateri« so se seveda nanašale na knjigo našega Franca Ungerja. Njena vidna Sončeva svetloba je na videz segrevala pline, čeprav je v resnici ogljikov dioksid absorbiral toploto v obliki nevidnega infrardečega sevanja.

Ideje Eunice Foote o ogljikovem dioksidu so se pokazale za najgloblje, čeravno ni omenila raziskav nevidnih žarkov, s katerimi je Macedonio Melloni (1798-1854) nadaljeval odkritje Williama Herschla (1738-1822). Zato so ideje gospe Foote lebdele v zraku že nekaj let, čakajoč na brhko odkriteljico.

Tudi Britanci so se lotili zgodnje francoske uganke o globalnem segrevanju. Irec John Tyndall (1820-1893) je eksperimentiral z učinkom tople grede. Uporabil je različne pline, tudi ogljikov dioksid in vodno paro: ti so zlahka absorbirali toploto. Njegov vir toplote ni bilo Sonce tako kot pri Eunice Foote, ampak sevanje iz njegove laboratorijske bakrene kocke, v kateri je neprenehoma vrel vodo: tako je imel na razpolago stalno temperaturo 100 stopinj Celzija. Vsekakor je Tyndall uporabljal svoj profesionalni laboratorij, ki je bil veliko naprednejši kot skoraj gospodinjstvo gospo Foote. Tyndall si je namreč eksperimentalne pripomočke delil s slovitim Michaelom Faradayem (1791-1867) v londonski Kraljevi ustanovi.

Habsburške slovenske povezave

Tyndallove publikacije so imele velik vpliv na habsburške literate, ki so večinoma uporabljali njihove nemške prevode. Mariborske matere niso povile zgolj slovitega Hermana Potočnika Noordunga, temveč tudi začetnika raziskav toplogrednih pojavov Franca Ungerja.

Dunajski akademik Franc Unger je bil rojen v pretežno slovenskem okolju Gradišča. Njegova mati se je pred poroko pisala Bregar. Njegov ded, lectar in pek Jožef Bregar, je prišel v Maribor iz kranjske Dobrave tri kilometre vzhodno od Višnje Gore. Svoje družinsko ime so na Kranjskem pisali v slovenski obliki Bregar, v ponemčenem Mariboru, kjer je pekovski mojster Jožef dobil meščanske pravice, pa so se raje podpisovali Wreger. Bregarji so kot mestni pekovski mojstri izdelovali slastni lect in pekli kruh. Premoženje so si postopoma prislužili v svoji pekarni v Mariboru št. 78 (danes Gosposki ulici št. 9). Med najbolj znanimi mlinarji in peki v Mariboru je bil sin mestnega rokavičarja Karl Scherbaum, ki je imel pekarno na Mestni tržnici (Grajski trg), svoj parni mlin pa je upravljal na današnji Svetozarevski ulici. Vsekakor je bilo dobičkonosno biti pek v njega dni hitro rastočem mestu Mariboru. Seveda so peki med svojim nočnim delom v ekstremni vročini zagotovo izvedeli vse o Ungerjevem globalnem segrevanju.

Družina Unger je sodila med najstarejše meščane poznega srednjega veka tako v Mariboru kot v koroškem Volšperku: cerkvene zapise o Ungerjih je v obeh krajih mogoče zasledovati daleč v srednji vek. Ko sta starša Franca Ungerja iz Volšperka obiskovala 70 kilometrov oddaljeni Maribor kot botra svojih nečakov in nečakinj iz mariborske družine Bregar, sta se prisrčno srečevala s svojim sorodstvom iz domače mariborske družine Unger: obe veji rodu Unger sta sodelovali in se med seboj povezovali mnoga stoletja.

Predniki Frančevega očeta Jožefa so bili pivovarji in lectarji, ki so trgovali tudi z domačim in štajerskim vinom v Volšperku.

Pri svojih poslih so se dobro spoznali z mariborskimi peki Bregarji, kar je pripomoglo k poroki Jožefa Ungerja z Mariborčanko Ano Bregar. Tradicionalni lectarji izdelujejo pecivo, ki ga pečejo predvsem v adventnem in božičnem času kot medenjake, lect ali tradicionalne pekovske izdelke s sladicami. Doma so na Hrvaškem, v Sloveniji in v Južni Avstriji. Vročina peke medenjakov, lecta in navadnega kruha v domačih hišah obeh dedov Franca Ungerja je močno vplivala na njegove (in naše) predstave o podnebnih spremembah.

V župnijski cerkvi Lučane in v domačem Gradišču št. 57 je Jožef Albert Unger praznoval poroko z Mariborčanko Ano Marijo Bregar. Oče Franca Ungerja, Jožef Albert Unger, je študiral teologijo, a se je namesto duhovniškega poklica odločil za poklic javnega uslužbenca v komisiji za jožefinsko davčno ureditev. V njihovem Gradišču se je tisti čas govorilo predvsem slovensko.

Franco Unger je v Gradcu obiskoval botanična predavanja, kjer se je seznanil z drugimi naravoslovci. Po končanem prvem letniku prava je Franz Unger med počitniškim obiskom ovdovelega očeta prepričal, da je smel študij prava zamenjati s študijem medicine, saj se je dotlej že več let vneto ukvarjal z nabiranjem rastlin: takrat je bila medicinska fakulteta najboljša pot v botaniko, ki njega dni v habsburški monarhiji ni bila samostojni študij.

Mladenič se je odpravil na prvo dolgo potovanje po Nemčiji: preko Leipziga, Halleja, Jene, Hamburga, Berlina, Rostocka, Stralsunda do otoka Rügen. Na Goethejevi univerzi v Jeni je srečal tudi botanika Lorenza Okena (1779-1851). Mladi Unger je sprva vestno sledil Okenovim rahlo okultnim idejam pod gesloma »vse v vsem« in »vse v-vseh-delih«.

Brownovo gibanje

Franco Unger je doktoriral na dunajski medicinski fakulteti z disertacijo o ribniških školjkah. Medtem ko je čakal na primerno uradno učiteljsko mesto, je bil dve leti za-

