

**Davor Pavuna, od Koprivnice, Zagreba do Švicarske**

Davor Pavuna

Ante Bilušić<sup>1</sup>

Profesor emeritus, Davor Pavuna, rođen je 1952. g. u Koprivnici, osnovnu školu završio u Osijeku, a maturirao 1970. g. u Zagrebu. Ovdje je 1977. g. diplomirao eksperimentalnu fiziku na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Doktorsku disertaciju je obranio 1982. g. u Engleskoj. Kasnije radi u Švicarskoj i mnogi naši studenti su stekli mogućnost da njegovim preporukama tamo nastave poslijediplomski studij ili znanstveno usavršavanje. Zamolili smo ga za kratak razgovor za naš časopis kojeg je, kao učenik srednje škole, s užitkom čitao.

**Poštovani profesore Pavuna, zahvaljujemo Vam se na spremnosti da date intervju Matematičko-fizičkom listu, jednom od najstarijih europskih časopisa ove vrste. Kada ste osjetili poriv da se bavite znanošću? Je li tome barem malo pomogao i ovaj časopis?**

Još kao srednjoškolac volio sam čitati Matematičko-fizički list, a od malih nogu su me u obitelji 'gurali' u matematiku i odgajali da *učim od boljih od sebe!* Rođen sam u Koprivnici, a djetinjstvo i osnovnu školu sam proveo u Osijeku. Razvijao sam glavne sklonosti, od prirodoslovlja i stranih jezika, do glazbe i glume, a obožavao sam književnost: mnogo sam čitao. Duboka mi je inspiracija bio A. B. Šimić: *Čovječe, ne stupaj malen ispod zvijezda*, te A. Solženjicin: *Većina reže deblo gdje je mekano, a rijetki su koji kad nalete na kvrgu, uporno nastave rezati do kraja. . . njih ništa ne može zaustaviti!*.

**Molimo da nam ukratko opišete tijek Vaše znanstvene karijere.**

Godine 1966. po preseljenju u Zagreb, na prijemnom ispitu na V. (prirodoslovno-matematičkoj) gimnaziji, postigao sam 100 % iz matematike! Time je i moj budući put bio uvelike trasiran. Profesori su me podržali za studij fizike na PMF-u u Zagrebu. Ovdje nam je tokom studija prof. Boran Leontić preporučio izvanredan udžbenik Richarda Feynmana, *Lectures on Physics I-III*. Zaljubio sam se u 'feynmanovsku' viziju fizike! Diplomirao sam 1977. kod prof. Emila Babića i Borana Leontića s pionirskim radom na istraživanju transportnih svojstava amorfnih slitina. Oni su me, preko prof. Johna Coopera (danas, Cambridge, Velika Britanija), preporučili prof. Sydney Dugdaleu, predsjedniku znanstveno-istraživačkog vijeća Velike Britanije. Ubrzo sam 1978. 'doletio' u Englesku, gdje sam do 1982. intenzivno radio na doktoratu o elektronskim svojstvima amorfnih metala, pod Dugdaleovim mentorstvom. Doktorskoj komisiji je, uz prof. Denisa Greiga (Leeds University), predsjedavao prof. Jan Evetts (Cambridge). Bili su sa mnom vrlo zadovoljni jer sam, uz kvalitetna mjerenja svojstava amorfnih metala, konstruirao fleksibilan model uređaja za ultra-brzo kaljenje metalnih slitina. Mnogi su ga htjeli kupiti, pa smo ga komercijalizirali i ubrzo su ti 'melt-spinneri' osvanuli u Cambridgeu, Sheffieldu, Barceloni, Parizu, Bombaju, Canberri, Grenobleu, British Steelu (1982.), te su me angažirali za stručnog savjetnika u Pechiney Aluminiumu (1983.), a s Tetra Pak grupom smo 1985. otvorili i specijalan laboratorij u Romontu, u Švicarskoj.

