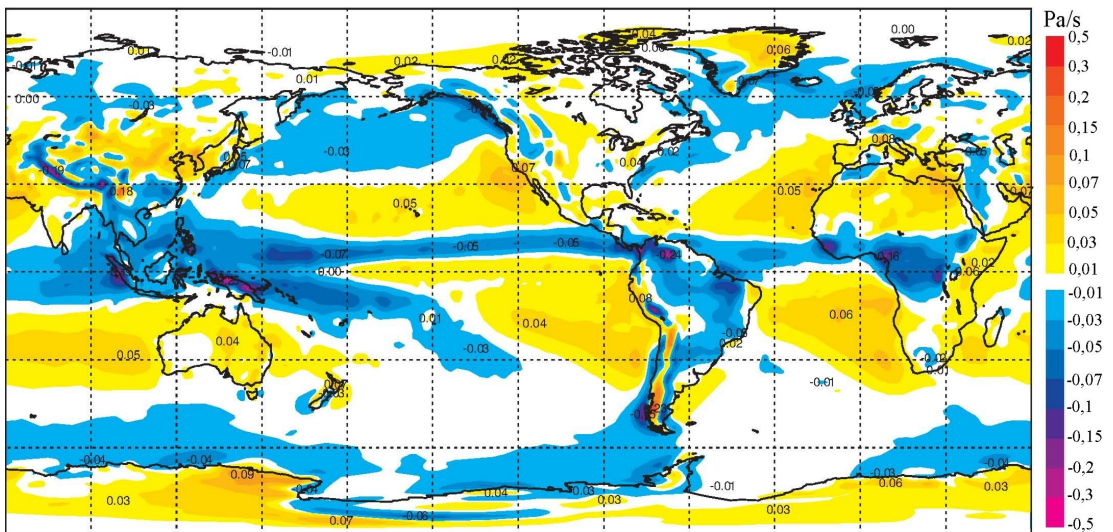


OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO



OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Glasilo Društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije
Ljubljana, JULIJ 2008, letnik 55, številka 4, strani 121–160

Naslov uredništva: DMFA–založništvo, Jadranska ulica 19, p. p. 2964, 1001 Ljubljana
Telefon: (01) 4766 553, 4232 460 **Telefaks:** (01) 4232 460, 2517 281 **Elektronska pošta:** Zaloznistvo@dmfa.si **Internet:** <http://www.obzornik.si/> **Transakcijski račun:** 03100–1000018787 **Devizna nakazila:** SKB banka d.d., Ajdovščina 4, 1513 Ljubljana **SWIFT (BIC):** SKBASI2X **IBAN:** SI56 0310 0100 0018 787

Uredniški odbor: Mirko Dobovišek (glavni urednik), Sašo Strle (urednik za matematiko in odgovorni urednik), Irena Drevenšek Olenik (urednica za fiziko), Damjan Kobal, Peter Legiša, Aleš Mohorič, Petar Pavešić, Nada Razpet, Peter Šemrl, Vladimir Bensa (tehnični urednik).

Jezikovno pregledal Janez Juvan.

Natisnila tiskarna COLLEGIUM GRAPHICUM v nakladi 1300 izvodov.

Člani društva prejema Obzornik brezplačno. Celoletna članarina znaša 21 EUR, za druge družinske člane in študente pa 10,50 EUR. Naročnina za ustanove je 33,38 EUR, za tujino 30 EUR. Posamezna številka za člane stane 4,18 EUR, stare številke 2,17 EUR.

DMFA je včlanjeno v Evropsko matematično društvo (EMS), v Mednarodno matematično unijo (IMU), v Evropsko fizikalno društvo (EPS) in v Mednarodno združenje za čisto in uporabno fiziko (IUPAP). DMFA ima pogodbo o recipročnosti z Ameriškim matematičnim društvom (AMS).

Revija izhaja praviloma vsak drugi mesec. Sofinancirata jo Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter Ministrstvo za šolstvo in šport.

© 2008 DMFA Slovenije – 1717

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

NAVODILA SODELAVCEM OBZORNIKA ZA ODDAJO PRISPEVKOV

Revija Obzornik za matematiko in fiziko objavlja izvirne znanstvene in strokovne članke iz matematike, fizike in astronomije, včasih tudi kak prevod. Poleg člankov objavlja prikaze novih knjig s teh področij, poročila o dejavnosti Društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije ter vesti o drugih pomembnih dogodkih v okviru omenjenih znanstvenih ved. Prispevki naj bodo zanimivi in razumljivi širšemu krogu bralcev, diplomantov iz omenjenih strok.

Članek naj vsebuje naslov, ime avtorja (oz. avtorjev), sedež institucije, kjer avtor(ji) dela(jo), izvleček v slovenskem jeziku, naslov in izvleček v angleškem jeziku, klasifikacijo (MSC oziroma PACS) in citirano literaturo. Slike in tabele, ki naj bodo oštevilčene, morajo imeti dovolj izčrpen opis, da jih lahko večinoma razumemo tudi ločeno od besedila. Avtorji člankov, ki želijo objaviti slike iz drugih virov, si morajo za to sami priskrbeti dovoljenje (copyright). Prispevki so lahko oddani v računalniški datoteki PDF ali pa natisnjeni enostransko na belem papirju formata A4. Zaželen velikost črk je 12 pt, razmik med vrsticami pa vsaj 18 pt.

Prispevke pošljite odgovornemu uredniku ali uredniku za matematiko oziroma fiziko na zgoraj napisani naslov uredništva. Vsak članek se praviloma pošlje dvema anonimnima recenzentoma, ki morata predvsem natančno oceniti, kako je obravnavana tema predstavljena, manj pomembna pa je originalnost (in pri matematičnih člankih splošnost) rezultatov. Če je prispevek sprejet v objavo, potem urednik prosi avtorja še za izvirne računalniške datoteke. Le-te naj bodo praviloma napisane v eni od standardnih različic urejevalnikov \TeX oziroma \LaTeX , kar bo olajšalo uredniški postopek.

Avtor se z oddajo članka strinja tudi z njegovo kasnejšo objavo v elektronski obliki na internetu.

NEKAJ PRIMEROV DVOJNEGA ŠTETJA

SANDI KLAVŽAR

Fakulteta za matematiko in fiziko

Univerza v Ljubljani

Math. Subj. Class. (2000): 05-01, 20B05

Predstavljena je metoda dvojnega štetja ter nekatere njene uporabe v kombinatoriki in teoriji grup.

SOME EXAMPLES OF DOUBLE COUNTING

Double counting is presented and some of its applications in combinatorics and group theory are given.

1. Uvod

Recimo, da ste na koncertu simfoničnega orkestra, kjer poleg dveh skladb, zaradi katerih ste prišli v dvorano, izvajajo tudi dolgočasen klavirski koncert. Od samega dolgčasa ne veste, kaj bi, pa se odločite prešteti glasbenike v orkestru. Najprej se lotite violinistov in violistov, preidete na čeliste in tako nadaljujete do zadnje skupine inštrumentov. Kaj pa, če ste se zmotili? Zato glasbenike preštejete še enkrat, tokrat po vrstah, v katerih sedijo. In dobite isto število. Tako ste ubili dve muhi na mah. Ne samo, da ste ugotovili točno število glasbenikov, tudi klavirski koncert je že skoraj pri kraju.

Opisani primer prevedemo v matematični jezik takole:

Če elemente iste množice preštejemo na dva različna načina, je rezultat enak.

Ugotovitev poimenujemo *metoda dvojnega štetja*, včasih ji rečemo tudi *princip dvojnega štetja*. Metoda je na videz zelo preprosta, vendar je prvi vtis varljiv. Izkaže se namreč, da je izjemno močno orodje, ki ni uporabno samo v kombinatoriki in teoriji množic, temveč tudi na mnogih drugih področjih matematike.

V nadaljevanju tega razdelka si bomo poglobljevali metodo dvojnega štetja ter med drugim prepoznali pravilo štetja parov kot njen poseben primer. Nato bomo v treh razdelkih nanizali nekaj značilnih uporab metod.

Ko na dva različna načina preštevamo elemente množice, nas poleg moči množice lahko zanima še kakšna druga njena lastnost. Za ilustracijo, kaj

imamo v mislih, si izberimo matriko A reda $m \times n$ z elementi a_{ij} ter vsem znano enakost

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij}. \quad (1)$$

V enakosti (1) na levi seštejemo tako, da najprej seštejemo po vrsticah, nato pa seštejemo vrstične vsote, medtem ko na desni seštejemo tako, da najprej seštejemo po stolpcih ter nato seštejemo stolpčne vsote. Zato enakost (1) pomeni dvojno štetje, kjer pa smo hkrati, ko smo na dva načina pregledali elemente matrike A , te tudi sešteli.

Poseben primer metode dvojnega štetja je tudi pravilo štetja parov. Naj bo $R \subseteq A \times B$ binarna relacija, kjer sta A in B končni množici. Za dani $a \in A$ naj bo

$${}_aR = \{(a, b) \mid b \in B, (a, b) \in R\}$$

ter podobno, za izbrani $b \in B$, naj bo

$$R_b = \{(a, b) \mid a \in A, (a, b) \in R\}.$$

Za končno množico X označimo z $|X|$ število njenih elementov. Tedaj *pravilo štetja parov* pravi, da velja

$$|R| = \sum_{a \in A} |{}_aR| = \sum_{b \in B} |R_b|. \quad (2)$$

Pravilo torej na dva različna načina določi moč relacije R . Ker zapis (2) verjetno marsikomu ni najbolj nazoren, si ga je koristno predstavljati s pomočjo matrike $M(R)$ relacije R . $M(R)$ je matrika, katere vrstice ustrezajo elementom iz A , stolpci elementom iz B , pri čemer je element matrike, ki ustreza paru $a \in A$ in $b \in B$, enak 1, če je $(a, b) \in R$, sicer pa 0. Iz tega zornega kota pravilo štetja parov postane poseben primer enakosti (1), saj v matriki relacije na dva načina seštejemo njene enice.

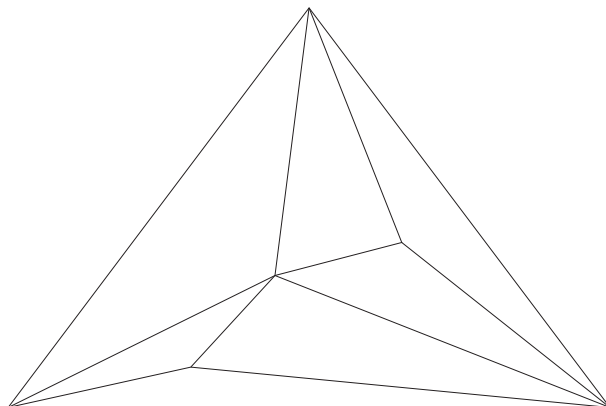
2. Trije preprosti primeri

Primer 1 (Lema o rokovanju). Kot prvi preprost primer uporabe pravila dvojnega štetja si oglejmo naslednji osnovni rezultat teorije grafov, ki ga bomo potrebovali tudi v nadaljevanju. Spomnimo se, da je *stopnja vozlišča* število njegovih sosedov.

Lema (o rokovanju). Naj bo $G = (V, E)$ graf. Tedaj je vsota stopenj vozlišč enaka dvakratniku števila povezav: $\sum_{v \in V} d(v) = 2|E|$.

Dokaz leme o rokovanju je preprosta uporaba pravila štetja parov. Relacijo $R \subseteq V \times E$ vpeljemo tako, da je vozlišče $v \in V$ v relaciji s povezavo $e \in E$, če je v krajišče od e . Potem nam prva vsota v (2) sešteje stopnje vozlišč, druga pa vrne dvakratnik povezav. (Več o lemi o rokovanju si lahko preberemo v [5].)

Primer 2 (Triangulacije sfere). Imejmo poljubno triangulacijo sfere. (Na takšno triangulacijo lahko ekvivalentno gledamo tudi kot na ravninski graf, ki je vložen v ravnino tako, da je vsako lice omejeno s ciklom dolžine 3.) Glej sliko 1.



Slika 1. Ravninska triangulacija

Naj bo E množica robov triangulacije sfere ter T množica njenih (trikotniških) lic. Na primer, triangulacija s slike 1 premore 8 lic (ne pozabimo zunanjega lica) ter 12 robov. Vpeljimo relacijo $R \subseteq E \times T$ na naraven način: rob je v relaciji s trikotnikom, če tvori njegovo stranico. Potem pravilo štetja parov pove, da velja naslednja zveza med številom robov in lic triangulacije sfere:

$$2|E| = 3|T|.$$

Primer 3 (Vsota prvih n naravnih števil). Nazadnje pogledjmo kvadratno matriko A reda $(n + 1)$. Določimo število elementov matrike A na

dva načina. Seveda je število elementov v A enako $(n+1)^2$. Po drugi strani matriko A sestavljajo diagonala ter zgornji in spodnji trikotnik:

$$\begin{array}{cccccc} \times & \bullet & \bullet & \bullet & \cdots & \bullet \\ \circ & \times & \bullet & \bullet & \cdots & \bullet \\ \circ & \circ & \times & \bullet & \cdots & \bullet \\ \circ & \circ & \circ & \times & \cdots & \bullet \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \circ & \circ & \circ & \circ & \cdots & \times \end{array}$$

Trikotnika vsebujeta isto število elementov, ki ga označimo z x . Vseh elementov v A je tako $(n+1) + 2x$. Od tod po metodi dvojnega štetja dobimo

$$(n+1)^2 = (n+1) + 2x,$$

od tu pa preberemo

$$x = \frac{n(n+1)}{2}.$$

Ker imamo v zgornjem trikotniku matrike A ravno $1+2+\dots+n$ elementov, smo izpeljali formulo za vsoto prvih n naravnih števil. Ta izpeljava ni tako poznana, kot je slavna Gaussova ideja, da seštejemo prvi in zadnji element, drugi in predzadnji, ..., pa tudi indukcija ni potrebna.

3. Binomski izrek in n -kocke

Kombinatorične enakosti so seveda zanimive same po sebi. Še dodatno vrednost pa pridobijo, če imajo kakšno interpretacijo. Eden pomembnih načinov pri iskanju interpretacije je ravno uporaba dvojnega štetja. V tem razdelku bomo opisali tak primer iz [2].

Ko po binomskem izreku zapišemo

$$(1+x)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k \tag{3}$$

in odvajamo (3), dobimo

$$n(1+x)^{n-1} = \sum_{k=1}^n k \binom{n}{k} x^{k-1}. \tag{4}$$

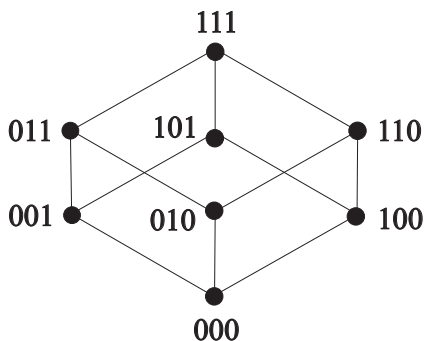
Nekaj primerov dvojnega štetja

Za $x = 1$ enakost (4) postane:

$$n2^{n-1} = \sum_{k=1}^n k \binom{n}{k}. \quad (5)$$

Sedaj pa si pogledjmo drug način, kako pridemo do enakosti (5). Kot smo že omenili, pri tem ne gre samo za to, da enakost izpeljemo na drug način, pomembneje je, da nam bo drugi način podal tudi vsebinsko razlago za enakost.