sebni učitelj grofovskih otrok, ki jih je poučeval tudi takrat moderno gimnastiko. Kasneje je postal okrožni zdravnik v tirolskem Kitzbühlu. Tam je razmišljal o Robertu Brownu (1773-1858) in njegovem gibanju, ki je ostalo nepojasnjeno vse do Einsteinovih izračunov skoraj osemdeset let pozneje. Brownovo gibanje, ki ga povzroča toplota, je bilo velika novost tedaj mlade generacije raziskovalcev. Brown je bil paleobotanik kot Unger. Opazoval je zrna podolgovatih delcev cvetnega prahu rastline *Clarkia pulchella*: razpršil jih je v vodi. Rastlino so prinesli v Združeno kraljestvo le leto dni pred Brownovimi poskusi. Brown je pod mikroskopom sledil drobnim delcem. Unger pa je uporabil cvetni prah sleza: delci so se premikali kot majhne živalce, kar je speljalo vodo na mlin Ungerjevi drzni domnevi o spreminjanju rastlin v živali, ki sicer ne drži in jo je moral sčasoma opustiti. Unger in njegov sodelavec Andreas Ettingshausen (1796-1878) sta cvetni prah na stekelcu malce navlažila z vodo: pustila sta ga nepokritega nekaj minut. Z rahlim pritiskom sta ga stiskala ob stekleno ploščo, ki sta jo postavila na vzorec. Vsebina pelodnih zrn se je pomešala z vodo, tu in tam pa sta opazila cevke, podobne mehurjem. Svoj vzorec sta opazovala pod mikroskopom: povečala sta ga za 1.500-krat in nato celo za 2.000-krat. V obeh primerih sta med prvimi na evropski celini videla množico večjih in manjših okroglih ali podolgovato ovalnih objektov. Pred oči jima je stopila paleta ostro razmejenih teles nekoliko zelenkasto rdeče barve (gre za prelivanje zelenkaste barve v rdečo), brez notranjih in zunanjih organov. Delci so se vneto premikali drug proti drugemu. Posamezni telesi sta se približevali drugo drugemu, nakar je gibanje postalo silovitejše. In tako je ta čudovita, a osupljiva majhna igra spominjala na vojsko, ki se vali v vsej svoji živahnosti. Unger je opozoril: »Ni mi treba posebej navajati, da sva upoštevala vse zaznane premike in drugotne okoliščine, ki sva jih povezala s podobnimi učin-

ki.« Preučevala sta gibanje med tresenjem, ob izhlapevanju vode, med segrevanjem različni plasti. Unger je z mikrometrskimi meritvami določil velikost delcev. Nameril je desettisoči del dunajske črte, ki je bila dolga 2,195 milimetra: zato naj bi bila velikost delcev 219,5 nanometra še vedno veliko večja od katerega koli danes poznane atoma. Vsekakor so nekoč mislili, da so ti delci molekule. Ungerjev sodelavec Johann Josef Loschmidt (1821-1895) je šele tri desetletja pozneje na Dunaju dokazal, da so molekule veliko manjše.

Unger je te in številne druge raziskave objavil v botanični reviji *Flora*. Urejeval jo je pri Kraljevi bavarski botanični družbi v Regensburgu: med njenimi uglednimi člani so blesteli Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), Justus von Liebig (1803-1873) in Alexander von Humboldt (1769-1859).

Graški profesor

Po teh uspehih je bil Franc Unger imenovan za profesorja botanike in zoologije v Gradcu. Veliki met se je posrečil na zahtevo samega nadvojvode Janeza. Po tej veliki sreči je Unger prevzel tudi dolžnosti kustosa in profesorja botanike v deželnem muzeju Joanneum v Gradcu, ki ga je ustanovil nadvojvoda Janez. Pozneje je prevzel celo mesto profesorja kmetijstva v Gradcu.

Dunajski učenjak za podnebne spremembe

Po pomladi narodov je Unger znova prejel poziv, naj prevzame novo ustanovljeno profesorsko mesto za anatomijo in fiziologijo rastlin na Dunajski univerzi: tokrat je Unger sprejel ponudbo. Vmes je Ungerjev tržaški prijatelj Josef Kuwasseg (1802-1877) ilustriral Ungerjevo knjigo *Primitivni svet* z najzgodnejšimi risbami prazgodovinskih živali. Unger je bil tudi sam priznan slikar, zato ni skoparil z navodili. Kuwasseg je vključil Ungerjeve informacije o fosilnih rastlinah, ki jih je Unger našel na različnih mestih, predvsem v okolici Celja in Vojnika. Po zgodnji smrti očeta trgovca je Kuwasseg



Druga ilustracija Josepha Kuwassega kaže prizor iz srednjega dela triasa v mezozoiku. Vir: Slike Josepha Kuwassega v knjigi: Unger, Franc: Die Urwelt, Gradec, 1846. Ponatis: Die Urwelt in ihren verscheidenen Bildungs-perioden. 14 landschaftlichen Darstellungen mit erlauternden Text = Tableaux physionomiques de la végétation des diverses périodes du monde primitif: 14 tableaux de paysages (Primitive World explained by 14 Kuwasseg's coloured illustrations, Le monde primitif à ses different époques de formation 14 paysages avec text explicative). München: Franz / Dunaj: Beck, 1851. Ponatisi: 1857, Leipzig: T. O. Weigel; 3. izdaja: 1862/1864 (z dodatnima slikama), Leipzig: T. O. Weigel. Prevod: 1863. Ideal views of the primitive world in its geological and paleontological phases. ... Edited by Samuel Higley, illustrated by seventeen (sic!) photographic plates. London: Taylor and Francis.

skupaj z bratoma slikarjema odraščal pri stricu v Ljutomeru, kjer se je pokazala njegova nadarjenost za risanje, čeprav je moral pasti krave na domači kmetiji. Ob podpori sponzorjev je lahko obiskoval Državno risarsko akademijo v Gradcu: izobrazba je bila nujna, da je uspel v poklicu. Postal je znameniti slikar, litograf in pisatelj.

Za knjigo, polno Kuwassegovih slik, je Unger napisal spremno besedilo, utemeljeno na tedanjem znanstvenem razumevanju. Domneval je, da vulkanski izbruhi oddajajo vlažne hlapne in ogljikovo kislino: ti so dajali Zemlji toplejše razmere in »hrano« v obliki ogljikovega dioksida, potrebno za uspevanje

starodavnih rastlin, dinosavrov in drugih pradavnih živali. Takšno Ungerjevo geološko preteklost je gospa Foote sprejela in skušala dokazati s svojimi poskusi, potem ko je prebrala Ungerjev zapis: »Majhni, vlažni otoki, pokriti z gozdovi, v katerih živijo največje in najbolj grozne pošasti starodavnega sveta. Takšni so prizori, ki jih, sodeč po že opravljenih znanstvenih raziskavah, ta čas ponuja umetniku. Ozračje, napolnjeno z vlažnimi hlapci in izparinami ogljikove kisline, je bilo zelo ugodno za to neverjetno razmnoževanje dvoživk, prav tako pa za razvoj praprotnic, cikad, iglavcev in nekaterih enokaličnic.« Unger in mnogi drugi so menili, da je bila