<sup>1</sup> Autor je profesor fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Splitu; e-pošta: ante.bilusic@pmf.st

Držao sam pozvana predavanja po Europi, Indiji, Australiji, SAD-u. Ubrzo sam dobio i poziciju u *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS), kao pridruženi docent Sveučilišta u Grenobleu (Francuska), gdje sam od 1983. do 1986. postavio vrlo uspješan istraživački program o kvazikristalima. Ujesen 1986., tek oženjen sa Sylvie, koju sam upoznao 1984. na skijanju u Chamonixu, prešao sam na *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne* (EPFL), Lausanne, Švicarska. I danas sam ovdje kao profesor emeritus, nakon što sam godinama, uz brojne časne akademske obaveze, vodio 'supra grupu' i Centar za realizaciju elektronski aktivnih materijala (CREAM). Sudjelovao sam u nastavi opće fizike kemičarima (do 250 studenata!), te držao kolegij kvantne fluidnosti na poslijediplomskom studiju.

Koautor sam s prof. Michelom Cyrotom (Grenoble) izuzetno prihvaćenog udžbenika o supervodičima *Introduction to superconductivity and high- $T_c$  materials* (1992). Udžbenik je imao privilegiju da je nobelovac, Pierre-Gilles de Gennes napisao vrlo pozitivan predgovor (slika 1), te je korišten u oko četiri tisuće sveučilišnih kolegija diljem svijeta. Bio sam gostujući profesor i savjetnik diljem svijeta. Bio sam vanjski suradnik Instituta za fiziku u Zagrebu, gostujući profesor u Osijeku, odnedavno i na PMF-u u Mostaru. Od 2015. predsjedam *Tesla World Foundation* (Smiljan). Bitna je redovna međunarodna konferencija *From Solid State to Biophysics IX*, koju organiziram s prof. Laszлом Forrom, EPFL. Svake dvije godine u Cavtat dovedemo ponajbolje stručnjake iz cijelog svijeta, a tu su uključeni i brojni stručnjaci iz Hrvatske. Cilj je podizati izvrsnost i široku disciplinarnost u našoj znanosti u 21. stoljeću. Zasad smo uspjeli u toj viziji!



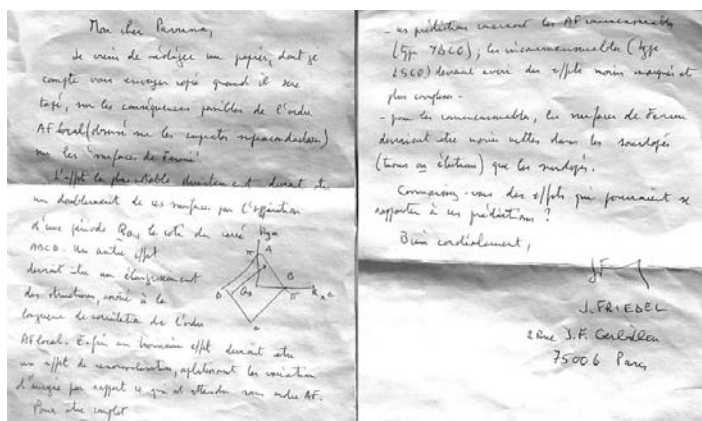
Slika 1. Naslovnica i poledina udžbenika *Uvod u supravodljivost*.

**Bavili ste se mnogim područjima fizike, ali supravodljivost je ono što je obilježilo Vašu karijeru. Možete li pojasniti što je to supravodljivost i što biste posebno istaknuli?**

Supravodljivost jest moja velika strast i uža specijalnost. Radi se o vrlo suptilnom makroskopskom kvantnom fenomenu. Jako pojednostavnjeno govoreći, u normalnom metalu, poput kalija, slobodni elektroni se raspršuju na nečistoćama i to uzrokuje izmjerenu električnu otpornost. U supravodiču, poput aluminija ili NbTi, ispod određene kritične temperature ( $T_c$ ), efektivna pozitivna privlačnost (primjerice preko vibracija iona, tzv. kristalne rešetke) sparuje elektrone u parove. Ti parovi se kolektivno 'spregnu' u kvantni fluid, koji 'ne vidi' nečistoće tj. nema raspršenja individualnih elektrona. Posljedično, u supravodiču ispod  $T_c$ , otpornost jest 0, da: stvarno nula!