Razred n -kock je že bil vpeljan v Obzorniku [3], zato se tu le na hitro spomnimo definicije. Za $n \geq 1$ je n -kocka Q_n graf, katerega vozlišča so vsi binarni nizi dolžine n ; vozlišči sta sosednji, če se razlikujeta na natanko enem mestu. Na sliki 2 je prikazana 3-kocka Q_3 .



Slika 2. 3-kocka Q_3

Preštejmo povezave v $Q_n = (V_n, E_n)$. Najprej opazimo, da ima vsako vozlišče n sosedov. Ker je $|V_n| = 2^n$, iz leme o rokovanju preberemo

$$n2^n = 2|E_n|,$$

torej je

$$|E_n| = n2^{n-1}.$$

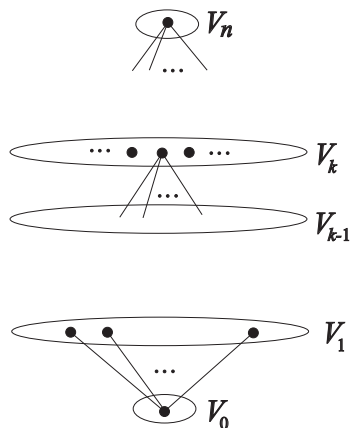
Preštejmo povezave v Q_n še na drug način. Posebej odlikujmo vozlišče $v = 00 \dots 0$. Vozlišča n -kocke razdelimo v množice

$$V_0, V_1, \dots, V_n,$$

kjer so v množici V_k , $0 \leq k \leq n$, vozlišča, ki imajo natanko k enic. Na primer, v V_1 imamo n vozlišč, saj imamo eno enico lahko na enem izmed n

mest, medtem ko sta v V_0 in v V_n le po eno vozlišče. V splošnem, množica V_k vsebuje $\binom{n}{k}$ vozlišč, saj na toliko načinov lahko izberemo k mest, na katerih so enice.

Naj bo e poljubna povezava n -kocke Q_n . Tedaj se njeni krajišči razlikujeta na enem mestu. Zato obstaja tak indeks k , $1 \leq k \leq n$, da eno krajišče povezave e leži v množici V_k , drugo krajišče pa v V_{k-1} . Situacija je shematično prikazana na sliki 3. (Primerjaj tudi sliko 2.)



Slika 3. Razdelitev vozlišč n -kocke

Povezave zato lahko preštejemo tudi tako, da za vsako vozlišče v , recimo da je $v \in V_k$, pogledamo, koliko sosedov ima v V_{k-1} . Ker je $v \in V_k$, vsebuje k enic. Če poljubno njegovo enico spremenimo v ničlo, dobimo vozlišče iz V_{k-1} , ki je sosed v . Zato ima vozlišče v v množici V_{k-1} natanko k sosedov. Torej je vseh povezav v Q_n ravno

$$1 \binom{n}{1} + 2 \binom{n}{2} + \dots + n \binom{n}{n} = \sum_{k=1}^n k \binom{n}{k}.$$

Ker smo zgoraj po drugi poti ugotovili, da je vseh povezav v Q_n tudi $n2^{n-1}$, smo tako izpeljali enakost (5).

4. Orbite in stabilizatorji permutacijskih grup

Za ilustracijo široke uporabnosti pravila dvojnega štetja se podajmo še v teorijo grup.

Naj bo X končna množica. Tedaj bijektivni preslikavi $X \rightarrow X$ pravimo *permutacija* množice X . Množica permutacij množice X tvori *permutacijsko grupo*, če tvori grupo za običajno komponiranje funkcij. Kadar pa grupa vsebuje vse permutacije množice X , permutacijsko grupo imenujemo *simetrična grupa* nad X .

Naj bo torej G permutacijska grupa na končni množici X . Glede na grupo G lahko v množico X vpeljemo relacijo \sim s predpisom: $x \sim y$, če obstaja $g \in G$, da je $g(x) = y$. Relacija \sim je ekvivalenčna relacija, njene ekvivalenčne razrede imenujemo *orbite* grupe G na X . Orbito, ki ji pripada $x \in X$, označimo Gx , torej

$$Gx = \{y \in X \mid \exists g \in G: g(x) = y\}.$$

Vpeljimo še množico permutacij $G(x \rightarrow y)$ s predpisom

$$G(x \rightarrow y) = \{g \in G \mid g(x) = y\}.$$

$G(x \rightarrow x)$ imenujemo *stabilizator* elementa x in ga označimo z G_x .

Lema 1. *Naj bo $y \in Gx$. Tedaj velja $|G_x| = |G(x \rightarrow y)|$.*

Lema 1 hitro sledi iz definicij, zato vabimo bralca, da se sam prepriča o njeni veljavnosti. Mi pa dokažimo naslednji pomemben izrek, ki je tudi cilj tega razdelka.

Izrek 2. *Naj bo X končna množica in G permutacijska grupa na X . Tedaj za vsak element $x \in X$ velja*

$$|G| = |Gx| \cdot |G_x|.$$

Dokaz. Izberimo poljuben element x množice X in ga fiksirajmo. Naj bo M matrika reda $|G| \times |X|$, katere vrstice so indeksirane z elementi grupe G , stolpci pa z elementi množice X . Potem za $g \in G$ in $y \in X$ ustrezen element v M postavimo na 1, če je $g(x) = y$, sicer naj bo 0.

Štetje enic matrike M po vrsticah je preprosto: ker je $g \in G$ permutacija, imamo v vsaki vrstici natanko eno enico, torej imamo po vseh vrsticah $|G|$ enic.

Poglejmo še stolpce. Naj bo $y \in X$. Tedaj imamo v pripadajočem stolpcu po definiciji množice $G(x \rightarrow y)$ ravno $|G(x \rightarrow y)|$ enic. Če je $y \in Gx$, je po lemi 1 v tem stolpcu $|G_x|$ enic. Če y ni v orbiti elementa x , ni v stolpcu nobene enice. Torej je število vseh enic po stolpcih enako $|Gx| \cdot |G_x|$, in dokaz je končan. ■

LITERATURA

- [1] P. J. Cameron, *Combinatorics: Topics, Techniques, Algorithms*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- [2] M. L. Gargano, J. F. Malerba in M. Lewinter, *Hypercubes and Pascal's triangle: A tale of two proofs*, *Math. Mag.* **76** (2003), str. 216–217.
- [3] S. Klavžar, *Zeckendorfov izrek in Fibonaccijeve kocke*, *Obzornik mat. fiz.* **50** (2003) 6, str. 175–183.
- [4] J. Matoušek in J. Nešetřil, *Invitation to Discrete Mathematics*, Clarendon Press, Oxford, 1998.
- [5] R. J. Wilson in J. J. Watkins, *Uvod v teorijo grafov*, Knjižnica Sigma 63, DMFA Slovenije, Ljubljana, 1997.

VESTI

NOVI ČLANI DRUŠTVA V LETU 2007*

Lani se je v Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije včlanilo 28 novih članov:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 2246. Ančev Doroteja | 2260. Kukovič Nataša |
| 2247. Banko Jaka | 2261. Majaron Tinka |
| 2248. Brcar Savina | 2262. Markun Boštjan |
| 2249. Bregar Rudi | 2263. Markun Urška |
| 2250. Čede Urška | 2264. Novak Vehovar Jana |
| 2251. Dominko Rok | 2265. Petek Jasmina |
| 2252. Frangež Herman Mateja | 2266. Plemenitaš Albina |
| 2253. Gorišek Angela | 2267. Povh Janez |
| 2254. Gornik Lidija | 2268. Praprotnik Matej |
| 2255. Harb Nada | 2269. Štrukelj Mitja |
| 2256. Jagodič Marko | 2270. Tajnik Franc |
| 2257. Jazbec Simona | 2271. Toplak Stanislava |
| 2258. Knap Žiga | 2272. Tratnik Miran |
| 2259. Koderman Ivo | 2273. Vidmar Marko |

Vladimir Bensa

*Novi člani DMFA Slovenije za leto 2006 so bili objavljeni v *Obzorniku za matematiko in fiziko* **54** (2007) 3, stran XIX.

ENERGETIKA DOGAJANJ V OZRAČJU¹

II. DEL: ENERGIJSKE PRETVORBE

JOŽE RAKOVEC

Fakulteta za matematiko in fiziko
Univerza v Ljubljani

PACS: 92.60.Vb, 92.60.Bh

V drugem delu pa s pomočjo energijskih enačb podrobneje prikažemo, katere pretvorbe energije uravnavajo vremenska dogajanja: iz diferencialnega dovoda in odvoda toplote s sončnim obsevom in infrardečim zemeljskim izsevom prek razpoložljive skupne potencialne energije v kinetično energijo ozračja in iz te prek viskoznega trenja v notranjo energijo.

ENERGETICS OF ATMOSPHERIC PROCESSES PART II.: ENERGY TRANSFORMS

In Part II is explained, with a help of the energy equations, which are the energy transforms that govern the weather processes: from the differential heating/cooling by the solar irradiance and the infrared terrestrial radiant exitance through the available potential energy into the kinetic energy of the atmosphere, and from it by the viscous friction into the internal energy.

4. Notranja in potencialna energija

Ker je sončno ogrevanje vir praktično vse energije za procese na Zemlji, torej tako kinetična kot tudi potencialna in notranja energija ozračja izvira iz dovoda toplote, ki jo zrak dobiva pretežno prek tal; le manjši del, okrog 20 % od povprečnega sončnega obseva se namreč neposredno absorbira v ozračju. Od tal dobiva toploto prevsem spodnja plast ozračja: z infrardečim sevanjem, s tokom zaznavne in s tokom latentne toplote. Za sedaj začasno zanemarimo „latentno“ in obravnavajmo samo zaznavno notranjo energijo. Zraku dovedena toplota delno povečuje zaznavno notranjo energijo $dW_{nz} = mc_v dT$, delno pa se porablja za to, da ob razpenjanju – povečevanju volumna dV zrak odriva svojo okolico in opravlja delo: $dA = p dV$. Energijski zakon (brez upoštevanja latentne notranje energije) lahko zapišemo na dva načina:

$$dQ = mc_v dT + p dV = mc_p dT - V dp.$$

Ker pa je zračni tlak pri tleh hidrostatični tlak – torej odvisen samo od mase zraka v celotnem stolpcu nad obravnavano površino – se tlak ob dodajanju

¹Predavanje 20. marca 2007 na Institutu Jožef Stefan v okviru Stefanovih dni

toplote praktično nič ne spremeni. Zato je zadnji člen na desni strani enačbe $Vdp \approx 0$:

$$dQ \approx mc_p dT.$$

Torej se ob segrevanju zračnega stolpca vsa dovedena toplota porabi za spremembo entalpije $mc_p dT$, in zato je $dQ = c_v/c_p dQ + p dV$, od koder izračunamo delež, porabljen za delo ob razpenjanju:

$$dA = p dV = \left(1 - \frac{c_v}{c_p}\right) dQ = 0,29 dQ,$$

(pri čemer smo upoštevali, da je za zrak $c_v = 717 \text{ J/kgK}$ in $c_p = 1004 \text{ J/kgK}$) in tistega za povečevanje notranje energije

$$dW_{nz} = 0,71 dQ.$$

Če torej za zdaj ne obravnavamo energije, potrebne za izhlapevanje (in s tem povečevanje latentne notranje energije), gre torej približno 29 % zraku dovedene toplote za raztezanje zraka, približno 71 % pa za povečevanje zaznavne notranje energije. Kam pa se zrak razteza? Na vse strani? Ne, ker je obdan z drugimi deli zraka, ki se tudi segrevajo in raztezajo, se lahko raztegne samo navzgor. Ob tem pa se mu dvigne težišče in s tem poveča potencialna energija. Za koliko? Oglejmo si potencialno energijo celotnega stolpca zraka nad površino S :

$$\frac{W_p}{S} = \frac{1}{S} \int_m g z dm = \int_0^\infty \rho g z dz = - \int_{p_0}^0 z dp = -z p \Big|_{\infty, 0}^{0, p_0} + \int_0^\infty p dz = \int_0^\infty \rho R T dz.$$

Vidimo, da je potencialna energija odvisna od temperature v zračnem stolpcu – tako kot seveda zaznavna notranja energija:

$$\frac{W_n}{S} = \frac{1}{S} \int_m c_v T dm = \int_0^\infty \rho c_v T dz.$$

Izraza za obe obliki energije sta si do konstante podobna:

$$\frac{W_p}{S} = \frac{R}{c_v} \frac{W_{nz}}{S}.$$

V ozračju sta torej potencialna in zaznavna notranja energija celotnega stolpca zraka od tal do vrha ozračja med seboj tesno povezani in obe odvisni

od temperature. Zato je smiselno definirati *polno potencialno energijo* PE celotnega zračnega stebra:

$$PE \equiv \frac{W_p}{S} + \frac{W_{nz}}{S} = \int_0^{\infty} \rho c_p T dz.$$

Polna oziroma skupna potencialna energija zračnega stolpca je torej zaznavna entalpija tega stolpca – to je količina, za katero smo že ugotovili, da se zanjo porablja en del dovoda toplote; drugi del pa se porabi za izhlapevanje in s tem skoraj izključno za povečevanje latentne notranje energije, kar smo dosedaj pustili ob strani.