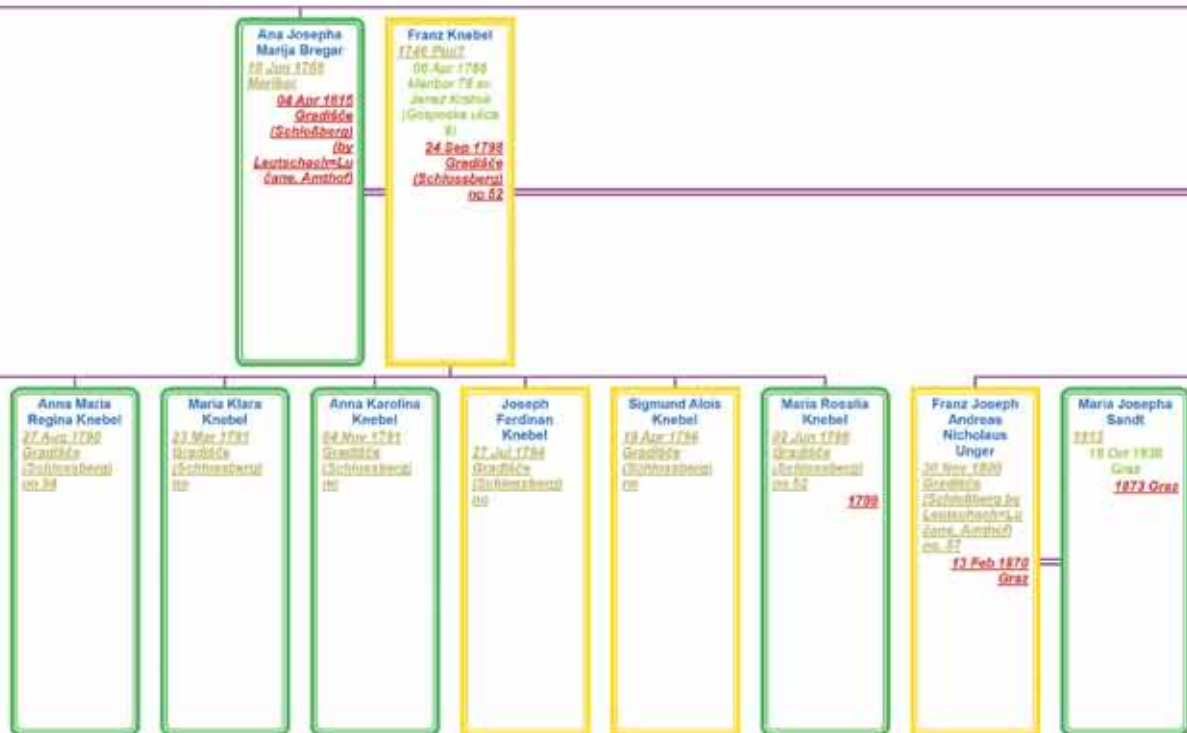


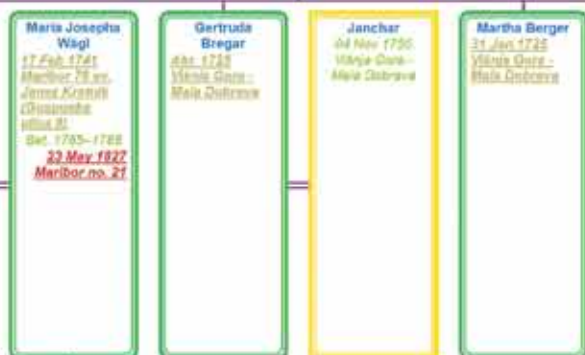
Četrta ilustracija Josepha Kuwassega. Vir: Slike Josepha Kuwassega v knjigi: Unger, Franc: Die Urwelt, Grac, 1846. Ponatis: Die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungs-perioden. 14 landschaftlichen Darstellungen mit erläuternden Text = Tableaux physiologiques de la végétation des diverses périodes du monde primitif: 14 tableaux de paysages (Primitive World explained by 14 Kuwasseg's coloured illustrations, Le monde primitif à ses différentes époques de formation 14 paysages avec text explicative). München: Franz / Dunaj: Beck, 1851. Ponatis: 1857, Leipzig: T. O. Weigel; 3. izdaja: 1862/1864 (z dodatnima slikama), Leipzig: T. O. Weigel. Prevod: 1863. Ideal views of the primitive world in its geological and paleontological phases. ... Edited by Samuel Hibley, illustrated by seventeen (sic!) photographic plates. London: Taylor and Francis.

vodna para v ozračju glavni vzrok za prazgodovinsko toploto, medtem ko je ogljikov dioksid zagotavljal hrano za bujno vegetacijo, ki je pozneje povzročila ogromna nahajališča premoga, nastala v karbonskem obdobju. Po svoji strani je gospa Foote dokazala, da bi bil ogljikov dioksid morda boljši vzrok za te starodavne povišane temperature. Atmosferskih toplogrednih učinkov, ki jih povzroča metan, takrat še niso jemali resno, saj je izjemno vnetljivi metan šele malo pred Ungerjevo smrtjo poimenoval Liebigov študent August Wilhelm von Hofmann (1818-1892). Franc Unger je rad potoval: kmalu se je napotil v Švico. Obiskal je Dansko, Nor-

veško in Švedsko. V začetku leta 1858 je Franc Unger zapustil Dunaj. Na parnik se je vkrcal v Trstu in se domov vrnil šele po petmesečnem potepanju po Egiptu in Siriji. Ob naslednji priložnosti je bil v Grčiji in na Jonskih otokih, kjer si je ogledal tudi Odisejevo Itako. Nato je obiskal Ciper. Večkrat je šel v Dalmacijo in skupaj z domačini organiziral še danes cvetoči turizem na Hvaru. Botanično je preiskal območja okoli Vojnika pri Celju. Iz teh krajev je Unger zbral več tisoč fosilnih vrst za paleontološki kabinet Joanneuma in za rudarski muzej na Dunaju. Po njem se imenuje *Banksia Ungerii* (Proteaceae) iz Socke pri Vojniku. Med tem

*Ungerjevi kranjski in mariborski predniki, ki dokazujejo njegov slovenski rod.
Narisal Stanislav Južnič.*





raziskovanjem v svoji rodni Štajerski je Unger ravno zapuščal Gradec, saj se je odločil, da bo prevzel novo predavateljsko mesto na dunajski univerzi.

Mendlov darvinistični učitelj

Unger je bil botanik, geolog, paleontolog: briljiral je kot Mendlov darvinistični profesor botanike in citologije. Posebej vneto se je posvečal strukturi celic kot glavni predhodnik darvinizma. Njegov *Zakon rasti rastlin* kaže nekaj presenetljivo temeljnih skladnosti z Mendlovim matematičnim razmišljanjem v botaniki in uporabi številčnih

razmerij v bioloških raziskavah. Nekoliko živčni Gregor Mendel (1822-1884) je padel na dunajskem profesorskem izpitu predvsem zato, ker ga je izpraševal njegov profesor morfologije in sistematike rastlin in ne mnogo dovtetnejši Mendlov dunajski učitelj fiziologije rastlin Franc Unger. Unger je Mendla naučil pitagorejskih matematičnih statističnih idej. V tistih časih so bile Ungerjeve biogeografske darvinistične zamisli o skupnem evolucijskem predniku kritizirane v dunajskem tisku kljub podpori Mendla, ki je zagovarjal svojega učitelja Ungerja in nato Ungerju in drugim poslal svojo slo-