San čovječanstva je da se ostvari supravodljivost na sobnoj temperaturi tako da bismo mogli transportirati električnu energiju uz minimalne gubitke energije. Najnovija mjerenja na hidridima pokazuje da smo vrlo blizu sobnoj temperaturi (ali pod vrlo

visokim tlakom); teorijski modeli nam daju dobar uvid za daljnje pokuse. U primjenama je također velik napredak, primjerice u kablovima i novim supravodljivim magnetima, te u vrlo osjetljivim magnetskim mjerenjima finih moždanih valova u mozgu pacijenta (tzv. SQUID magnetometri). Zanimljivo je i da su aluminijski ( $T_c \approx 1$  K) sklopovi korišteni u prototipovima Qubit sklopova novih, kvantnih računala, koji postupno preuzimaju informacijske tehnologije kolosalnih baza podataka. Na temama supravodljivosti (kao i na kvantnim računalima) sada se vrlo aktivno radi i problemi jesu netrivialni, no očekujemo da ćemo glavne izazove ubrzo riješiti, vjerojatno već u idućoj generaciji. O supravodljivosti sam često diskutirao s mnogim istaknutim znanstvenicima, poput akademika Jacquesa Friedela (slika 2) ili otkrivača visoko-temperaturne supravodljivosti u kupratima, nobelovca Karl-Alex Müllera i mogu slobodno reći da će tu biti još iznenađenja!



Slika 2. Vlastoručno pismo predsjednika Francuske akademije, prof. Jacquesa Friedla Davoru Pavuni o modelu visokotemperaturne supravodljivosti (1999.).

**Dakle, supravodljivost je tema koja golica maštu znanstvenika diljem svijeta već stotinu godina. Možete li nam istaknuti neke doprinose hrvatskih znanstvenika?**

U supravodljivosti imamo dugotrajnu tradiciju još od 60-ih godina prošlog stoljeća kad je akademik Slaven Barišić doktorirao kod prof. Jacquesa Friedela u Parizu i gdje su objavili uspješan model o supravodljivosti u organskim metalima, koji je i danas važan, u širem kontekstu. Mi imamo mnoge izvrsne kolege i bitne doprinose, primjerice, prof. Nevena Barišića, koji sintetizira i mjeri izvanredne uzorke, te uspješno objašnjava brojne anomalije supravodljivih kuprata. U teoriji prof. Denis Sunko ima duboke uvide u klasifikaciju kompleksnih novih i supravodljivih metala, u kojima su prisutni i ioničnost i kovalentnost. Spomenut ću i izvrsne radove etabliranih kolega poput prof. Miroslava Požeka, te mlađih dr. Petra Popčevića i dr. Damjana Pelca... lista izvrsnih je podulja i ispričavam se svima koje ovdje nisam spomenuo.

**U svojoj ste karijeri objavili oko 220 znanstvenih radova, koji su drugi znanstvenici citirali preko 2000 puta, 30 revijalnih radova i 32 knjige u kojima se pojavljujete kao urednik, te održali preko 200 pozvanih predavanja. Možete li izdvojiti znanstvene doprinose koji su Vam posebno prirasli srcu i koji su na neki način obilježili i usmjerili Vašu znanstvenu karijeru?**

U praksi moj utjecaj je veći nego samo broj citata i mnoge sam kolege dobro upoznao tokom brojnih skupova koje sam redovito organizirao i posvuda imam prijatelje u struci; takvi kontakti svima pomažu u dinamici suvremene znanosti. Primjerice, recenzent sam brojnih projekata od Švicarske i Europske unije, Izraela, SAD-a i Kanade, Turske,

Saudijske Arabije, Kine i Rusije. Uz ranije spomenute uspjehe u konstrukciji uređaja i poboljšanim metodama ultra-brzog kaljenja neuređenih metalnih slitina, spomenimo rane radove na kvazikristalima za koje je Claire Berger, moja studentica u Grenobleu, dobila 1988. g. srebrnu medalju CNRS-a!