5. Energijske pretvorbe

Ugotovili smo, da sončno obsevanje povečuje totalno potencialno energijo in latentno notranjo energijo ozračja. Ker se morajo energijska neravnovesja na Zemlji izravnati s prenosi energije z zračnimi in morskimi tokovi, nas seveda zanima, kako iz sončne energije dobimo kinetično energijo gibanj v ozračju. Zato zapišemo enačbe za vse tri vrste energije: kinetično, potencialno in notranjo energijo. Izhajamo iz sistema meteoroloških enačb in začnemo z gibalno enačbo:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \frac{1}{\rho}\nabla \cdot \mathbf{P} - 2\vec{\Omega} \times \vec{v} + \vec{g},$$

ki pove, da se zrak pospešuje ali zavira zaradi (specifičnih) sil, ki nanj delujejo: sile gradienta tlaka $-\frac{1}{\rho}\nabla p$, viskoznostnih sil $\frac{1}{\rho}\nabla \cdot \mathbf{P}$ (\mathbf{P} je viskoznostni del napetostnega tenzorja), zaradi (sistemske) Coriolisove sile na vrteči se Zemlji $-2\vec{\Omega} \times \vec{v}$ in zaradi teže, ki je vsota gravitacijske sile in radialnega pospeška na vrteči se Zemlji, $\vec{g} = -\nabla\Phi^* - \Omega^2\vec{R}$. To enačbo skalarno pomnožimo z $\rho\vec{v}$ in dobimo enačbo za kinetično energijo na enoto volumna:

$$\rho \frac{1}{2} \frac{dv^2}{dt} = \frac{m}{V} \frac{dw_k}{dt} = -\vec{v} \cdot \nabla p + \vec{v} \cdot (\nabla \cdot \mathbf{P}) - 0 + \rho \vec{v} \cdot \vec{g}.$$

Zapišemo jo v *bilančni obliki*, kar pomeni, da lokalno spremembo, ki jo izraža parcialni odvod po času, zapišemo skupaj s konvergenco vseh različnih pretokov energije na eni strani enačbe, morebitne vire in ponore kinetične energije pa na desni strani:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho w_k) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} w_k + p \vec{v} - \mathbf{P} \cdot \vec{v}) = \frac{p}{V} \frac{dV}{dt} - \varepsilon + \rho \vec{v} \cdot \vec{g}.$$

Viri kinetične energije so torej opravljeno delo ob razpenjanju zraka ($\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = -\nabla \cdot \vec{v}$), disipacija zaradi dela viskoznih sil $\varepsilon \equiv \mathbf{P} : \nabla \otimes \vec{v}$ je vedno ponor kinetične energije ($\mathbf{P} : \nabla \otimes \vec{v}$ je vedno pozitivna količina, saj je \mathbf{P} enolično definiran s poljem hitrosti), delo zoper težo pri dviganju zraka pa je ponor kinetične energije (ali pa – pri spuščanju – vir zanjo). Obenem je to seveda edini vir za težnostno potencialno energijo – le-to pridobimo lahko izključno z delom proti sili teže:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho w_p) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} w_p) = -\rho \vec{v} \cdot \vec{g}.$$

Kaj pa notranja energija na enoto volumna? Spet izhajamo iz termodinamske energijske enačbe, pri čemer pa delo malo bolj natančno opredelimo: delo navzven zrak opravlja z raztezanjem in s tem „odrivanjem“ okolišnjih zračnih mas – v našem primeru navzgor, pa tudi z delom notranjih viskoznih sil v volumnu V ; to je ravno tisto delo, ki pomeni disipacijo kinetične energije v zaznavno notranjo energijo: $dA = p dV - \varepsilon V$. Zato je:

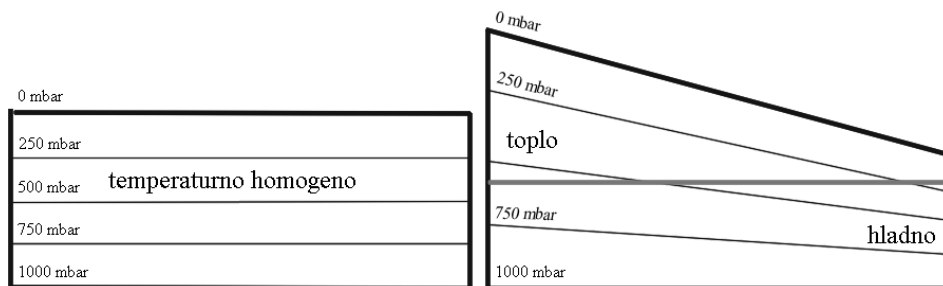
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho w_{nz}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} w_{nz} - \vec{j}_Q) = -\frac{p}{V} \frac{dV}{dt} + \varepsilon.$$

Tako vidimo, da so viri in ponori za kinetično energijo ravno ponori in viri polne potencialne energije $\rho(w_p + w_{nz})$. Kinetična energija ozračja nastaja iz polne potencialne energije ozračja – točneje: samo iz t. i. **razpoložljive** polne potencialne energije APE (*available potential energy*).

6. Razpoložljiva potencialna energija

Zrak miruje samo, če so sile, ki nanj delujejo, v ravnovesju. Po vertikali je to ravnovesje med vzgonom (vertikalno komponento gradientne sile zaradi tlačnih razlik) in težo. Za to, da se zrak pospešuje v gibanje, je potrebno neravnovesje: po vertikali se pojavi konvekcija navzgor, kadar je specifična sila vzgona $-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}$ večja od specifične sile teže g . Po horizontali pa je edina sila, ki lahko spravi zrak v gibanje, horizontalni del specifične gradientne sile $-\frac{1}{\rho} \nabla_h p$. Horizontalni gradient tlaka se med ekvatorjem in poloma (torej na planetarnih razsežnostih) pojavi zaradi diferencialnega ogrevanja, ko imajo različno ogrete zračne plasti različno visoko težišče (slika 8), pri tem pa se masa zraka v zračnih stolpcih nič ne spremeni in zato tudi zračni tlak pri tleh ne. Spremembe skupne mase v celotnem stolpcu zraka in s tem tudi zračnega tlaka pri tleh (ter s tem nastanke npr. ciklonov in anticiklonov), pa

lahko povzročijo izključno konvergence in divergence v zračnih tokovih (ko se zrak torej že premika), s katerimi se nekje nakopiči večja masa zraka ali pa se zrak iz nekega območja razteče naokrog.

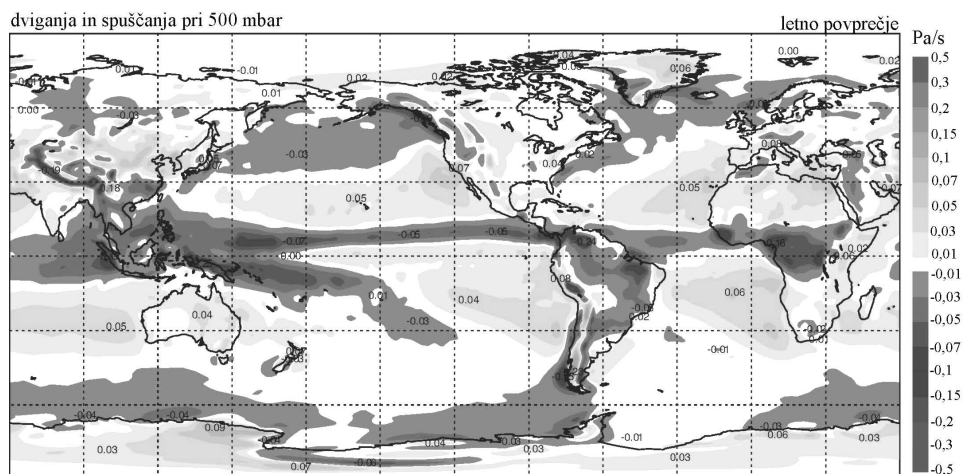


Slika 8. Diferencialno ogrevanje povzroči nagib posameznih ploskev zračnega tlaka in s tem horizontalni gradient tlaka v višinah (na desni sliki vzdolž debele sive črte), pri čemer se zračni tlak pri tleh nič ne spremeni.

V začetku 18. stoletja je Hadley² ugotovil, da konvekcija ob najtoplejših predelih ekvatorja povzroča tam dviganje zraka, zato pri tleh tlak nekoliko pade, v višinah pa se poveča, kar povzroča tok zraka pri tleh proti ekvatorju, v višinah pa proti poloma. Hadley si je tedaj zamišljal, da ta cirkulacija sega prav do obeh polov; že tedaj pa ga je begalo vprašanje, zakaj v zmernih in visokih širinah prevladujejo zahodniki. Danes vemo, da Hadleyjeva celica z dviganjem ob ekvatorju in spuščanjem v subtropih (slika 9) in s pasati in antipasati sega le prek tropov. Bolj proč od ekvatorja Coriolisov pospešek oziroma Coriolisova sistemska sila bistveno vpliva na gibanje zraka (zahodniki zmernih in visokih zračnih širin) in zato Hadleyjeva cirkulacije nikakor ne more segati do obeh polov. No vseeno: že Hadley je v bistvu prav razložil sistem meridionalne cirkulacije ozračja – vsaj za trope in subtrope.

Danes seveda tudi vemo, da je za kinetično energijo razpoložljiv samo tisti del skupne potencialne energije ozračja, ki ima krajevne razlike: potrebni so horizontalni gradienti tlaka, če naj horizontalni del gradientne sile povzroči horizontalne tokove. Prvo idejo o razpoložljivi potencialni energiji APE je

²George Hadley (1685–1768), angleški pravnik in amaterski meteorolog, ki je razložil sistem pasatov. Po njem se poleg Hadleyjevih celic meridionalne cirkulacije ozračja imenujeta tudi Hadley Centre for Climate Prediction and Research v okviru angleške meteorološke službe in krater na Marsu [13].



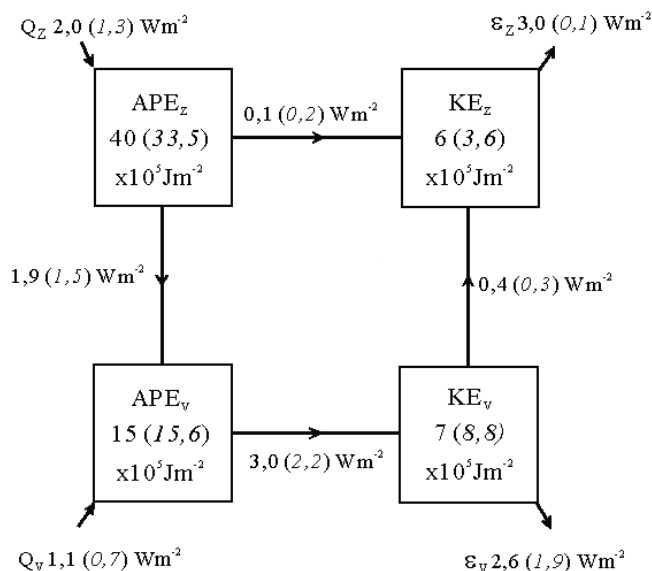
Slika 9. Letno povprečje dviganja predvsem ob termičnem ekvatorju (najbolj ogretem pasu okrog Zemlje) in spuščanja predvsem v subtropih na ploskvi 500 mbar – v enotah sprememb tlaka s časom v dvigajočem se zraku (zmanjševanje tlaka) oz. v spuščajočem se zraku (povečevanje tlaka). Vrednost $-0,1$ Pa/s ustreza pri temperaturi okrog -20 °C, ki je za 500 mbar nekako običajna, vertikalnemu dviganju s hitrostjo okrog $1,5$ cm/s. Skupaj s pasati pri tleh in antipasati v višinah ta dviganja in spuščanja oblikujejo Hadleyjevo celico meridionalne cirkulacije (po re-analizah ECMWF [4], barvna slika je na naslovnici).

imel Margules³ [14]; sodobno in popolno razlago pa je podal Lorenz⁴ (poleg v originalnem Lorenzovem članku [15], je koncept APE opisan tudi v npr. v [16]).

Na sliki 10 je jasno razvidno, da je največji rezervoar razpoložljive potencialne energije za povprečni zonalni tok APE_Z – to je tisti za zahodnike, okrog $40 \cdot 10^5 \text{ Jm}^{-2}$. Je pa na prvi pogled nekoliko nepričakovano dejstvo, da ni glavna energijska pretvorba neposredno iz tega rezervoarja v kinetično energijo zonalnega toka KE_Z , temveč potekajo pretvorbe prek motenj – meridionalnih vrtincev, in sicer prek potencialne energije za gibanje vrtincev APE_V v kinetično energijo vrtincev KE_V , ki potem „poganjajo“ tudi zonalni tok s kinetično energijo KE_Z . Razlog za to smo že omenili: veliki gradienti med ekvatorjem in poloma (ki pomenijo velik APE_Z) težijo k izravnavam. Ker pa so meridionalne izmenjave učinkovite le v tropih in subtropih (v Hadleyjevi celici), v višjih geografskih širinah pa ne, ker tam Coriolisov efekt

³Max Margules (1856–1920), avstrijski meteorolog, po njem se imenuje enačba, ki opisuje nagib fronte [13].

⁴Edward Norton Lorenz (roj. 1917), ameriški matematik in meteorolog, pionir teorije determinističnega kaosa, pri študiju konvekcije v ozračju je odkril t. i. „čudni atraktor“ [13].

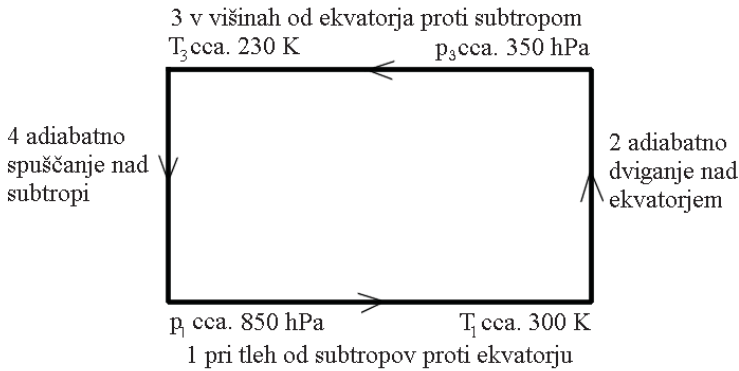


Slika 10. Pretvorbe in zaloge energije (po Lorenzu) v zonalnem načinu gibanja in v gibanju vrtincev na severni polobli; povzeto po modelskih rezultatih re-analiz NCEP/NCAR ([8], vrednosti v pokončnem tisku) in po starejših ocenah Oorta in Peixota ([17], vrednosti v oklepajih in s kurzivno pisavo).

„preobrne“ proti poloma usmerjene tokove v zahodnike, kakega „povprečnega“ meridionalnega prenosa tam niti ni. To povzroči, da se gradienti še naprej povečujejo, kar privede do barokline nestabilnosti (prek čezmernega povečevanja APE_V) in s tem do močnih perturbacijskih prodorov toplih in hladnih zračnih mas proti polu oziroma proti subtropom – KE_V . No, to pri nas dobro poznamo – to je naše spremenljivo vreme.

7. Učinkovitost energijskih pretvorb

Že iz slike 10 vidimo, da se zaloga obeh oblik razpoložljive potencialne energije APE_Z in APE_V skupaj polni s sorazmerno majhno gostoto moči okrog 3 Wm^{-2} . To je zelo malo v primerjavi s povprečno gostoto moči na Zemlji absorbirane sončne energije, ki je, kot smo povedali v drugem poglavju, 236 Wm^{-2} . Torej je učinkovitost „atmosferskega toplotnega stroja“ zelo majhna – okrog enega odstotka. Posebej za trope in subtroje, kjer pa imamo zaključeno cirkulacijo v Hadleyjevi celici, pa lahko naredimo tudi oceno učinkovitosti s pomočjo modela Carnotovega toplotnega stroja.