Peta ilustracija Josepha Kuwassega kaže gozd karbonske dobe v paleozoiku. Vir: Slike Josepha Kuwassega v knjigi: Unger, Franc: Die Urwelt, Gradec, 1846. Ponatis: Die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungs-perioden. 14 landschaftlichen Darstellungen mit erläuternden Text = Tableaux physionomiques de la végétation des diverses périodes du monde primitif: 14 tableaux de paysages (Primitive World explained by 14 Kuwasseg's coloured illustrations, Le monde primitif à ses différentes époques de formation 14 paysages avec text explicative). München: Franz / Dunaj: Beck, 1851. Ponatisi: 1857, Leipzig: T. O. Weigel; 3. izdaja: 1862/1864 (z dodatnima slikama), Leipzig: T. O. Weigel. Prevod: 1863. Ideal views of the primitive world in its geological and paleontological phases. ... Edited by Samuel Higbly, illustrated by seventeen (sic!) photographic plates. London: Taylor and Francis.



vito razpravo o hibridizaciji. Tako Unger kot Mendel sta bila člana dunajskega zoološko-botaničnega društva in brnskega naravoslovnega društva. Pridružila sta se tudi habsburškim meteorološkim statistično-telegrafskim projektom Mariana Wolfganga Kollerja (1792-1866). Mendel je prav tako rad potoval, med drugim s slovitim dunajskim drugim »vlakom zadovoljstva« v Pariz, na ogled londonske mednarodne razstave, ter v Stuttgart. Pozneje je prepotoval Italijo z Rimom vred. Udeležil se je srečanja čebelarjev v Kielu ter si v družbi svojih nečakov ogledal mednarodno dunajsko razstavo.

Nasprotniki so zavračali trditve Ungerja in Mendla: moža sta bila prepričana, da je oploditev kombinacija moških in ženskih celic, kar je šlo marsikomu v nos. Njuno združitev spolnih celic (gamet) je podpirala Ungerjeva celična teorija. Te inovativne domislice je poganjala novost tedanjega vrenja pomladi narodov: zato so učenjaki kmalu ovrgli Goethejeve faustovske trditve o homunkulusu v prid dobri stari Aristotelovi epigenezi. Biološke celice in geni so sledili analogiji na novo oživljene atomske teorije: vse je bilo podrejeno modernizirani dehumanizirani neosebni statistiki.

Zadnja, štirinajsta ilustracija Josepha Kuwassega kaže začetke človeštva. Vir: Slike Josepha Kuwassega v knjigi: Unger, Franc: Die Urwelt, Gradec, 1846. Ponatis: Die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungs-perioden. 14 landschaftlichen Darstellungen mit erläuternden Text = Tableaux physionomiques de la végétation des diverses périodes du monde primitif: 14 tableaux de paysages (Primitive World explained by 14 Kuwasseg's coloured illustrations, Le monde primitif à ses différentes époques de formation 14 paysages avec text explicative). München: Franz / Dunaj: Beck, 1851. Ponatis: 1857, Leipzig: T. O. Weigel; 3. izdaja: 1862/1864 (z dodatnima slikama), Leipzig: T. O. Weigel. Prevod: 1863. Ideal views of the primitive world in its geological and palaeontological phases. ... Edited by Samuel Highley, illustrated by seventeen (sic!) photographic plates. London: Taylor and Francis.



Unger je po dveh desetletjih priljubljenih predavanj odstopil s svoje katedre na dunajski univerzi, domnevno zaradi zdravstvenih razlogov. Pravzaprav je bil pod pritiskom oblasti zaradi svobodomiselnega darvinizma, saj ga je posredno citiral celo sam Darwin (1809-1882) kot »slovitega paleontologa in botanika, ki verjame v razvoj in modifikacijo vrst«.

Potovanja v tople južne kraje so Ungerju zagotovo poglobile ideje o globalnem segrevanju, tako kot je na Josepha Fourierja vplivala toplota Egipta šest desetletij prej. Poleg rastlin je Unger raziskoval tudi arheološke, kulturne in etnografske okoliščine ter o njih predaval. Njegova navdušena numizmatična zanimanja je podedoval sin Theodor Unger (1840-1896), ki je neporočen poučeval na drugi gimnaziji v Gradcu. Vsekakor sta se gorenjski meteorolog Marian Wolfgang Koller in Franz Unger kot ustanovna člana Dunajske akademije trudila s pionirskimi prispevki k zgodnjim idejam globalnega segrevanja. Mlajši brat Franza Ungerja je bil vojaški kirurg Ferdinand vitez Unger, ki je vodil Zavod za regeneracijo in cepljenje St. Florian in je veliko prispeval k sistemu cepljenja v Notranji Avstriji. Tako sta štajerska brata Unger prispevala k obema glavnima sodobnima problemoma: cepljenju in podnebnim spremembam.

Zaključek

Da bi dodobra utemeljil svoje pojasnjevanje podnebnih sprememb, je Franc Unger vestno sledil novim načinom merjenja temperature in toplotnega ravnovesja: enako sta počela njegova sočlana Dunajske akademije Jožef Stefan (1835-1893) in Marian Wolfgang Koller.

Darvinistični raziskovalec celic in mikroskopskega Brownovega gibanja Unger je odkril spreminjanje podnebja; s tem je postavil spomenik slovenskemu prispevku k ekologiji.

Unger je bil po materini strani povsem slovenskega rodu in je mladost preživel v slovenskem okolju. Slovenski rod ga je zaznamoval vsaj toliko kot njegovega kolega na dunajski univerzi Jožefa Stefana. Seveda nobeden od njiju svojih tehnoloških in znanstvenih dognanj ni objavljaval v slovenskem jeziku, saj tedaj ni bilo primernih časopisov, izjema je bilo glasilo Jugoslovanske akademije znanosti v Zagrebu, tiskano pod imenom *Rad*. Slovenstvo morda ni imelo tako opazen vpliv na Ungerja v kasnejših življenjskih obdobjih in se je le malo kazalo v njegovem svetovljanskem delu, ki je bilo povezano predvsem s segrevanjem spremenljivega ozračja kot dela vsesplošnih darvinističnih evolucijskih sprememb v naravi. Morda se bo komu zdelo, da sta znanost in tehnika tako mednarodni reči, da njunega slovenskega deleža ne kaže pretirano izpostavljati? Ne drži! Prav zasluge preteklih slovenskih učenjakov so tiste, ki na stežaj odpirajo ta velika vrata našemu sodobnemu dostopu do sredstev Evropske unije. Naša slavna znanstvena preteklost je prava pot k dobičkonosni prihodnosti. Kdor ne hvali svojih zaslug, postane podlaga tujčevi peti.

Branje s spleta:

<https://www.lindaball.org/franz-unger/>

<https://woostergeologists.scotblogs.wooster.edu/2016/12/16/woosters-fossils-of-the-week-geological-magic-lantern-slides-from-the-19th-century-part-iii/>

Rdeči naprtec

Tristo let zdravilne rastline

Jurij Kurillo

V angleški ljudski medicini je bila že stoletja v veljavi neka mešanica zdravilnih rastlin, ki so jo domači zdravilci uporabljali tudi pri pogosti »vodeničnosti«. Šele splošni zdravnik dr. William Withering je sredi 18. stoletja odkril, da je glavna učinkovina te mešanice rdeči naprtec.