Slika 11. Ozračje v tropih in subtropih kot Carnotov toplotni stroj

Zrak se 1) pri tleh s pasatnimi vetrovi steka proti ekvatorju (na sliki 11 spodaj od leve proti desni): recimo, da ima ta „toplejša stran“ temperaturo okrog $T_1 \approx 300$ K. Ob ekvatorju se 2) konvekcijsko dviga in pri tem adiabatno razpenja in seveda pri tem ohlaja – recimo do temperature $T_2 \approx 230$ K. Potem se 3) v antipasatih pomika proti subtropom (na sliki 11 zgoraj od desne proti levi). Tu se 4) spušča navzdol, se pri tem adiabatno stiska (in ob tem segreva). Kako zapišemo ustrezni Carnotov cikel? Ker imamo v ozračju težave z ocenjevanjem volumnov, zapišemo delo drugače: $p dV = V dp - mR dT$. Opravljeno delo v enem ciklu je torej:

$$\oint \frac{p dV}{m} = \oint \frac{V dp}{m} - \oint R dT.$$

Zadnji člen je krivuljni integral totalnega diferenciala in zato enak nič. Tako ostane samo:

$$\oint \frac{p dV}{m} = \oint \frac{V dp}{m} = \oint \frac{RT}{p} dp.$$

Vzdolž poti z diabatnimi spremembami, ko zrak potuje horizontalno, se tlak skoraj nič ne spreminja in je $dp \approx 0$, kar pomeni, da se vzdolž horizontalnih odsekov poti 1) in 3) ne opravlja skoraj nič dela. Vzdolž obeh delov poti z adiabatnimi spremembami pa se spreminja tlak za dp , in ob tem temperatura adiabatno $T = T_0 \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{R}{c_p}}$. Torej velja:

$$\oint \frac{p dV}{m} = \int_{p_1}^{p_3} \left(\frac{RT_1}{p_1}\right)^{\frac{R}{c_p}} p^{\frac{R}{c_p}-1} dp + \int_{p_3}^{p_1} \left(\frac{RT_3}{p_3}\right)^{\frac{R}{c_p}} p^{\frac{R}{c_p}-1} dp =$$

$$\begin{aligned}
&= -c_p T_1 \left[\left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{R}{c_p}} - 1 \right] - c_p T_3 \left[\left(\frac{p_1}{p_3} \right)^{\frac{R}{c_p}} - 1 \right] = \\
&= (67\,480 - 66\,670) \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 800 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.
\end{aligned}$$

Ko upoštevamo (podatki po [16]), da se v pasatih giblje okrog $m \approx 10^{18}$ kg zraka, da eno zaokroženje v njih traja $t \approx 1$ mesec, kar je približno $3 \cdot 10^6$ s, in da je področje veliko $S \approx 1,5 \cdot 10^{14}$ m², dobimo za ploskovno gostoto moči $W_k/S \approx 5,4$ Wm⁻². Torej spet dober odstotek ali dva od gostote absorbirane moči sončnega sevanja v tropih in subtropih.

Ali je torej to, da je ozračje sorazmerno neučinkovit toplotni stroj, morda slabo? Ne bi mogli pritrditi: zamislite si, kako viharo bi bilo življenje na Zemlji, če bi vetrovi na njej pihali s hitrostmi 100 ms⁻¹ ali pa celo z nekaj sto metri na sekundo! Je kar prav, da se v kinetično energijo ozračja pretvarja le nekaj odstotkov absorbirane moči sončnega sevanja!

LITERATURA

- [1] *Nuklearna Elektrarna Krško – Proizvodnja*, http://www.nek.si/sl/o_nek/proizvodnja/.
- [2] C. Fröhlich, *Solar Constant*, Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos, World Radiation Center, <http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant>.
- [3] *USGS Energy Resources Program*, <http://energy.usgs.gov/>.
- [4] *ERA-40 Atlas*, ECMWF, http://www.ecmwf.int/research/era/ERA-40_Atlas/docs/index.html.
- [5] *EO Observation Deck: Net Radiation Dataset View*, NASA Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov/Observatory/Datasets/netflux.erbe.html> ali *Outgoing Longwave Radiation::2005*, NASA Visible Earth, http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=7641.
- [6] David Stepaniak, *Vertically Integrated Mass, Moisture, Heat, and Energy Budget Products Derived from the NCEP/NCAR Reanalysis*, Climate Analysis Section, CGD, NCAR, <http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/newbudgets/>.
- [7] J. M. Wallace (diagram S. Medina) v: Holton, Curry in Pyle (ur.), *Encycl. Atmos. Sci.*, Acad. Press, 2003.
- [8] *The NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA/ESRL Physical Sciences Division*, Earth System Research Laboratory, <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml> in *NCEP/NCAR Reanalysis*, UCAR, <http://dss.ucar.edu/pub/reanalysis/>.
- [9] *ARGO – part of the integrated global observation strategy*, <http://www.argo.ucsd.edu/index.html>.
- [10] T. H. Vonder Haar in A. H. Oort, *New estimate of annual poleward energy transport by Northern Hemisphere oceans*, J. Phys. Ocean. **2** (1973), str. 169–172.

- [11] K. E. Trenberth in J. M. Caron, *Estimates of meridional atmosphere and ocean heat transports*, J. Climate **14** (2001), str. 3433–3443.
- [12] A. Czaja in J. Marshal, *The Partitioning of Poleward Heat Transport between the Atmosphere and Ocean*, J. Atmos. Sci. **63** (2006), str. 1498–1511.
- [13] *Wikipedia, the free encyclopedia*, <http://en.wikipedia.org/wiki/>.
- [14] H. Pichler, *Dynamik der Atmosphäre*, Spektrum Akademischer Verlag, 1997.
- [15] E. N. Lorenz, *Deterministic nonperiodic flow*, J. Atmos. Sci. **20** (1963), str. 130–141.
- [16] R. Grothjahn v: Holton, Curry in Pyle (ur.), *Encycl. Atmos. Sci.*, Acad. Press, 2003.
- [17] A. H. Oort in J. P. Peixoto, *The annual cycle of the energetics of the atmosphere on a planetary scale*, J. Geophys. Res. **79** (1974), str. 2705–2719; povzeto po: Holton, *An Intr. to Dynamic Meteorology*, Elsevier Acad. Press, 2004, 4. izdaja.

NOVE KNJIGE

Pismo uredništvu o Brysonovi knjigi

Pisanje za širši krog bralcev je povezano s težavami. Čisto mogoče je, da pisec takega besedila ne ustreže vsem strokovnim zahtevam. Vendar je težko sprejeti misel, da je „trditev preprostejša, če je malo napačna“ ali če zavaja. Ali tudi takim knjigam bralci ne bodo mogli več zaupati?

Ob poročilu o Brysonovi knjigi *Kratka zgodovina skoraj vsega* v prvi številki letošnjega Obzornika se ne morem potuhniti, ker sem nad fizikalnim delom knjige javno negodoval. Naj še za bralce Obzornika navedem nekaj značilnih spodrsrljajev. Citate sem iz broširane angleške izdaje iz leta 2004 prevedel kolikor mogoče dobesedno in dodal kratke pripombe. O prevodu se strinjam s poročevalcem.

„Michelson je upošteval, da pol leta Zemlja potuje proti Soncu in pol leta od njega“ (str. 118). Interferometer na površju Zemlje z njo potuje okoli Sonca in kroži okoli zemeljske osi. Tirnica interferometra glede na zvezde je dokaj zapletena.

„Kratkoročno je [kvantna teorija] pomagala najti rešitev uganke Michelsonovih in Morleyjevih poskusov, ko je pokazala, da svetlobe sploh ni treba opisati kot valovanje“ (119, 120). V interferometru opazujemo interferenco dveh delnih curkov svetlobe in se moramo opreti na valovanje. S kvanti (fotoni) si pri opisu poskusa ni mogoče neposredno pomagati.

„Prva je odkritelju [Albertu Einsteinu] prinesla Nobelovo nagrado in je pojasnila naravo svetlobe (in je med drugim tudi omogočila televizijo)“ (120). Fotoefekt je odkril leta 1887 Heinrich Hertz in sta ga raziskala njegova asistenta Wilhelm Hallwachs in Philipp Lenard. Einsteinovo enačbo je mogoče pojasniti tudi brez kvantov. Naprave, ki izkoriščajo fotoefekt, niso neposredno povezane z enačbo.

„Njegov prvi članek o kapljevinah v slamicah (prav teh) se je pojavil v istem letniku kot Planckova kvantna teorija“ (121). Einsteinov prvi članek s poskusom molekulske razlage površinske napetosti je bil zares zgrešen, a je bil pomembna priprava za določitev velikosti molekul (*Ob Einsteinovem prvem članku*, *Obzornik mat. fiz.* **51** (2004) 6, str. 171). Kaj ima pri tem slamica, ki je navadno tako debela, da se v njej pijača komaj dvigne?

„Ni imel opomb pod črto ali citatov [Einsteinov članek o teoriji relativnosti leta 1905], ni vseboval skoraj nič matematike“ (121). Kdor je videl članek, ve, da je v drugem delu veliko daljših izpeljav.

„Slipher je bil prvi, ki je opazil to [Dopplerjev pojav] s svetlobo“ (121). William Huggins je leta 1864 ugotovil premik črte v spektru zvezde veliko pred merjenji Vesta M. Slipherja okoli leta 1913.

„To [Heisenbergova neenačba] je bilo matematično tako zapleteno, da je komaj kdo razumel, vključno s Heisenbergom [...]“ (144). Heisenberg je neenačbo izpeljal preprosto z ločljivostjo mikroskopa in de Broglievo valovno dolžino. Mogoče jo je izpeljati z zvezo med trajanjem valovne poteze in širino spektralne črte.

„Morda najbolj privlačna od kvantnih neverjetnosti je iz izključitvenega načela Wolfganga Paulija iz leta 1925 izvirajoča zamisel, da kateri od subatomskih delcev v določenih parih, celo če je med njima znatna razdalja, v trenutku zve, kaj dela drugi“ (145). Paulijeva prepoved za delce s polovičnim spinom ni povezana s tako imenovanim prepletenim stanjem, s katerim opišemo dva povezana delca. Skoraj vse poskuse v duhu Bohmove inačice Einstein-Podolsky-Rosenovega poskusa so naredili s svetlobo. Za fotone Paulijeva prepoved ne velja.

„To je izrecno zahtevalo, da nič ne more biti hitrejše kot svetloba, toda tu so fiziki vztrajali, da to nekako na subatomski ravni zmore informacija“ (146). V prepletenem stanju dveh delcev ne moremo nobenega od njiju opisati, ne da bi vključili drugega. Pri omenjenem poskusu v prepletenem stanju s spinom 0 dveh fotonov merijo spin enega fotona. Če ugotovijo, da je 1, je spin drugega zagotovo -1 , ne glede kako oddaljena sta fotona. Vendar s tem ni mogoče prenašati običajnih informacij.

To je izbor pripomb na nekaj strani v knjigi. Kaj če so drugi deli knjige enako oporečni? Knjigo so spremljale zelo ugodne kritike in pisec je zanj dobil Descartesovo nagrado. Ali knjige ni resno prebral noben fizik? Ali ni pisanje o nečem, kar poznaš le površno ali pa sploh ne, nevarno? Ali bi bilo Brysonovo pisanje manj privlačno in bi zbujalo manj zanimanja za fiziko in znanost, če bi dal rokopis prebrati kritičnemu fiziku?

Janez Strnad

GOSPOD JANEZ GOLJA, VODJA CENTRA ZA FORENZIČNE PREISKAVE

Gospod Janez Golja je po gimnaziji in študiju takratne tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo diplomiral leta 1973. Že pred diplomom se je zaposlil kot kriminalističnotehnični izvedenec za fizikalne preiskave v takratnem Kriminalističnotehničnem laboratoriju Republiškega sekretariata za notranje zadeve.

Nekaj let za tem je postal vodja fizikalnega laboratorija, leta 1982 pa vodja kriminalističnotehničnega laboratorija. Po štirih letih je bil imenovan za svetovalca direktorja kriminalistične policije za področje forenzike. Od leta 1990 je vodja Centra za forenzične preiskave.

V zgodnjih sedemdesetih letih se je izpopolnjeval na področju forenzike na Inštitutu za kriminalistično tehniko in kriminologijo v Lausanni v Švici. Je predavatelj kriminalistične tehnike na Fakulteti za varnostne vede UM in sodni izvedenec za področja: sledi orožja in forenzične balistike, požarov in eksplozij, eksplozije eksplozivnih sredstev, avtomobilskih koles, žarnic in tahografov.

Je avtor številnih strokovnih člankov s področja kriminalistične tehnike in eden izmed ustanovnih članov Evropskega združenja forenzičnih laboratorijev (ENFSI – European Network of Forensic Science Institutes). Od leta 1997 je član Ameriškega združenja direktorjev kriminalističnih laboratorijev (ASCLD – The American Society of Crime Laboratory Directors).

Za delo v organih za notranje zadeve oziroma policiji je prejel številna priznanja.

Gospod Golja, diplomirali ste iz fizike v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja?

Ja, študij sem začel leta 1962 in redno študiral, potem sem se pa zgodaj oženil in dobil otroka. Izpite sem opravljal sproti, zaradi dela in obveznosti z družino pa sem diplomiral šele leta 1973. Najprej sem začel pripravljati



diplomo na Kemijskem inštitutu Borisa Kidriča, pa mi je ni uspelo dokončati. Preveč je bilo drugih reči. Moral sem delati. Priznam pa tudi, da mi je bila tema tam nezanimiva. Pozneje pa sem se lotil diplome pri prof. Cvelbarju, ki je bil z mano zelo potrpežljiv ter za moje odsotnosti in potrebe moje mlade družine izjemno razumevajoč – za to sem mu še danes hvaležen. Ne vem, ali bi bil brez njegove pomoči in vzpodbud sploh diplomiral. Že v tretjem letniku študija sem se poročil in dobil hčerko. Leta 1965, ko se je rodila, je bila tudi njena mati še študentka. Letos bo ta hčerka stara že 43 let in ravno pred tednom dni je rodila tretjega fantka. Imeti družino že med študijem je bilo naporno, a ohranili so se čudoviti spomini. Ker sva bila z ženo še zelo mlada, imam občutek, da je tudi hčerka zelo hitro odrasla. Pozneje sva imela še dva otroka in prvorojenka nama je zelo veliko pomagala. Za današnje čase je kar neverjetno, a na primer, ko je žena odšla za tri mesece na študij v Lyon, je takrat 11- ali 12-letna hčerka praktično prevzela in vodila celotno hišno gospodinjstvo, medtem ko sem jaz poleg službe skrbel za mlajša dva otroka.

Ni bilo bogatih staršev, ki bi finančno pomagali?

Ne, oba z ženo sva bila iz velikih družin. Žena je imela še dve sestri, jaz pa dva mlajša brata in sestro. Bil sem najstarejši ... Imel sem tudi majhno štipendijo, a bilo je premalo. Zaradi preživljanja družine sem se takoj po četrtem letniku zaposlil na Osnovni šoli Ketteja in Murna na Kodeljevem v Ljubljani, kjer sem bil predmetni učitelj fizike. Takrat so bili opravljeni izpiti iz prvih dveh letnikov univerze enakovredni višji izobrazbi, ki je zadoščala za poučevanje na razredni stopnji OŠ.

Spomnim se na primer vsaj dveh učencev, ki sem ju učil fiziko in sta danes dobro znana. To sta Peter Lovšin (Pankrti) in Zoran Janković, današnji župan mesta Ljubljana. Še danes, ko se srečava, me, čeprav se tikava, kot spomin na tiste čase ogovori s *profesorjem*. Že takrat se je videlo, da je bil Janković brihten in sposoben. Učil sem po dvajset ur na teden. Poleg tega sem bil pa tudi zelo aktiven športnik. Igral sem rokomet. Čeprav majhne postave, sem bil znan kot *povezovalec*, nekaj časa celo kot najhitrejši slovenski igralec.

Ste se s športom ukvarjali aktivno?

Ja, za tiste čase zelo aktivno. Dolga leta sem bil aktiven športnik. Še vedno dvakrat na teden igram košarko. Vsak ponedeljek in četrtek igramo uro in pol. Vsi smo starejši, ampak se podimo kot norci. To je dobro za

ohranjanje kondicije. Ko sem bil mlad, sem imel trening vsak dan. Igral sem pri Slovanu. Bil sem slovenski reprezentant. Takrat v Jugoslaviji je bila seveda kvaliteta rokometa slabša, kot je danes. Nekaj časa sem bil tudi trener mladinske ekipe Slovana. Športne aktivnosti so gotovo tudi vplivale na mojo pozno diplomo.

V teh letih pred diplomo je bilo pač vsega preveč in zato niste zmogli prej diplomirati?

Ja, poleg drugega sem na večernih šolah učil matematiko in fiziko. Res pa je najbrž tudi, da sem tako pozno diplomiral zato, ker nisem imel delovnih navad. Prej sem hodil na gimnazijo Moste in ni se mi bilo treba skoraj nič učiti. Gimnazijo sem končal s samimi odličnimi ocenami, in to brez posebnega dela. To je bilo najbrž narobe. Takrat gimnazija Moste res ni slovela kot najboljša in premalo sem bil navajen študirati. Ampak kar nekaj mojih sošolcev je postalo zelo uspešnih zdravnikov, umetnikov. Po končani gimnaziji nisem vedel, kaj bi sploh študiral. Oče, ki je bil agronom, mi je predlagal, da ker dobro znam matematiko in fiziko, naj grem na tehnično fiziko ... Kljub pomanjkljivim delovnim navadam sem vedno zelo zbrano poslušal predavanja in od njih ogromno odnesel. Tudi zapiske sem imel temu primerno dobro urejene in so si jih še drugi študentje izposojali. Takrat se je začevala atomska fizika in zato je bil študij fizike nekaj posebnega. Bil je kar težak študij. Na koncu v tretjem in četrtem letniku nas je bilo le še osem. Med nami je bil najbolj priden današnji prof. Kodre. Zadnji sem pa diplomiral jaz. (Nasmeh.) Dobro se spomnim, da nisem mogel dolgo zbrano študirati. Še danes lahko zelo intenzivno delam nekaj ur, dolgotrajni študij, ko je bilo treba dneve in dneve presedeti pri kakem poglavju ... , mi pa ni ležal. Sem pa zelo hiter in uspešen pri delih, ki zahtevajo visoko koncentracijo krajši čas. Tudi v forenziki je pogosto tako, da je treba ukrepati zelo hitro in zbrano. Npr. hitro po eksploziji, požaru ali strojelomu je treba zbrati in povezati mnoge podatke v zelo kratkem času. Ali pri umorih in drugih hujših kriminalnih dejanjih, ko je storilec neznan, je treba kar se da hitro ukrepati, da ne bi izgubili ključnih podatkov in informacij. V takih situacijah se bolje obnesem kot pri dolgotrajnem koncentriranem delu. Gre pa pri takem delu za izrazito logično mišljenje, za princip zdrave pameti, kot je rekel pokojni prof. Kuščer. Zanimivo je tudi, da smo bili sosedje prof. Ivana Kuščerja. Ko sem bil majhen, sem z njegovo mamo hodil po mleko in dobro se spomnim, kako je bila navdušena nad mano, ker sem znal dobro računati in sem pri plačilu mleka celo njej kdaj kak račun prihranil.

Rekli ste, da ste diplomirali pri profesorju Cvelbarju. Je bila vaša diplomska naloga že kaj povezana s forenziko?

Ne, diplomiral sem iz *sevanja črnega telesa*. Izdelal sem „približek črnega telesa“ in meril spekter njegovega sevanja pri različnih temperaturah. Črno telo je bila preprosta črna cev z malo luknjico, kjer sem meril sevanje, ki naj bi ustrezalo Planckovemu zakonu. Spomnim se tudi še, da je bil Stefanov zakon $j = \sigma T^4$ zelo pomemben pri mojem diplomskem delu. Bilo je zanimivo delo s področja fizike, ki mi je bilo všeč tudi zaradi praktičnega dela, saj sem *črno telo* izdelal sam, spekter pa sem meril s takrat novim *infrardečim spektrofotometrom* kriminalističnotehničnega laboratorija Republiškega sekretariata za notranje zadeve, kjer sem takrat že delal.

Ste ohranili stike s fiziki?

Ja, seveda. Srečujemo se kot letnik. Ne vsako leto, a se. Lani, mislim, da je bilo junija, sem se udeležil srečanja diplomantov fizike, ki so ga pripravili kot piknik na parkirnem prostoru na Jadranski pred poslopjem fakultete v Ljubljani. Dobro poznam prof. Stepišnika s FMF. Bil je par let pred mano in je tudi dobro igral rokomet. Pa Palčiča, ki je sedaj v Vancouvru v Kanadi in se kot fizik ukvarja z medicino. Imam kar veliko stikov, a bolj prijateljskih kot strokovnih. V zadnjem času imam dobre stike tudi s prof. Trontljem, ki dela na Oddelku za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko. Razvijajo namreč napravo za odkrivanje drog in eksplozivov, pa sem jaz nekakšna zveza med raziskovalno sfero in operativno policijo, ki na terenu preiskuje vozila ... Boris Orel je bil tudi leto pred mano. On je danes kemik na Kemijskem inštitutu in se ukvarja z raziskovanjem lakov. Zato smo tudi včasih strokovno sodelovali.

Že pred diplomo ste dobili tako nenavadno službo pri policiji. Kako je prišlo do tega?

Leta 1969 sem šel za eno leto k vojakom. Imel sem srečo in zveze in sem služil v Cerkljah pri Brežicah na vojaškem letališču. Šef ljubljanske policije pa je bil dober prijatelj mojega tasta in enkrat proti koncu mojega služenja, ko sem bil doma, me je vprašal, ali bi želel delati v policijskem laboratoriju; takrat so rekli v laboratoriju milice oz. v RSNZ (Republiški sekretariat za notranje zadeve). Rekel mi je še, da želijo v laboratoriju milice tehnično napredovati in iščejo primerne inženirje. Nekaj časa sem pomišljal, ker takrat milica in RSNZ nista bila ravno priljubljena. Poleg tega sem imel tudi ponudbo *Inštituta za vakuumsko tehniko* in sem bil že vabljen na razgovor,

čepprav še nisem imel diplome. Pa sem se odločil za policijo, in ni mi bilo žal. Jeseni leta 1970 sem se zaposlil kot kriminalističnotehnični izvedenec za fizikalne preiskave v takratnem Kriminalističnotehničnem laboratoriju Republiškega sekretariata za notranje zadeve. Še isto jesen so kupili *infrardeči spektrofotometer*, naslednje leto pa *spektrograf z laserskim mikrospektralnim analizatorjem*. Imel sem res srečo, saj se je takrat začel velik napredek, in sem res delal zanimivo delo fizika. Leta 1972 sem odšel na enoletno specializacijo v Lausanne v Švico, kjer je najstarejši univerzitetni forenzični inštitut, in sem potem šele leta 1973 diplomiral.

Je bilo od začetka vaše delo pri policiji povezano s kriminalnimi dejanji?

Ja, od začetka sem delal pri forenzičnih analizah ob kaznivih dejanjih. Na začetku je šlo najpogosteje za pobege s kraja prometne nesreče. Pozneje pa je postajala raznolikost kaznivih dejanj čedalje večja in njihova analiza vse bolj zapletena.

Prej ste omenili, da je policija takrat kupila *infrardeči spektrofotometer* in *spektrograf z laserskim mikrospektralnim analizatorjem*. Zakaj so se uporabljale te aparature?

Leta 1970 so imeli v te namene le en instrument, pa še tistega niso uporabljali. Jaz sem se takoj začel poglobljati v tehniko in z novimi instrumenti smo lahko določali natančno sestavo npr. lakov, eksplozivov, drog in drugih anorganskih snovi. Šlo je za analizo sledi, ki so v preiskavi in pozneje v postopkih dokazovale istovetnost storilcev. Analiza mikro sledi je bila takrat velik tehnični skok naprej v preiskavah in profesionalizaciji policijskega dela. Tehnično je šlo za pridobivanje dovolj zanesljivih podatkov iz včasih izjemno drobnih materialnih sledi. Lahko je šlo za drobno odrgnino, na kateri smo lahko našli mikro sledi, npr. laka, ali za drobne delčke, ki so ostali v oblačilih od dotikov – npr. pri nesrečah, ko je bil zbit pešec in je storilec pobenil s kraja nesreče. Čeprav na oko v oblačilih ni bilo nikakršnih sledi, smo s profesionalnim delom in aparaturami lahko analizirali npr. mikro ostanke avtomobilskega laka, ki je ostal v oblačilih ponesrečenca. Z uporabo imenovanih aparaturn smo lahko določili barvo, sestavo, pigment . . . in tako izločili ali določili možne storilce. Kmalu smo zaposlili še nove ljudi s tehnično izobrazbo in uvedli še nove metode dela, kot sta plinska in ionska kromatografija¹. Tudi danes prihajajo vedno nove metode dela. To je hitro razvijajoča se znanost. Danes se veliko dela z analizami DNK. Takrat nas je

¹ *Kromatografija* – določevanje koncentracije in identitete posameznih molekul v zmesi.

bilo v laboratoriju 13, danes nas je 67, pa nas je še premalo, saj nam ne uspe reševati zadev tako hitro, kot bi uporabniki (policija, tožilstvo, sodišča, ...) želeli.

Kakšna je bila vaša izkušnja izpopolnjevanja iz forenzike v Švici?

Na izpopolnjevanju v Lausanni leta 1972 sem se seznanil z mnogimi novimi in zanimivimi področji ter v celoti spoznal forenziko, od prstnih odtisov, forenzične balistike, preiskav rokopisov, sledi obuval in orodij, analize fotografij, ... Prej so se mi zdele kake preiskave prstnih odtisov malo podcenjujoče za fizika, potem sem pa spoznal, kako zanimiva in vsestranska spretnost je potrebna za dobrega forenzičnega strokovnjaka. Za spoznanji in odločitvami je velika odgovornost, saj je od forenzičnega mnenja, ali se npr. prstni odtisi osumljenca ujemajo s tistimi, ki so bili puščeni na kraju zločina, odvisno, ali bo osumljenec obsojen ali ne in tudi, kolikšna bo kazen. Skratka, to delo je zelo odgovorno. V Lausanni sem se poleg uporabne fizike učil predvsem forenzike. Naučil sem se tudi francoskega jezika, ki sem ga delno obvladal že prej, saj sem se francoščino učil v gimnaziji 4 leta. V Lausanni sem vsa predavanja in vaje poslušal v francoščini in se res dobro naučil jezika. Francoščina mi je bila všeč in tudi francoski radio sem poslušal. Francoščina mi je pozneje v poklicu pogosto prišla zelo prav in jo še danes poleg angleščine povsem aktivno obvladam. Tudi v Lausanni sem še naprej igral rokomet, bil sem v študentski ekipi.

Kako je potekala vaša kariera po vrnitvi iz Lausanne?

Po vrnitvi iz Lausanne sem leta 1975 postal šef fizikalno-kemijskega laboratorija, leta 1982 pa vodja kriminalističnotehničnega laboratorija. V letih 1986–1990 sem bil svetovalec direktorja uprave kriminalistične policije za področje forenzike, od leta 1990 sem pa vodja Centra za forenzične preiskave. Ker imam beneficiran staž, bom imel konec leta že več kot 52 let delovne dobe in se bom upokojil. Žena se tudi upokoji letos, tako da me čaka precej drugačno življenje. Ostal bom pa sodni izvedenec za forenzično balistiko, eksplozije in požare in mi dela ne bo zmanjkalo. Predavam tudi *Kriminalistično tehniko* na *Fakulteti za varnostne vede UM*. Jeseni bo 38 let, odkar delam pri policiji, in v tem času sem napisal mnogo strokovnih mnenj o požarih, eksplozijah in s področja balistike. Rad bi te analize uredil in v neki obliki objavil ali omogočil, da ta spoznanja in izkušnje uporabijo še drugi. Mislim, da bi bilo to koristno za izobraževanje forenzičnih strokovnjakov.

Vaš laboratorij deluje v okviru policije?

Dolga leta smo bili v okviru kriminalistične policije, pred nekaj leti pa so nas izločili in smo sedaj podrejeni direktno generalnemu direktorju policije. Imamo svoje finance in svojo strokovno neodvisnost. No, strokovno neodvisnost smo zmeraj imeli. V strokovna mnenja se res nikoli ni nihče vmešaval. Naša današnja organizacija v okviru policije ustreza vsem evropskim standardom za neodvisno delo takega laboratorija. Žal je v sodstvu tudi veliko politike v smislu, da tedaj, ko nam odvetniki ne morejo očitati nič drugega, začnejo izpodbijati naša mnenja na podlagi njihovih mnenj o naši pristranosti, ker delujemo v okviru policije. Nekje pač moramo biti in mislim, da je prav, da nas financira država. Jaz bi se bolj bal pristranosti mnenj, ki bi jih financiral privatni kapital. Po svetu seveda najdete tudi tako imenovane neodvisne zasebne strokovnjake, a prepričan sem, da je tu nevarnost za pristranost večja, saj so finančno direktno odvisni od naročnika.

Kako je slovenska forenzika vključena v delo mednarodnih organizacij s področja forenzike?

Smu edini forenzični laboratorij v Sloveniji in veliko sodelujemo s tujimi forenzičnimi laboratoriji. Tudi za nas je bila pomembna ustanovitev Evropskega združenja forenzičnih laboratorijev (ENFSI – *European Network of Forensic Science Institutes*) leta 1995. Bil sem celo ustanovni član. Na spletu² najdete mnoge zanimive informacije o združenju, ki si prizadeva za čim večjo kakovost forenzičnih raziskav. V združenju sem bil od leta 2001 do 2005 član *Evropske akademije za forenzične znanosti*. Naloga akademije je bila organizirati usklajeno in kvalitetno forenzično izobraževanje za celotno področje forenzike v Evropi. V letih 2002 do 2005 sem bil celo član upravnega odbora ENFSI. Vsekakor smo bili Slovenci v ENFSI prvi iz tako imenovanega Vzhoda. Zanimivo je, da je pri mojem imenovanju v *upravni odbor* zagotovo imela pomembno vlogo moja francoščina, saj sem na volitvah dobil podporo direktorjev pomembnih francoskih forenzičnih laboratorijev. Bil sem namreč eden redkih Nefrancozov, ki so tekoče govorili tudi francosko. Pravzaprav me je francoski lobi prosil, da bi sploh sprejel kandidaturo. Tako se moje izpopolnjevanje v Lausanni pozna še do današnjih dni. Direktor inštituta za forenziko v Lausanni in profesor forenzičnih znanosti na lausanski univerzi *prof. Pierre Margot* je v primeru Kamenik, ko je šlo za štirikratni umor v Tekáčevem in za razvpito sled obuvala, podal mnenje ... on je bil leta 1972 študent v Lausanni in sva se veliko družila ter sva še danes prijate-

²<http://www.enfsi.eu/>

lja. Sicer pa je naš Center za forenzične preiskave dobro strokovno povezan s podobnimi inštitucijami po vsej Evropi. Sodelujemo tudi s forenzičnimi laboratoriji po svetu. Od leta 1997 sem tudi član *Ameriškega združenja direktorjev kriminalističnih laboratorijev* ASCLD (American Society of Crime Laboratory Directors³). Od Američanov smo že pred ustanovitvijo ENFSI dobili veliko koristnih informacij, predvsem od *NIJ* (*National Institute of Justice*⁴) in *FBI* (*Federal Bureau of Investigation*⁵). Danes to sodelovanje poteka preko ENFSI. So pa v napredku forenzike inštitucije, kot sta ameriški *NIJ*, ki je agencija znotraj *U. S. Department of Justice* in *FBI*, bile in ostajajo izjemno pomembne. Kot direktor se danes bolj ukvarjam z organizacijo in politiko sodelovanja, medtem ko so za razvoj forenzike pomembne predvsem delovne skupine za posamezna forenzična področja. Še vedno me pa, tudi kot direktorja Centra, najbolj zanimajo konkretna strokovna opravila, medtem ko so mi birokratska dela zoprna in komaj čakam na upokožitev, ko mi tega ne bo več treba početi.