William Withering se je rodil leta 1741 v Wellingtonu, mestecu v osrednjeangleški grofiji Shropshire. Svojo medicinsko izobrazbo je začel kot pomočnik pri očetu lekarnarju, po štirih letih pa se je vpisal na univerzo v Edinburghu. Tu je bil leta 1766 promoviran za doktorja medicine, nato pa je naredil nekaj študijskih potovanj po zahodni Evropi. Kot zdravnik je začel delati najprej v mestu Stafford. Tu se je poročil s svojo

bivšo bolnico Heleno Cookes, ki je bila nadarjena risarka, kar naj bi ga tudi spodbudilo k zanimanju za botaniko. To pa je bila zanj kar resna dejavnost, saj je kmalu objavil kompendij o britanskih rastlinah z naslovom *A Botanical Arrangement of All the Vegetables Growing in Great Britain According to the System of the Celebrated Linnaeus; with an easy Introduction to the Study of Botany* (*Botanični razpored vseh rastlin, rastočih v Veliki Britaniji, po sistemu slovitega Linnéja; s preprostim uvodom v študij botanike*). Kot je videti iz naslova, je v svojem delu že upošteval takrat novo Linnéjevo sistematiko rastlin. Njegovo botanično znanje mu je pozneje zagotovo pomagalo pri raziskovanju naprstca. Kot mnogi takratni zdravniki je bil sicer vsestranski naravoslovec, saj sta ga poleg botanike zanimali tudi kemija in geologija. Za analizo tamkajšnjih termalnih izvirov je Withering postal na Portugalskem član Kraljeve znanstvene akademije. Pri geološkem raziskovanju je odkril doslej neznan mineral, za katerega se je kasneje pokazalo, da je barijev karbonat. Tega je nemški geolog Abraham Gottlob Werner pozneje krstil v njegovo čast kot witherit.

Po posredovanju dr. Erasmusa Darwina, starega očeta pozneje znamenitega naravoslovca Charlesa Darwina, se je Withering preselil v Birmingham, kjer mu je zdravniška praksa vscvetela. Postal je »najbolj priljubljeni, najbolj poučeni in zaposleni zdravnik v podeželski Angliji«. Bil je tako znan, da je dobival pismena vprašanja o boleznih celo iz tujine in tako se je nekoč nanj obr-



William Withering.

Vir: Wikipedia.



nil zaradi ledvičnih kamnov tudi ameriški znanstvenik in politik Benjamin Franklin. V Birminghamu se je zbirala skupina svobodomiselnih izobražencev, ki je ustanovila svojo *Lunar Society* (*Lunino družbo*). Njihov član je bil poleg Witheringa tudi Erasmus Darwin (1731-1802), zelo cenjeni zdravnik, izumitelj, bореc proti suženjstvu in pesnik, ki je v svojih pesmih prikazal svoje poglede na evolucijo. Družbi je pripadalo okrog deset uglednih meščanov, kot sta bila izumitelj parnega stroja James Watt ter odkritelj kisika in devetih drugih plinov Joseph Priestley. Člani so se sestajali v času polne lune vsakokrat v drugem zasebnem stanovanju, kjer so po večerji razpravljali o znanosti in različnih družbenih vprašanjih.

William Withering se je v svoji praksi zelo pogosto srečeval z bolniki, ki so boleli zaradi tako imenovane »vodeničnosti« (angleško *dropsy*), pa naj je šlo pri tem po njegovih besedah za anasarko (otekanje nog in drugega podkožnega tkiva) ali ascites (vodo v trebušni votlini). Današnji zdravniki vedo, da je čezmerno nabiranje vode v telesu zgolj simptom določenega obolenja, recimo srca, ožilja, ledvic in tako naprej, za takratno medicino pa je to bila bolezen »sui generis« – tako tudi za doktorja Witheringa.

Odkritje digitalisa

Pa prisluhnimo njegovim lastnim besedam: »Leta 1775 so me vprašali za mnenje o nekem družinskem receptu za zdravljenje vodeničnosti. Povedali so mi, da ga je dolgo časa uporabljala kot tajno sredstvo neka stara ženska iz Shropshira, ki je včasih pozdravila bolnika, ko so praktični zdravniki že odpovedali. Prav tako so mi povedali, da je zdravilo povzročilo močno bruhanje in drisko, povečalo pa se je izločanje seča. Ta zmes je bila sestavljena iz več kot dvajset različnih bilk, med katerimi pa je nekdo, ki

Izvirna risba rdečega naprstca iz Witheringovega dela An Account of Foxglove (Poročilo o digitalisu).

se na to razume, lahko opazil, da delujoča rastlina na more biti drugega kot digitalis.« Withering se je v naslednjih letih popolnoma posvetil tej zdravilni rastlini in njenim učinkom na bolnike z najrazličnejšimi obolenji. Sprva je uporabljal dekoka iz prekuhanih listov, pozneje pa je te samo namakal v vodi ali pa uporabljal posušene kot prašek. Sčasoma je ugotovil, da je zdravilo zaradi njegovega diuretičnega delovanja, torej izločanja seča, koristno predvsem vodeničnim bolnikom, kaj kmalu pa je odkril, da vpliva, tako kot nobena druga droga, tudi na srčni

utrip. Tega lahko zmanjša od 120 udarcev na minuto do 75 ali 80. Ugotovil je, da je za varno uporabo droge zelo pomemben pravi odmerek.

Šele po devetih letih sistematičnega zdravljenja z digitalisom se je odločil, da svoja spoznanja tudi objavi, in tako je leta 1785 izšlo njegovo delo *An Account of the Foxglove and Some of its Medical Uses: with Remarks on Dropsy, and other Diseases (Poročilo o digitalisu in njegovi medicinski uporabi z opombami o vodeničnosti in drugih boleznih)*. V knjižici navaja poleg svojih 168 primerov tudi



*Rdeči naprstec
(Digitalis purpurea).
Loch Earn na Škotskem.
Foto: Jurij Kurillo.*

Rdeči naprtec. Cvetovi od blizu. Foto: Jurij Kurillo.



več pismenih sporočil kolegov zdravnikov in kirurgov¹ o večinoma ugodnem delovanju preparatov digitalisa pri njihovih bolnikih. Ob koncu svojega dela pride do sledečih zaključkov: Digitalis ni nikakršen univerzalni diuretik, čeprav deluje močnejše od drugih zdravil. Ta vpliv ima, četudi je vsako dru-

go sredstvo odpovedalo, če pa zataji, je malo verjetno, da bo pomagalo kakšno drugo zdravilo. Na delovanje srca ima tako močan učinek, kot še ni bil opažen pri nobenem drugem zdravilu. In ta učinek lahko izkoristimo za rešitev (bolnika). Ob koncu svojega priročnika ponuja avtor zdravnikom nekaj praktičnih nasvetov za uporabo digitalisa pri različnih bolezenskih stanjih: od vodeničnosti do epilepsije in ftize (tuberkuloze).

V naslednjem obdobju, v devetnajstem stoletju, je medicina prezrla digitalis kot izključno zdravilo za obolenja srca, pač pa so

¹ Kirurgi so se v tistem času imenovali rano-celniki – ti so imeli v nasprotju z univerzitetno šolanimi zdravniki (fiziki) le nižjo medicinsko izobrazbo, mnogi pa so se svojega poklica zgolj izučili.