Lahko poveste kaj o danes modernih DNK⁶ (DNA) analizah? Včasih so na podlagi krvnih skupin lahko dokazali, da na primer moški ni oče otroku, ali da krvna sled ne pripada določeni osebi, nemogoče pa je bilo dokazati očetovstvo ali istovetnost osebe in krvne sledi. Kako zanesljivi so DNK testi? Se take analize naročajo tudi v primerih družinskih sporov in pri ugotavljanju očetovstva?

V našem laboratoriju ne delamo testov za ugotavljanje očetovstva. To počnejo na *Inštitutu za sodno medicino*. Je pa danes na podlagi DNK ugotavljanje očetovstva zelo enostavno in izjemno zanesljivo. V našem laboratoriju raziskujemo le primere, ki so povezani s kaznivimi dejanji, na primer očetovstvo ploda v primerih posilstev. Včasih dobimo v DNK identifikacijo kako truplo, ki je bilo že dolgo zakopano. Delali smo tudi pri identifikaciji trupel medvojnih in povojnih pobojev. To delamo tako, da primerjamo DNK živih potencialnih sorodnikov. Neverjetno je, kaj je mogoče določiti z identifikacijo DNK. Tudi v primerih kriminalnih dejanj je mogoče iz podobnosti in različnosti le na posameznih mestih določiti na primer bližnje sorodstvo. Z veliko gotovostjo lahko na primer določimo brata ali sestro, itd. Zdi se, da je v DNK zapisano čisto vse, če le pogledate dovolj globoko. Tehnologija je

³<http://www.asclد.org/>

⁴<http://www.ojp.usdoj.gov/nij/>

⁵<http://www.fbi.gov/>

⁶DNK – deoksiribonukleinska kislina (v angleščini: DNA – Deoxyribonucleic acid.)

tako napredovala, da lahko praktično iz ene človeške celice natančno določimo profil DNK in s tem istovetnost. To je v raziskovanju kaznivih dejanj vse pomembnejše, saj je biološke sledi človeškega izvora nemogoče zbrisati. Biološke sledi najdemo praktično po vsakem kaznivem dejanju. Sedaj, ko vi odidete, za sabo puščate polno bioloških sledi. Od najmanjših delov, na primer vlaken vaše jopice, ki se je kdaj le dotaknila vaše kože, ali tu, kjer se z roko dotikate mize, so ostale biološke sledi znoja, ki ga seveda niti ne vidimo niti ne opazimo s prostim očesom. In, kot rečeno, že iz celice ali iz nekaj celic znamo dobiti profil DNK, ki je praktično individualen. Če imamo osumljenca, mu vzamemo bris ustne sluznice, in to zadošča za neizpodbitno povezavo osumljenca s kaznivim dejanjem ali za dokaz, da sledi ne pripadajo osumljencu. Zato imajo sodišča naša mnenja in ugotovitve zelo rada. Mi v forenzični znanosti rečemo, da dokazana verjetnost meji na gotovost. Marsikdo te eksaktnosti izražanja ne razume in jo interpretira kot „da se ekspertom samo dozdeva“, pa čeprav je verjetnost, o kateri govorimo, matematično ocenjena na $1 - 3 \cdot 10^{-13}$. Zanimivo pri tem je tudi to, da mi v naših analizah gledamo molekule DNK le na 10 mestih, ki sicer ne karakterizirajo poznanih lastnosti oseb, razen za identifikacijo spola identificiramo znani XX ali XY par, ki določa spol. Zaradi spoštovanja osebnih podatkov in ker za to ni potrebe, saj DNK ponuja dovolj siceršnje identifikacije, po dogovoru v forenziki niti ne gledamo tistih delov DNK, ki karakterizirajo osebne lastnosti. Teh 11 mest je tudi natančno določenih in dogovorjenih, kar omogoča standardizacijo DNK profilov in mednarodno prepoznavanje istih storilcev, tudi ko mogoče sploh še nimamo osumljencev. Še več, vede-nje, da gre za istega storilca, lahko celo pomaga pri razkrivanju identitete in motiva storilca kaznivih dejanj.

Profesor Pierre Margot z inštituta za forenziko v Lausanni, ki ste ga omenili, je po poročanju medijev v primeru Kamenik, ko je šlo za štirikratni umor v Tekačevem leta 1997, ob procesu leta 2002 podal precej različno mnenje od mnenja slovenskega izvedenca Ervina Drašlerja. Zato je sodišče iskalo še tretje mnenje, ki ga je podal nemški forenzični izvedenec Michael Braune, ki naj bi bilo spet drugačno od prejšnjih dveh mnenj. Lahko komentirate?

Za primer *Tekačevo* sem še vedno stoodstotno prepričan, da sta sledi, najdeni na kraju zločina, sledi obuval, ki so bila zasežena na Kamenikovem domu. Pod naše poročilo je bil takrat podpisan gospod Ervin Drašler, ki je bil do upokojitve vodja oddelka za *daktiloskopijo* (to je oddelka, ki se ukvarja s prstnimi odtisi in sledmi). Primer Kamenik in navidezno različna mnenja sem

natančno razložil na lanskem posvetu *Problemi dokazovanja v zahtevnih kazenskih postopkih*⁷, ki je potekal na mariborski pravni fakulteti. V prispevku je tudi jasno napisano, kaj je o sledih v tem primeru ugotovil naš center, kaj inštitut v Lausanni in kaj kriminalističnotehnični inštitut v Wiesbadnu. Na našem centru smo potrdili, da so sledi, najdene na kraju zločina, sledi Kamenikovih obuval. Ena sled (desnega obuvala) je bila najdena na papirju, na katerega so storilci stopili, ko so brskali po blagajni, druga sled je bila pa najdena na skednju ob ubiti ženski, odtisnjena v ilovici. Slednja je bila potem odlita v mavec. V mnenju lausanskega forenzičnega inštituta najdete praktično potrditev sovpadanja vseh splošnih in individualnih karakteristik sledi in Kamenikovih obuval. Splošne karakteristike so karakteristike, ki določajo na primer tip in velikost obuvala, individualne karakteristike pa že identificirajo sovpadanje tudi specifičnih malih poškodb, ki so pomembne za dokončno identifikacijo. Problem, tudi nerazumevanja in slabe koordinacije, ki ni bila v naših rokah, je nastal, ker so lausanski forenziki opazili tudi poškodbo, zarezo na Kamenikovem obuvalu, ki jo pa med individualnimi karakteristikami na sledih obuval, ki so bile najdene na kraju zločina, ni bilo. V lausanskem poročilu je bilo zapisano, da so identičnosti ... močan dokaz, če je mogoče razložiti, zakaj na sledi ni vidna zareza, ki je bila na Kamenikovem obuvalu. Slednje je seveda zlahka razložiti, saj so bili Kamenikovi športni copati zaseženi več kot mesec dni po umoru. Zanimivo je tudi, da so športni copati znamke NIKE, model Air max, ki so bili zaseženi pri Kameniku in kakršnega tipa sledi so bile na kraju zločina nesporne, sodili v višji cenovni razred in jih Slovenija ni uvozila prav veliko. Sled obuvala na papirju je bila le delna, zato je pri oceni velikosti obuvala treh različnih forenzičnih laboratorijev prišlo do razlik. Kar se tiče sledi obuvala na papirju, je v resnici v Lausanni prišlo do napake pri omenjeni oceni velikosti. Pozneje so v Wiesbadnu identičnost te sledi potrdili s praktično najvišjo stopnjo verjetnosti, to je z oceno 2 na šeststopenjski lestvici. Najvišje, to je stoo odstotne gotovosti med forenziki praktično ne uporabljamo. Celo pri analizah DNK, kjer verjetnost dosega vrednost 0,9999999999997 forenziki uporabljamo izraz, da je to verjetnost, ki meji na gotovost, in nikoli ne rečemo, da je nekaj stoo odstotno gotovo. Nepoučeni ljudje pa to razumejo po svoje in je mogoče nekaterim naša „verjetnost, ki meji na gotovost“, celo manj verjetna kot nji-

⁷J. Golja: Kriminalističnotehnični dokaz (vabljen predavanje) na posvetu *Problemi dokazovanja v zahtevnih kazenskih postopkih*, Pravna fakulteta v Mariboru: Fakulteta za varnostne vede, 2007, [zbornik uredila A. Dvoršek in L. Selinšek], ISBN 978-961-6230-62-9, str. 131-138.

hova, da zadenejo na loteriji. V Wiesbadnu so zaradi dotrajanosti mavčnega odlitka splošne karakteristike (druge) sledi levega obuvala potrdili, pri oceni individualnih karakteristik pa so se vzdržali. Težave najbrž nastopijo, ker posamezna poročila sodišče razume zelo formalno in jih je na tak način mogoče videti celo kot protislovna, namesto da bi na poročila nekdo pogledal odgovorno in celovito v kontekstu vseh informacij. Tako je bil Kamenik prvič obsojen, drugič oproščen, tretjič, ko je verjetno pričakoval, da bo ponovno obsojen in se zato sploh ni zglasil na razglasitvi sodbe, je bil spet oproščen. O nujnosti, da bi poročila, ki so jih pripravili različni inštituti, odgovorno primerjali in prediskutirali v kontekstu vsega, sem govoril tudi na sodišču in upam, da je to celo kaj pripomoglo k temu, da se je sodišče odločilo še za četrto forenzično mnenje v primeru Kamenik, na katero, tokrat iz Anglije, čakamo že več kot leto dni.

Bi lahko povedali še kaj o danes najaktualnejših strokovnih vprašanjih in izzivih forenzike? O novih tehnologijah, metodah?

Razvoj gre pretežno v dveh smereh. Tehnično gre forenzika predvsem v identifikacijo in individualizacijo *nanodelcev*. Seveda pa se vsi dosežki in nove tehnologije skušajo uporabiti tudi v forenziki pri razvoju instrumentalnih metod in tehnik. *Nanotehnologija* vse bolj omogoča identifikacijo in prepoznavanje individualnih karakteristik že v nanodelcih. Tu govorimo, kolikor se da preprosto povedati, o količinah velikosti ene milijonine grama, ki s prostim očesom seveda sploh niso vidne. Tehnično smo priča tudi hitremu napredku pri razvoju DNK preiskav. Čeprav gre tako pri *nanotehnologiji* kot pri DNK za prepoznavanje zelo majhnih delcev, so razlike seveda velike. Poenostavljeno bi lahko rekli, da pri nanotehnologiji govorimo o *kemiji* in *anorganskem* pri DNK pa o *biologiji* in *organskem*. Pri obojem pa gre za prepoznavanje individualnosti, to je za prepoznavanje specifičnih razlik, ki karakterizirajo posamezne osebe in predmete, do stopnje, ko niti dva nista več enaka. Že danes je mogoče v nekaterih primerih ne samo identificirati določen tip npr. eksploziva, ampak celo to, odkod izvira. V mnogih forenzičnih laboratorijih, tako tudi v našem, nimamo lastnega razvoja tehnologije, skrbno pa sledimo vsemu, kar je novega. Pri tem nam je v veliko pomoč ENFSI, ki nas sproti obvešča o vsem novem in tudi posreduje ustrezno tehnologijo. Po drugi strani je poleg novih tehnologij v forenziki vse bolj pomembno tudi povezovanje in izmenjava informacij ter sodelovanje. Naš center sodeluje v raznih projektih, kot je na primer *Terrorism Response Project*, ki želi povezati sodelovanje na področju forenzike in izmenjave informacij.

Slovenija je letos pristopila k tako imenovanemu Prümskemu sporazumu o čezmejnem policijskem sodelovanju, v okviru katerega se bomo povezali v skupno bazo DNK profilov in prstnih odtisov kriminalcev. Do sedaj smo imeli našo slovensko bazo DNK profilov povezano z nemško in avstrijsko bazo, in na tem področju je bilo nekaj res lepih rezultatov. V naši bazi je trenutno približno 18 000 profilov in v primerih novih kriminalnih dejanj z vnosom DNK profila, pridobljenega iz sledi verjetnega storilca na kraju zločina, pogosto odkrijemo, da gre za že obravnavanega kriminalca iz naše ali mogoče iz baz sosednjih držav. Pogosto se iz povezav, ki jih odkrijemo z DNK profilom, ustvarijo ideje, ki povežejo in odkrijejo osebni profil in delovanje kriminalca, ki mogoče prej sploh še ni bil osumljen. To povezovanje je z odprtimi evropskimi mejami še pomembnejše, saj je s prostim gibanjem kriminalcev ločevanje na nacionalne baze DNK profilov povsem umetno.

Kako bi za laike na kratko definirali, kaj sploh forenzika je?

Najpreprostejša definicija pravi, da je forenzika uporaba znanosti v pravnih zadevah. Npr. če je kemična analiza mamila uporabljena v neki sodni zadevi na sodišču kot dokaz, je to forenzična kemija. Praktično vsaka znanost, argumenti vsake znanosti, uporabljeni na sodišču, pomenijo forenziko. Tako lahko govorimo o forenzični psihologiji, forenzični psihiatriji, forenzični medicini, in ne le o tehničnih forenzičnih znanostih. Nekateri izrazi so sicer bolj uveljavljeni od drugih in pogosto slišimo mogoče le za „izvedensko mnenje psihologa“, namesto izraza „forenzična psihologija“. Podobno je z mnogimi drugimi strokovno-znanstvenimi mnenji, čeprav pri vseh takih primerih lahko govorimo o forenzični stroki. Forenzika je iskanje argumentov za pravdne in sodne potrebe s pomočjo znanosti.

Tudi beseda *forenzika* izhaja iz latinske besede *forensis*, kar pomeni „javno predstaviti, prepričati sodni forum, tribunal“ o moči in neizpodbitnosti objektivnega argumenta.

Ja, točno tako. Izraz pride iz rimskega *forum*, ko je bilo treba v debati prepričati tribunal o pravilnosti argumenta.

Ampak tu nastopi zanimiv psihološko-politični aspekt forenzike. Eno je moč argumenta samega, drugo je sposobnost argument predstaviti. Ali je tudi v sodstvu podobno kot sicer v potrošništvu, da so PR, marketing in način, kako sta izdelek ali argument predstavljena, pogosto pomembnejši od samega izdelka oziroma argumenta? Je forma, embalaža pomembnejša od vsebine?

Ja, seveda, kako je argument na sodišču predstavljen, je zelo pomembno. Mi poskušamo z upoštevanjem etičnega kodeksa naše strokovne argumente kar najbolj prepričljivo prikazati. Smo tudi v procesu akreditacije standardov ISO 17025 za forenzične laboratorije. Tudi sicer imamo precej natančne standarde o znanjih, aparaturah in o postopkih tako pri zbiranju podatkov in zavarovanju sledi na krajih nesreč ali kaznivih dejanj kot tudi pri predstavitvi dokazov na sodiščih. Slednje, torej prikazi na sodiščih, so lahko najtežja stvar, kajti odvetniki mogoče nimajo razumevanja ali argumentov, da bi se spuščali v vsebino naših mnenj. Zato poskušajo na razne načine strokovnjaka zмести in z retoričnimi triki prikazati, kot da nima pojma. Odvetnik se v takih strokovnih zadevah pogosto obnaša kot cirkusant – dr. Bučar bi rekel, *da afne gunca*. To je pogosta težava, saj smo forenziki ponavadi ljudje bolj tehničnega tipa in ne zna vsakdo dobro nastopati ali se v retoričnih igrinah odvetnikov celo zmede. V tujini je že dolgo veliko več pozornosti namenjene temu, kako se argumente predstavi, pri nas pa se to šele dobro začinja. Doslej smo se ukvarjali predvsem s stroko in veliko manj s tem, kako strokovne argumente prepričljivo prikazati laični javnosti. Žal se prepogosto zgodi, da so izjemno močni strokovni argumenti prezrti na račun brezvsebinskih in agresivnih stališč. Ne morem govoriti z imeni, a na primer, pred časom sem sodeloval v postopku, v katerem je bil vpleten znan politik, ki je bil enako nesramen na sodišču, kot je sicer. Na strokovne argumente se je odzval skrajno agresivno in žaljivo s komentarji, kot so: *Pa saj to je osnovnošolsko mnenje, pa saj ta nima pojma, ali sploh veste, kakšna je definicija eksploziva, itd.* Tako nakladanje na sodišču bi sodnica morala prekiniti, pa ga ni. Jaz sem tega že navajen in sem na vse skupaj le pripomnil, da kar sem napisal, pa vseeno drži. S tem sem omenjenega politika, ki je nastopal kot priča oz. kot obtoženi, spravil ob živce, ampak do obsodbe vendarle ni prišlo. Naše delo je težko in zelo odgovorno, a ni vse v naših (forenzičnih) rokah. Prenekateri sicer dober forenzični strokovnjak je zaradi formalnih vprašanj in težav pri nastopanju zapustil ta poklic. Za dobrega forenzika vsekakor ni dovolj, da je le dober strokovnjak, na primer dober fizik. Treba je veliko več. Svoje znanje in vedenje je treba znati tudi prepričljivo predstaviti. In seveda je to zelo odgovorno delo, saj je zaradi strokovne napake lahko kdo po krivici obtožen ali kriv oproščen. Zato smo forenziki pri svojem delu izjemno previdni.

Ima torej tudi na sodišču dobro predstavljen slab argument lahko večjo težo od dobrega argumenta, ki je slabo predstavljen? Ali ni to vprašanje nivoja

sodišč? Oziroma sposobnosti sodnikov in porote, da bi znali razločevati med populizmom, retorično spretnostjo in globino argumentov? Smemo pričakovati, da bi na sodiščih logični argumenti imeli večjo težo od igralskih sposobnosti? Ali lahko spreten advokat, spreten retorik s šibkimi argumenti anulira dobre argumente, ki so slabo predstavljeni?

To je šibka točka naših sodišč. Sodniki prepogosto slabo razumejo težo strokovnega dokaza. Pravzaprav je to globalni problem. Dober sodnik, ki naj bi se v zadevah pravilno odločal, bi moral biti izjemno sposoben in strokovno razgledan tudi na področjih forenzike in ne le pravno. V ENFSI pripravljamo programe usposabljanja sodnikov, da bi jim omogočili boljše poznavanje moči in tehnologije forenzičnih argumentov. Že sedaj imajo sodniki in tožilci včasih kako srečanje na temo forenzike, a to je le kaka ura na leto in je veliko premalo. Na sodiščih velja tako imenovana *prosta presoja dokazov*. Iz našega strokovnega stališča je precej nedopustno in nesmiselno, ko se strokovno nediskutabilna ugotovitev, da npr. prstni odtisi na kraju zločina ustrezajo določeni osebi, po načelu proste presoje sodnika preprosto ignorira. Sodniki in pravniki nasploh se po mojem mnenju veliko preveč ukvarjajo sami s seboj oziroma s formo pravnih predpisov in veliko premalo z vsebino, ki naj bi jo pravo pomagalo delati pošteno. S strokovnega forenzičnega vidika je težko sprejeti, da je npr. neoporečni vzorec biološkega DNK-ja, ki pripada določenemu osebk, obravnavan kot nebitven zaradi drobne proceduralne napake. Za nas forenzike je meja med „soditi“ in „vedeti“ zelo jasna, sodnikom pa očitno malo manj. Ko predavam o teh vprašanjih, rad navedem primer, da je npr. ugotovitev o tem, da prstni odtisi na blagajni ali pultu ustrezajo določenemu osebk, strokovno forenzična ugotovitev, sodna odločitev pa je lahko, da so odtisi na blagajni dokaz o storilcu, saj ti prstni odtisi na blagajni nimajo kaj iskati. Prstni odtisi na pultu pa lahko dejansko pomenijo, da je dotični le kot stranka bil v orožni banki. To povezovanje v logično konsistenten sistem, ki dokaže ali ovrže neko hipotezo, je delo sodnikov. V strokovno forenzične ugotovitve o npr. pripadnosti prstnih odtisov pa se naj sodniki ne bi spuščali. Seveda pa v našem delu tudi ni vse črno-belo. Na podlagi izkušenj in ekspertize si pač forenziki ustvarjamo mnenja, ki jih povezujemo v strokovna stališča različnih gotovosti. Slednja pa poskušamo predstaviti tako, da so čim bolj razumljiva tudi laiku, to je poroti ali sodnikom, katerih strokovna znanja s področja forenzike so zelo omejena. Tako je potrebno tudi ugotovitve zapletenih in dolgotrajnih preiskav povzeti v preprosta in razumljiva stališča. Delo dobrega forenzika je

podobno delu znanstvenika v tem, da preiskava pogosto pripelje do spoznanja, intuitivnega uvida, ki ga potem čim bolj jasno formaliziramo. Kot bi z matematiko formul dokazovali neko trditev, tako forenzik pripravi jasno zgodbo, spleteno iz dejstev.

Pomembneje je, koga vam bo uspelo prepričati, kot pa s kakšnimi argumenti. Seveda drugače ne more biti, a to je vprašanje razgledanosti, sposobnosti in nivoja sodišč. Kot ste omenili, tudi v potrošništvu velja, da razgledanega in sposobnega kupca ne boste prepričali z leporečjem neumne reklame ... Mi ugotavljamo, da odvetniki veliko bolje poznajo forenziko kot sodniki in tožilci in zato v interesu stranke, ki jo zagovarjajo, znajo naše argumente včasih tako obrniti, da je pred sodniki videti, kot da so naše ugotovitve izpodbili, pa čeprav je njihovo izvajanje s strokovnega stališča lahko prav smešno. Zato se forenziki pogosto jezimo. Druga zgodba so tako imenovane procesne napake. Na primer, lahko je neka sled, najdena na kraju nesreče ali zločina, še tako jasna, pa zaradi kopice urgentnosti v tistih trenutkih ni bila dana v zapisnik in zato potem nima nobene procesne vrednosti. Za normalno človeško pamet je to res težko razumljivo. Lahko bodo vsi, vključno s tožilcem, sodnikom in odvetnikom, vedeli, da je storilec pravi, a če ni formalno neoporečnih dokazov, ne bo obsodbe. To se zgodi npr. pri manj izkušenih policistih, izvedencih, ko storilca takoj primejo in vse prizna. Oziroma skoraj nima kaj priznati, ker se zdi vse očitno. In tedaj včasih pozabijo, da je treba sledi in dokaze zavarovati, dati v zapisnik, formalizirati ... Pozneje beseda na sodišču nič več ne zaleže, medtem ko odvetnik takoj pouči storilca, naj vse zanika, naj bo tiho ... Tako nastanejo primeri, ko je sicer vse jasno, a formalno ni dokazov. Taki primeri, ki temeljijo le na (pozneje zanikanih) priznanjih in pričanjih očitvidcev, se ponavadi končajo brez obsodbe. Kot da je za obsodbo potreben forenzičen dokaz.

Forenzičen dokaz kot sinonim za objektiven dokaz?

Tako je. To je res edini objektivni dokaz, mora pa biti zagotovljena visoka stopnja kakovosti skupaj z etičnim ravnanjem neodvisnih strokovnjakov.

Da, forenzični dokaz je objektiven. Toda, kot sva rekla prej, z manipulacijo in na podlagi slabega razumevanja je mogoče dokaz ovreči, spremeniti, falsificirati. Ali ne gre v končni fazi kljub vsemu za osebno odločitev? Za odgovorno odločitev, za odgovornost sodnika, ki bo svoje delo dovolj odgovorno sprejel, da bo lahko razumel argumente in se potem odgovorno odločal?

Točno tako je. Sodnik je tisti, ki se odloča, ali bo sprejel neki argument (kot objektivni) ali ne, in zato nosi veliko odgovornost. V sodstvu imajo načelo, da je bolje krivega oprostiti kot nedolžnega obsoditi⁸. A verjamem, da sodniku ni lahko oprostiti nekoga, za katerega z veliko gotovostjo sumi, da je kriv ... To so težke odločitve. Sodniki imajo težko delo in sedaj, ko pripravljajo stavko, se jaz strinjam, da dobri sodniki zaslužijo višje plače.

Zgodi se, da je isti argument včasih uporabljen v prid oprostitve in spet drugič v prid obsodbe. Najbrž ne gre drugače, kot da se ljudje smemo in moramo (odgovorno) odločati in je želja po popolni objektivizaciji dokazov iluzija, ki vodi v trivializacijo formalnih procedur, ki nikomur ne koristijo. Smo kot družba sposobni sprejeti odgovornosti in pristojnosti za včasih tudi napačne odločitve? Prej ste rekli, da so redke obsodbe na podlagi priznanj in očitvev in da se po pravilu zahteva objektivne (forenzične) dokaze. Ali to ne pomeni, da se torej (tudi) za sodno odločitev zahteva in pričakuje bolj formalna kot osebna odgovornost? So s tem sodišča, sodniki, sodni izvedenci in celotno sodstvo bolj pošteno ali le manj osebno odgovorni (četudi morebiti za ceno manjše poštenosti)?

Ja, isti argumenti so včasih povsem drugače uporabljeni in ne gre brez osebnih odločitev in osebne odgovornosti. Po drugi strani pa so formalne in proceduralne zadeve tiste, na katerih padajo odločitve oziroma omogočajo, da se izognemo težkim in odgovornim osebnim odločitvam. To so zelo težka moralna in družbena vprašanja. Težko, zelo težko je biti dober sodnik. To zahteva izjemne sposobnosti, znanje, razumevanje, odgovornost ..., včasih so rekli modrost. Dobro poznavanje prava je potreben, ne pa zadosten pogoj za dobrega sodnika ... Ni mogoče vsega formalizirati ...

Specialisti za marketing se znajo prilagoditi nivoju potrošnika. Bolj ko je ta sposoben in razgledan, manj je pomembna marketinška embalaža in bolj je pomembna vsebina. Je torej problem, o katerem govoriva, tudi problem

⁸Načelo kriminalnega prava je znano kot Blackstonovo razmerje: *Bolje oprostiti deset krivih kot obsoditi enega nedolžnega*. V originalu: *Better that ten guilty persons escape, than that one innocent suffer*. Formuliral ga je leta 1769 angleški pravnik William Blackstone v svoji knjigi *Komentarji zakonov Anglije* (*Commentaries on the Laws of England*). Načelo ima izvor v rimskem pravu in se pojavlja že tudi prej, na primer v Bibliji (Mojzesova knjiga 18:23–32):

26 GOSPOD je rekel: „Če najdem v Sódomi petdeset pravičnih med meščani, bom prizanesel vsemu kraju zaradi njih.“

32 Abraham je rekel: „Naj se Gospod ne jezi, če spregovorim še tokrat: Mogoče se jih tam najde deset.“ Odgovoril je: „Ne bom jih uničil zaradi teh desetih.“

nivoja sodišč in, kot bi rekel prof. Kuščer, odvisen od upoštevanja *principa zdrave pameti*, ki bi moral biti tako v sodstvu kot v družbi bolj upoštevan?

Ja, jaz menim, da *principa zdrave pameti* tako v družbi sploh kot v sodstvu primanjkuje.

Podobno je v vzgoji in šolstvu. Eno je imeti dober argument in veliko znanja, drugo pa biti sposoben učence, dijake, študente nagovoriti, jih prepričati, da argumente in znanje sploh slišijo. Eno je kot učitelj znati dovolj fizike, matematike, ... nekaj povsem drugega pa je narediti to znanje zanimivo, privlačno. Tudi učitelj je razpet med strokovne izzive in lepoto argumentov znanja na eni strani in klovnjaštvo, s katerim začasno ugaja, na drugi. Ali ne gre za podobno razmejitev strokovnih in (če jih tako imenujemo) retoričnih spretnosti?

Ja, to je zelo podobno. Zelo dobro se spomnim, da sem že kot učenec in pozneje kot študent opazil, kako veliko so nekateri profesorji znali, a nas mogoče sploh niso mogli tako navdušiti ali toliko naučiti kot nekateri drugi, katerih znanje je bilo lahko šibkejše. To so zelo kompleksne osebne karakteristike. To ni le vprašanje neke pedagogike ali nečesa, kar se zlahka naučiš. To so osebne danosti in nadarjenosti, ki jih nima vsakdo. Jaz sam se dobro spomnim, da čeprav se po znanju nisem mogel primerjati z nekaterimi, sem pri inštruiranju nekako vedno znal stvari preprosto razložiti. Ta nadarjenost mi je zagotovo prišla prav tudi v forenziki.

Ali ne obstaja med ljudmi v zadevah pravnega dokazovanja neko veliko in čudno protislovje? Po eni strani ljudje od države in znanosti naivno pričakujejo „strokovno mnenje“, objektivno resnico, znanstveni dokaz tudi za najkompleksnejše dileme družbenih in osebnih odnosov, po drugi strani so pa pripravljene pravno formalno izpodbijati najočitnejšo resnico, ki ni njim v prid?

Ja, to je precej žalostno. Kot da ljudje preveč gledajo skomercializirane nadaljevanke, kjer je življenje zelo enostavno. Po eni strani ljudje želijo „strokovno mnenje“ za vsako malenkost, po drugi strani pa, ko je v njihovem interesu, ne upoštevajo nobenega strokovnega mnenja in se lotijo tudi izpodbijanja sodno izrečenih kazni za, na primer, očitne prometne prekrške. To je človeška narava, da vedno iščemo osebne koristi.