Rdeči naprstec – beli fenotip. Loch Earn na Škotskem. Foto: Jurij Kurillo.

ga uporabljali še pri drugih boleznih, ki jih navaja Withering. Svoj pravi namen je dobil po zaslugi londonskih zdravnikov Jamesa Mackenzieja in Thomasa Lewisa šele pred prvo svetovno vojno.

Sodobni pogledi na digitalis

Danes vemo, da vsebuje rdeči naprstec (*Digitalis purpurea*), zlasti v listih in semenih, nekaj desetink odstotka kardiotoničnih glikozidov, od katerih prvotni razpadejo v drugotne takoj po nabiranju droge. Najpomembnejši so digitoksin, gitoksin in gitalin.

Natančne fiziološke raziskave so pokazale, da deluje digoksin tako, da zavira encim Na/K ATP-azo v membrani srčne celice, ki posega v izmenjavo ioniziranega natrija in kalcija. To povzroči več sprememb v delovanju srčne mišice – tako povečanje moči krčenja, zaviranje prevodnosti dražljajev in s tem zmanjšanje frekvence, pa tudi povečanje vzdražljivosti srčne mišice. Ti glikozidi so izredno močni, saj obsegajo zdravilne odmerke zgolj nekaj desetink miligrama. Je pa tudi njihova terapevtska širina zelo ozka, saj hitro dosežejo toksično raven.

Farmacevtski preparati rdečega naprstca so bili dolga desetletja glavno zdravilo pri popuščanju srca, dobro pa so delovali tudi pri motnjah njegovega ritma. Izdelovale so jih mnoge tovarne po svetu, med drugimi tudi naš *Lek*. Preparate rdečega naprstca smo zdravniki še pred nekaj desetletji na široko predpisovali odraslim srčnim bolnikom, otroškim pa rajši preparate volnatoglavega naprstca (*Digitalis lanata*), ki so tudi nekoliko bolj varni pri odmerjanju.

V zadnjih desetletjih je farmacevtska proizvodnja opustila naravne zdravilne izdelke iz rodu digitalisa in jih nadomestila z mnogimi sintetičnimi preparati, ki so bolj zanesljivi, pa tudi učinkovitejši od prvotnih zdravil, četudi so bila ta nenadomestljiva za srčne bolnike domala tristo let.

V botaničnih knjigah lahko preberemo, da sodi rod naprstcev (*Digitalis*) v veliko družino črnobinovk (Scrophulariaceae), ki jo sestavljajo predvsem zeli in nekaj grmov ter ovijalk zmerno toplega pasu. Sam rod naj bi zajemal približno dvajset vrst, ki rastejo v Evropi, zahodni Aziji in severozahodni Afriki. Pri nas, na slovenskih tleh, opisujejo botaniki zgolj dve vrsti: to sta velecvetni naprstec (*Digitalis grandiflora* Mill.) in gladki naprstec (*Digitalis laevigata* Waldst. & Kit.). Medicinsko najbolj »slavnega«, kar je zagotovo rdeči naprstec (*Digitalis purpurea*

L.), pa bomo iskali v naši naravi zaman – sem kajpak ne štejemo različnih vrtnarskih oblik. Zato je bilo toliko bolj razumljivo moje veselje, ko sem to dragoceno cvetico odkril ob svojem potovanju po Škotski, kjer se je pred moj fotoobjektiv prikazala ob obali jezera Loch Earn slikovita skupina rdečih naprstcev, tudi z belo različico ... Rdeči naprstec je sicer do poldruga metra visoka dvoletna rastlina s cvetovi, visečimi v enostranskem grozdu. Večji zvonasti cvetovi so običajno vijoličasto rdeče obarvani z belo-temno pegasto notranjostjo. Po obarvanosti cvetov ločijo botaniki štiri fenotipe, od vijoličastih do popolnoma belih. Stebelni listi so premenjalni, spodaj v rozeti. Raste po gozdnih jasah in drugod na dušičnatih tleh mnogokje po Evropi.

Viri:

- Aichele, D., Golte-Bechtle, M., 2004: *Kaj neki tu cveti? Kranj: Založba Narava.*
- Hintermayer, F., 2011: *Digoxin. NetDoktor. Internet.*
- Petauer, T., 1993: *Leksikon rastlinskih bogastev. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.*
- Pintar, L., Seliškar, A., 2015: *Florula Slovenica. Cvetje slovenske dežele. Kranj: Založba Narava.*
- Withering, W., 1966: *O digitalisu. Hrvaški prevod: Ašperger, Z. Ljubljana: Lek.*
- William Withering. *Wikipedia.*
- Porter, R., 2011: *The Cambridge History of Medicine. Cambridge: Cambridge University Press.*

Nebesne smeti

Mirko Kokole

Živimo v času digitalnih informacij in si sveta brez njih ne znamo več predstavljati. Zelo pomemben del današnje komunikacijske in informacijske mreže so tudi sateliti, ki krožijo okoli Zemlje. Aktivnih satelitov je danes približno 4.550. Njihovo število strmo narašča, predvsem zaradi komunikacijskih satelitov v nizki Zemljini orbiti, ki jih je že skoraj 3.800. Vesoljska tehnologija nam prinaša že skorajda neverjetne možnosti komunikacij, napredka znanosti ter poznavanja našega planeta in njegove okolice. Le malokrat pa pomislimo, kako ves ta tehnološki razvoj vpliva na nas in našo okolico. Vsaka izstrelitev v orbito pusti za seboj poleg satelita tudi številne smeti, kot je na primer zadnja stopnja pogonske rakete. Sateliti imajo tudi končno življenjsko dobo in po določenem času tudi sami postanejo del nebesnih smeti. Ker se število izstreljenih satelitov predvsem zaradi komercializacije vesolja strmo povečuje, je prav, da ob tem pomislimo tudi na vse smeti, ki ob tem nastajajo. Vprašanje nebesnih smeti je zelo zapleteno. Poleg tehnoloških izzivov predstavljajo predvsem geopolitični in pravni problem in prav ta je najtežje rešljiv.

Ko govorimo o nebesnih smeteh, imamo v mislih vse predmete, ki jih v vesolju pusti človek. Med njih štejemo odslužene satelite in njihove dele ter dele pogonskih raket, ki so jih ponesle v orbito. Smeti so tudi ostanki vesoljskih postaj. Nekaj kosov, kot so zobna ščetka, rokavica ter nekaj ročnega orodja, so izgubili tudi astronauti. Najbolj pomembne in tudi najštevilnejše nebesne smeti pa so deli satelitov ter pogonskih raket, ki so v orbiti razpadli, eksplodirali ali nastali ob trkih. Zavedati se moramo, da lahko že majhna milimetrska nebesna smet povzroči ogromno škodo, saj okoli Zemlje kroži z izjemno veliko hitrostjo in ima kljub

majhni masi veliko kinetično energijo.

Problema vesoljskih smeti so se zavedali že ob samem začetku pošiljanja satelitov v Zemljino orbito. Zato so že kmalu po izstrelitvi *Sputnika* začeli slediti predmetom, ki jih je v vesolje poslal človek. Danes sledimo že več kot petindvajset tisoč predmetom, ki so večji od desetih centimetrov. V začetnih obdobjih osvajanja vesolja je predmetom sledila predvsem vojska, kasneje so to prevzele tudi civilne oblasti. Pomembnost sledenja predmetov je pokazala tudi zelo vplivna študija, ki jo je leta 1978 opravil znanstvenik Donald J. Kessler. V njej opisuje scenarij, po katerem se število objektov (smeti) v vesolju začne hitro povečevati zaradi medsebojnih trkov. Ob takem scenariju bi lahko določeni deli vesolja okoli Zemlje postali popolnoma nedostopni satelitom. To bi povzročilo popolni razpad satelitskih komunikacij. Študija je imela kasneje tudi pomembni vpliv pri izvajanju protisatelitskih poskusov. Pri teh so z Zemlje poskusili uničiti satelite. Poskuse so izvedle Združene države Amerike, Rusija, Kitajska in Indija in s tem povzročile na tisoče novih vesoljskih smeti. Zelo kmalu so jih vse države opustile, saj so se zavedale, kako uničujoče posledice bi to lahko imelo.

Smeti v vesolju

Ob vedno večjem zavedanju problema, ki ga povzročajo vesoljske smeti, so se inženirji in znanstveniki začeli ukvarjati, kako njihovo število nadzorovati oziroma zmanjšati. Pri tem moramo ločiti dve območji, kjer se nahaja največje število satelitov. Prvo območje je območje geosinhronih orbit (GEO, tudi GSO). V tem območju sateliti potujejo usklajeno z vrtenjem Zemlje. Posebna vrsta geosinhronne orbite je geostacionarna orbita, kjer satelit kroži tako, da je za opazovalca na Zemlji videti vedno na istem delu neba. Geosinhronne orbite se nahajajo na višini

35.786 kilometrov nad Zemljinim površjem. Satelitov v tem območju ne moremo več vrniti na Zemljo, zato so inženirji določilo tako imenovano pokopališko orbito, ki se nahaja na nekoliko večji višini. Danes morajo v pokopališko orbito vsi sateliti, ki ne delujejo več. Nekaj starejših nedelujočih satelitov je seveda ostalo v geosinhronih orbitah, saj niso imeli več možnosti spremeniti orbite. Pokopališka orbita ni najboljša dolgoročna rešitev, ker na nedelujoče satelite ter njihove ostanke še vedno delujejo perturbacije gravitacijske sile Zemlje in Lune, svetlobni tlak ter pritisk mikrometeorjev iz vesolja. Vsi ti elementi delujejo zelo počasi, a vseeno lahko v stoletjih in tisočletjih počasi iztirijo satelit ter ga prestavijo v območje aktivnih satelitov.

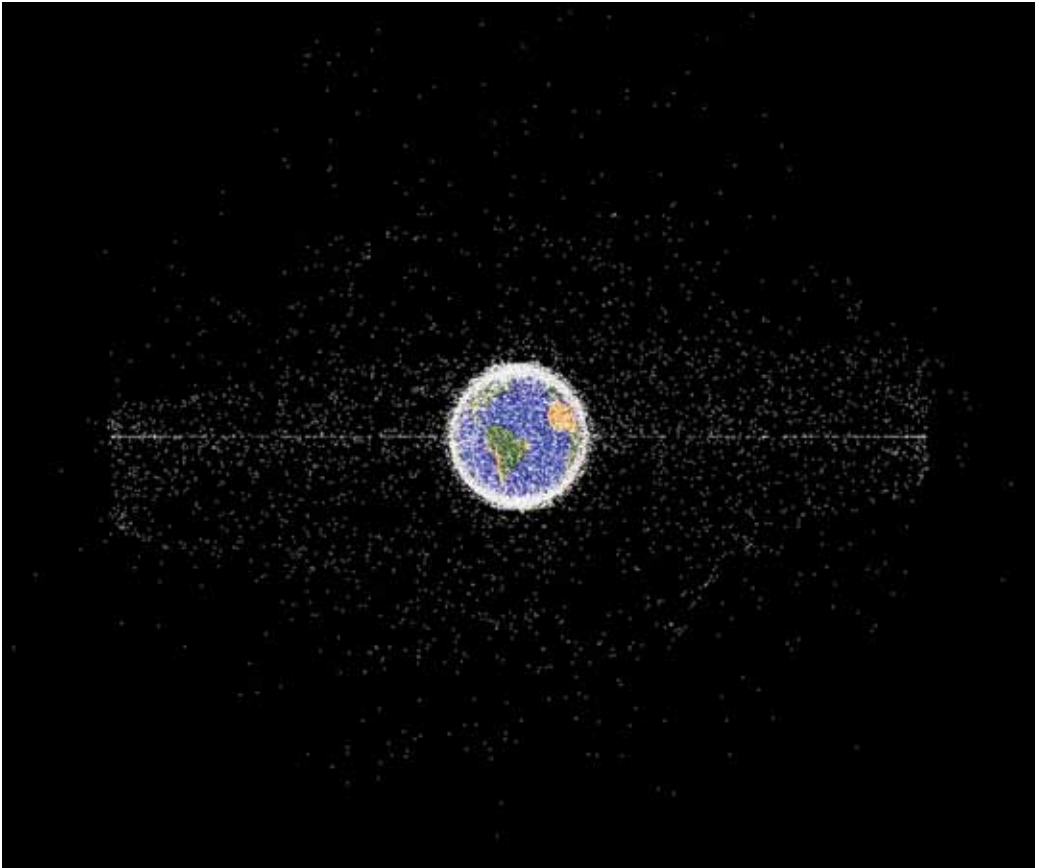
Drugo pomembno območje je nizka Zemljina orbita (NZO) (Low Earth Orbit, LEO). To območje se nahaja na višini od 160 do 2.000 kilometrov nad povprečno Zemljino površino. Trenutno je to najbolj obremenjeno območje vesolja. V nizko Zemljino orbito danes pošiljajo večino novejših komunikacijskih satelitov, kot je na primer sistem satelitov *Starlink*, ki bo, ko bo popolnoma vzpostavljen, vseboval kar 12.000 satelitov. Danes v nizki Zemljini orbiti sledimo okoli 25.000 objektom (smetem), večjih od deset centimetrov. Ocenjeno število smeti, ki so veliki od enega do deset centimetrov, je približno pol milijona. Vse te smeti že danes močno ogrožajo nizko Zemljino orbito in nekateri znanstveniki celo trdijo, da se že kažejo prvi znaki *Kesslerjevega sindroma*. Zato je zelo pomembno, da v tem območju puščamo čim manj smeti. To naredimo tako, da satelit, ki ni več v uporabi, iztirimo. Nato pa ta počasi pade proti Zemlji, kjer večinoma izgori v Zemljinem ozračju. Padci izrabljenih satelitov ter njihovih pogonskih raket so lahko nadzorovani ali nenadzorovani. To pomeni, da v prvem primeru padcev vsaj približno določimo, kam na Zemlji bo predmet padel. V drugem primeru pa lahko predmet pade tudi na poseljena območja.