V popularnih prikazih forenzike je vedno možno dokazati in ugotoviti vse, še posebej v primerih tako imenovanih CSI (*Crime-Scene investigation*). Forenzika je postala zelo popularna tako na televiziji, filmu in v računalniških

igrah. Forenziki že dolgo ugotavljamo, da ima to zelo slab vpliv na ljudi in žal tudi na tožilce in sodnike, ki si stvari zelo poenostavljeno predstavljajo in dejansko verjamejo, da lahko forenzik dela čudeže. Tako si preveč ljudi forenziko predstavlja kot nekakšno čudežno vedo, ki v nekaj korakih prestopi prag do objektivne in formalne resnice. Seveda ni tako. Raziskave in ugotovitve so pogosto kompleksne, zahtevajo veliko znanja in končno odgovorne (sodniške) odločitve. Vedno je na koncu človek ali senat nekaj ljudi, ki se odloči. Formalnih kljukic krivde ali nedolžnosti ni, tega bi se morali ljudje zavedati. Gre le za bolj ali manj odgovorne približke resnici. In včasih se sodniki seveda odločijo tudi napačno.

Saj se ni mogoče odgovorno odločati brez zavedanja, da lahko storimo tudi napako?

Seveda. Tako je, in odnos do napak pove veliko tudi o resnosti in strokovnosti. Treba je seveda ločiti med šlamparijo in normalnimi napakami. V resnih strokovnih forenzičnih krogih je v kompleksnih procesih preiskav priznana in odkrita napaka pogosto dokaz velike strokovnosti, globokega in subtilnega razumevanja in etičnosti. V popforenziki televizijskih kriminalk in žal pogosto tudi med pravniki je cilj idealizirana forenzična pravljica, ki ne pozna dilem in iz še tako normalnih strokovnih dilem proizvede „klovnjaške dokaze o nestrokovnosti“.

Pred leti, še v času socializma, je bilo vaše forenzično delo glede na delovanje sodišč najbrž drugačno?

V letih med 1970 in 1980 sem bil v forenzičnem laboratoriju skoraj edini z univerzitetno izobrazbo in na svoj način je v tistih letih država veliko dala na svojo lastnino. Takoj, ko se je zgodila nesreča ali kaj nepredvidenega v tovarni, v rudniku, v elektrarni, v nuklearki so poklicali mene, da bi pomagal ugotoviti vzroke za nesrečo. To delo je bilo izjemno zanimivo in ogromno sem se naučil. Ko je prišlo do raznih nesreč, sem bil v železarni Jesenice, valjarni Javornik, v termoelektrarni Šoštanj, v nuklearki Krško in še marsikje. V teh primerih sem se dodobra spoznal s tehnologijo, z načinom dela, in v glavnem smo vedno prišli do vzrokov nesreče. Najpogosteje so bili vzroki nesreč čisto mehanski, predvsem utrujenost in iztrošenost materialov, saj smo včasih ugotovili, da je bilo čudno, da do nesreče ni prišlo že mnogo prej. V primeru, ki se ga dobro spomnim, smo na primer ugotovili, da bi remont moral biti že pet let pred nesrečo. Le nekajkrat je šlo za direktno malomarnost delavca, nikoli pa ne za sabotažo – to je takratno oblast najbrž

najbolj skrbelo.

Forenzika se v sodstvu uporablja le pri „resnih zadevah“. Ko ukradejo kolo, policija ne išče pomoči forenzičnih laboratorijev, tudi na prstne odtise pri odvrženih tablicah ukradenih avtomobilov nihče ne pomisli. Če se forenzika uporablja zato, da se določi krivca kaznivega dejanja, ki dobi potem upravičeno kazen, in če naj bi kazen bila tudi vzgojna, ali se forenzika ne uporablja prepozno?

Kazen naj bi menda bila tudi vzgojna. Ne vem, nekateri pravijo, da je kazen predvsem grožnja drugim, da se ne bi obnašali podobno. Drugi spet vidijo glavni namen kazni v tem, da so kriminalci za zapahi in zato ne ogrožajo družbe.

Med ljudmi pogosto prevladuje mnenje, da bi se drobni kriminal s politično voljo in posredno z dovolj sredstvi dalo preprečiti.

Ne vem, ali gre tu za politično voljo. Več sredstev in več policije bi najbrž pomagalo. A država se pač obnaša po principu *cost-benefit*, saj bi preiskava ukradenega kolesa zahtevala veliko več sredstev, kot je kolo vredno. O vzgojnem faktorju pa seveda tu težko razmišljamo.

Najbrž ne poznamo podrobnosti, a znano je, da je župan mesta New York Giuliani⁹ z močno politično voljo, z doslednostjo in energično ekipo v nekaj letih v New Yorku menda prepolovil kriminal. Seveda so mnenja različna, a v ceni Giulianijevega principa zero-tolerance niso le ukradena kolesa, ampak družbenovzgojne posledice, in po mnenju mnogih je izboljšana varnost v New Yorku vsaj deseterno poplačala Giulianijeve stroške zaradi preganjanja tudi najmanjšega kriminala.

Sploh če spregovorim kot državljani in ne kot forenzik, ki dela v policiji, se popolnoma strinjam, da posvečamo precejšnjo vlogo preprečevanju majhnih kaznivih dejanj, ki vznemirjajo največ ljudi. Tudi meni so z vrta ukradli kosilnico, in s takimi drobnimi kraji, kot so kolesa, torbice, drobni vlomi,

⁹Rudolph William Louis Giuliani (1944–), župan mesta New York v letih 1994–2001, znan po principu *nične tolerance (zero-tolerance)*, ki je temeljila na njegovem prepričanju, da družbeni nered vodi v kriminal. V letih njegovega županovanja, se je splošna kriminaliteta v mestu znižala za skoraj 50 % na najnižjo stopnjo v novejši zgodovini New Yorka. Umori v mestu pa so se znižali celo za 70 %. Njegova brezkompromisna doslednost je pripeljala celo do sporov v Združenih narodih, saj so nekateri tuji diplomati, navedeni širokih privilegijev, v New Yorku zašli v hude težave z lokalno policijo zaradi nepravilnega parkiranja diplomatskih limuzin.

se policija skorajda sploh ne ukvarja. Ni res, da so pomembni le umori in organiziran kriminal. Na posvetih, ko je za to priložnost, vedno izpostavljam svoje mnenje, da bi morali drobnemu kriminalu posvetiti večjo pozornost.

Ali se morilci in organizirani kriminalci dejansko ne razvijejo iz tatov?

Tudi to mogoče drži. Ne vem. Nekateri pravijo, da je zapor (Dob) šola za kriminalce. Težko bi komentiral, kakšen je vpliv zapora na kriminalce.

Če pomislim na šolsko vzgojno paralelo, se mi zdi, da mora tudi učitelj v šoli, če naj sploh ima kakšno možnost za uspeh, primerno ukrepati na začetku ob še drobnih poskusih nespoštovanja šolskih pravil. Ob prvih tipanjih učencev, do kod je dovoljeno, ob prvih plonkanjih, sleparijah, izsiljevanjih. Pozneje, če in ko se mladostnik razvije v „težaka“, bo tudi klicanje ravnatelja na pomoč neuspešno.

Po mojem mnenju učitelji v glavnem tako tudi reagirajo, a žal pogosto neuspešno, ker je tudi to že prepozno, saj je najpomembnejše domače okolje. Tam se vse začne. Pri odnosu, ki ga vzpostavijo starši. (Nasmeh.) Kot pravijo, je pa nekaj tudi v genih. Včasih so rekli, da je po Lombrosovi¹⁰ teoriji vse odvisno od genov. Pozneje je obveljalo, da to sploh ni res in da je vse odvisno od vzgoje. Danes se spet vračamo k večjemu pripisovanju pomena genetski predispoziciji za kriminal, ki naj bi bila zapisana v DNK.

Vsekakor Lombrosova teorija o genetski determiniranosti odvezuje odgovornosti starše, vzgojitelje, državo in celo kriminalce, kar je vsaj priročna, če že ne pravilna teorija. Kako pomembni se vam zdijo princip zdrave pameti, naravoslovje in eksaktni predmeti, kot sta fizika ter matematika, v vzgoji in izobraževanju?

Zelo zelo pomembni. Žal sem mnenja, da zdajšnji šolski sistem veliko premalo gradi na principu zdrave pameti in veliko preveč na nekem specifičnem učenju. Bojim se celo, da šolski sistem promovira tiste, ki se znajo učiti na kak poseben način, nimajo pa nujno zdrave pameti, in da zanemarja druge, ki imajo širše sposobnosti in interese. To so seveda samo moji občutki, a če pomislim na številne gimnazijce iz mojih časov, ki so večinoma prišli do uspešnih in zelo raznolikih poklicev od vrhunskih umetnikov do izjemnih zdravnikov, bi danes le redkim sploh uspelo priti do študija na univerzi. Po drugi strani pa danes na univerzah študirajo mnogi s precej manj zdrave

¹⁰ Cesare Lombroso (1836–1909), italijanski kriminalist, profesor medicinskega prava in psihiatrije je v bistvu verjel, da je kriminaliteta genetsko pogojena.

pameti. Zato se mi predvsem zdrava pamet zdi izjemno pomembna. Kot sva rekla prej, je v vseh poklicih, tudi v pravosodju, kjer se ljudje togo držijo branja zakonov in formalnih interpretacij, zdrava pamet v velikem pomanjkanju. Vzgoja k zdravi pameti pa se začne doma in v šoli.

Kakšna misel za konec?

(Nasmeh.) Kaj pa vem, naj se študentje nikar ne zgledujejo po meni in naj hitro diplomirajo.

Ampak, po vašem zgledu, naj si zgodaj ustvarijo družino, pa najbrž ne boste odsvetovali?

Ne, nikakor. Zgodaj imeti družino je zelo lepa izkušnja.

Gospod Golja, lepa hvala za pogovor.

Pogovor je pripravil Damjan Kobal

VESTI

USPEHI IN PRIZNANJA NAŠIM TEKMOVALCEM IN VODJEM EKIP

V senci priprav športnikov na olimpijado v Pekingu je potekala od 10. do 22. julija v Španiji (Madrid) 49. mednarodna matematična olimpijada (MMO). Na tekmovanju srednješolcev v znanju matematike se je letos pomerilo 535 dijakov iz 97 držav sveta. Naši tekmovalci so dosegli lepe uspehe, saj sta Jure Vogrinc (Gimnazija Bežigrad, Ljubljana) in Primož Pušnik (Gimnazija Lava, Celje) prejela bronasti medalji, Aljaž Zalar (Gimnazija Bežigrad, Ljubljana) pa pohvalo. Slovensko ekipo so poleg navedenih dijakov sestavljali še Matej Aleksandrov, Gregor Grasselli in Anja Komatar (vsi z Gimnazije Bežigrad, Ljubljana). Ekipo sta v imenu Društva matematikov fizikov in astronomov Slovenije spremljala dr. Gregor Dolinar in Irena Majcen.

Slovenija je na MMO dobila še eno veliko priznanje – predstavniki 97 držav udeleženk so izmed 3 kandidatov iz ZDA, Rusije in Slovenije v **svetovalni odbor MMO izvolili dr. Gregorja Dolinarja** z Univerze v Ljubljani.

Potrditev velikega ugleda Slovenije je tudi odločitev svetovalnega odbora MMO, da za svojega **tehničnega svetovalca izbere dr. Matjaža Željka** z Univerze v Ljubljani.

Na 39. fizikalni olimpijadi, ki je potekala od 20. do 29. julija v Vietnamu (Hanoi) je Matjaž Payrits (Gimnazija Bežigrad, Ljubljana) osvojil srebrno medaljo, Miha Čančula in David Kraljič (oba Gimnazija Bežigrad, Ljubljana) in Jure Senčar (Gimnazija Franca Miklošiča, Ljutomer) so prejeli branasto medaljo, Aleš Srna (Gimnazija Kranj) pa pohvalo. Ekipo sta vodila mag. Ciril Dominko in dr. Jure Bajc.

Priprave na olimpijado so bile uspešne, zato se vsem, ki so pri tem sodelovali, zahvaljujemo. Vsem tekmovalcem čestitamo, Matjažu in Gregorju pa želimo uspešno delo v organih MMO.

Nada Razpet

STROKOVNO SREČANJE IN 60. OBČNI ZBOR DMFA SLOVENIJE

Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije vabi k sodelovanju na strokovnem srečanju in 60. občnem zboru, ki bosta 7. in 8. novembra 2008 v Termah Olimia v Podčetrtku. Vodilna tema bo *Preverjanje znanja*. Vse, ki želijo predstaviti svoje izkušnje in novosti s področja preverjanja znanja, prosimo, da nam to čim prej sporočijo (podrobna navodila za prispevke so objavljena v 3. številki letošnjega *Obzornika za matematiko in fiziko*).

Ob letošnjem občnem zboru bomo pripravili tudi *6. konferenco fizikov v osnovnih raziskavah* in *2. slovensko srečanje matematikov raziskovalcev*. Podrobnejši program srečanj bomo objavili na spletni strani društva.

Na strokovno srečanje se je treba prijaviti do 15. oktobra 2008 oziroma do zapolnitve mest (največ 150 udeležencev), in sicer izključno po informacijskem strežniku (vodena bo evidenca prijav in upoštevana omejitev številu udeležencev). Vljudno prosimo, da se prijavite po poprejšnjem soglasju vodstva šole. Račun za plačilo kotizacije (70 EUR na udeleženca, člani DMFA Slovenije imajo 50 % popusta) bomo poslali takoj po končanem roku za prijavo.

Hotelske storitve si morajo udeleženci seminarja rezervirati sami najkasneje do 24. oktobra 2008 (rezervacije@terme-olimia.com). Pri prijavi navedite termin (datum prihoda in odhoda) in želeno storitev (polpenzion, polni penzion) ter zapišite, da se prijavljate v okviru DMFA Slovenije, saj imajo udeleženci strokovnega srečanja poseben popust. Za udeležence so v hotelu pripravili posebne ugodnosti za družine in tiste, ki bodo prenočili tudi v nedeljo. Vsi obroki so samopostrežni, udeleženci pa imajo na voljo brezplačno parkiranje v garažni hiši pod hotelom. Podrobnejše informacije lahko dobite na spletni strani DMFA.

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

LJUBLJANA, JULIJ 2008

Letnik 55, številka 4

ISSN 0473-7466, UDK 51 + 52 + 53

VSEBINA

Članki	Strani
Nekaj primerov dvojnega štetja, Sandi Klavžar	121–128
Energetika dogajanj v ozračju – II. del: Energijske pretvorbe, Jože Rakovec	129–138
Intervju	
Gospod Janez Golja, vodja Centra za forenzične preiskave, pripravil Damjan Kobal	140–160
Nove knjige	
Pismo uredništvu o Brysonovi knjigi, Janez Strnad	138–139
Vesti	
Novi člani društva v letu 2007, Vladimir Bensa	128
Uspehi in priznanja našim tekmovalcem in vodjem ekip, Nada Razpet ..	160–XV
Strokovno srečanje in 60. občni zbor DMFA Slovenije	XV

CONTENTS

Articles	Pages
Some examples of double counting, Sandi Klavžar	121–128
Energetics of atmospheric processes – Part II.: Energy transforms, Jože Rakovec	129–138
Interview	140–160
New books	138–139
News	128–XV

Na naslovnici: Ozračje poganjajo v gibanje na planetarnih razsežnostih predvsem razlike v ogrevanju in ohlajanju posameznih predelov na Zemlji. Posledica tega so med drugim tudi v tropskih predelih prevladujoča dviganja zraka (modri in vijolični toni) in v subtropih prevladujoča spuščanja zraka (rumeni in oranžni toni). Glej članek na strani 129.