Vesoljske agencije sedaj aktivno preučujejo in iščejo tudi načine, kako bi predvsem nizko Zemljino orbito počistili. Trenutno poteka več raziskovalnih projektov, kot na primer *ClearSpace-1*, ki ga vodi Evropska vesoljska agencija (ESA), in ELSA-d, ki ga vodi NASA (slovensko Nacionalna zrakoplovna in vesoljska uprava).

Smeti nam padajo na glavo

Kljub temu, da je bil problem nadzorovanih in nenadzorovanih padcev nebesnih smeti na Zemljo že dolgo znan, pa se je o njem do nedavnega le malokrat govorilo. Na njega je skupina astronomov ponovno opozorila v nedavni številki revije *Nature Astronomy*. V študiji so prikazali statistične verjetnosti, da pride do žrtev ali škode zaradi nenadzorovanega padca nebesne smeti na Zemljo. Njihove ugotovitve sicer niso presenetljive, so pa zelo pomenljive. Ugotovili so, da se območja, kjer je večja verjetnost, da pride do žrtev oziroma škode, nahajajo predvsem v gospodarsko revnejših državah. Tako države, ki pošiljajo satelite v vesolje, izvažajo nevarnosti drugam in kljub temu, da je vsaka država odgovorna za škodo, ki jo povzročijo padci njenih smeti, le redko pride do povračila škode. Ugotavljajo tudi, da so kljub pravilom, ki bi verjetnosti za škodo zmanjšale, predvsem Združene države Amerike večkrat uveljavljale izjemo predvsem na podlagi previsokih stroškov. Članek avtorji zaključujejo z ugotovitvijo, da danes ni več tehničnih ovir, da ne bi bili vsi padci ostankov izstrelitev nadzorovani in ne bi ogrožali ljudi in njihovega premoženja. Prav tako predlagajo boljšo zakonodajo, ki bi predvsem zaradi hitre komercializacije vesoljskih odprav obravnavala tudi odgovornost za vse smeti, ki pri tem nastajajo.

Po vsem opisanem moramo vsi dobro premisliti, kam nas tehnološki napredek pelje, in predvsem, kako lahko pravočasno ukrepamo, da ne bomo tudi v vesolju povzročili ekološke katastrofe.



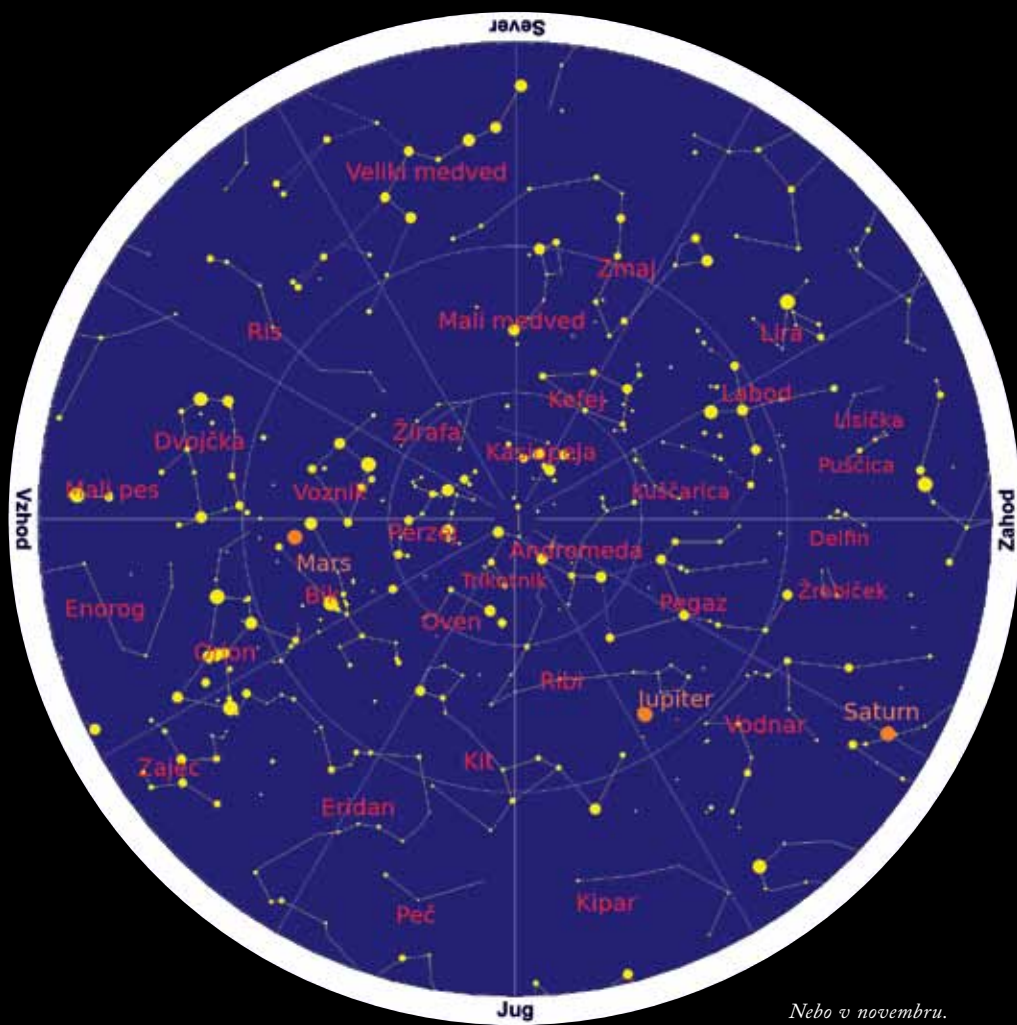
Schematski prikaz nebesnih smeti v geosinhroni in nizki Zemljini orbit. Večina prikazanih predmetov so smeti, kot so nedelujoči sateliti oziroma deli razpadlih satelitov. Trenutno sledimo več kot 25.000 predmetom, ki so večji kot deset centimetrov in pomenijo veliko nevarnost za delujoče satelite in druge vesoljske odprave.

Foto: NASA ODPO.



Ostanek pogonskega rezervoarja rakete, ki je na Zemljo padel v Južni Afriki. Nedavna študija, objavljena v reviji Nature Astronomy, ugotavlja, da so gospodarsko revnejše države južne poloble bistveno bolj obremenjene z verjetnostjo, da bo prišlo do žrtev ali škode zaradi nenadzorovanega padca nebesnih smeti. Zato bi bilo prav, da se sprejmejo mednarodni dogovori, kako izvajati izstrelitve raket in kdo prevzema odgovornost za škodo, ki lahko pri tem nastane.

Foto: Enver Esop / ESA.



*Nebo v novembru.
Datum: 15. 11. 2022.
Čas: 22:00.
Kraj: Ljubljana.*

ISSN 0033-1805



9 770033 180000