U Lausannei smo još 1988. uvidjeli da kuprati pomiješani sa srebrnim oksidom imaju izvanredna električna svojstva i to je otkriće produbljeno daljnjim proučavanjem izuzetnih svojstava materijala  $(YBaCuO)_{1-x}Ag_x$  koji pokazuju vrlo visoke gustoće kritične struje koje inače razaraju supravodljivo stanje. Iz tih je radova dijelom proizašla i najnovija tehnološka konstrukcija kablova visokotemperaturnih kuprata.

Moj najkuražniji i najzahtjevniji znanstveni projekt počeo je 1995. godine. Odlučili smo konstruirati specijalni ablacijski uređaj s laserom (*pulsed laser ablation*) za napanje tankih filmova kuprata *unutar* sinkrotrona u Madisonu (Wisconsin, SAD). U to je vrijeme većina spektroskopskih eksperimenata rađena na *kalanim* monokristalima Bi-2212 kuprata. U ovom je projektu ključni izazov bio napraviti tanke filmove kuprata u komori pokraj fotoelektronske komore i izvesti *in situ* mjerenja na tankim filmovima YBCO ili LSCO *bez kalanja*, dakle bez vađenja uzoraka iz zatvorenog eksperimentalnog sustava. Bilo je potrebno sedam godina napornog rada i sustavnih, većinom neuspješnih, eksperimenata dok je napokon 2002. godine dobiven prvi uspješan rezultat! Danas se taj *in situ* pristup koristi u svim sinkrotronima!

U suradnji s Ivanom Božovićem (Brookhaven National Laboratory, SAD) smo '90-ih organizirali svake druge godine u Kaliforniji seriju SPIE konferencija o Fizici supravodljivih oksidnih filmova i nanoinženjeringu. Obojica smo vjerovali u heteroepitaksijske metode rasta filmova koje omogućuju tvorbu elektronskih multislojnih funkcionalnih materijala; to se prošireno područje naziva multiferroics. Godine 2011. smo objavili, visoko citiran doktorski rad Guya Dubuisa o utjecaju visokog električnog polja na elektronska svojstva ultratankih monokristalnih LSCO filmova. Električnim poljem inducirane promjene u gustoći površinskih nositelja naboja uzrokuju pomak  $T_c$  i do 30 K, a kritični otpor je točno jednak kvantnom otporu za parove elektrona,  $R_Q = h/(2e)^2 = 6.45$  kOhma, što upućuje da fluktuacije kvantne faze možda upravljaju faznim prijelazom, te da lokalizirani parovi elektrona, koji su preteče pojave supravodljivosti, postoje čak i u izolatorskom stanju!

**Svoju ste karijeru proveli u inozemstvu, na gotovo svim kontinentima. Svejedno, cijelo ste vrijeme bili snažno vezani uz Hrvatsku. Možete li iz svog bogatog iskustva usporediti život i rad u Hrvatskoj s onim u Europi i drugim kontinentima? Zašto po Vašem mišljenju Hrvatska zaostaje za većinom zemalja Europske unije?**

Tranzicija je bolna u svim bivšim komunističkim sustavima (čak i u bivšoj Istočnoj Njemačkoj), i ona traje do dvije generacije. Nema ozbiljnog izvoza i ekonomskog rasta bez  $\approx 3$  % inženjera, a ti proizvodni znalci su i dalje zatomljeni u Hrvatskoj. No, imamo darovite, kreativne prirodnoznanstvenike, poboljšali smo infrastrukturu, te u matematici i fizici već vrlo dobri, sve bliže ponajboljim europskim institucijama, poput Max Planck Instituta i ETH sustava. Znamo da je prirodoznalcima boravak u top inozemnim institucijama nužan uvjet, pa smo postavili i mrežu korisnih kontakata u svijetu i sve ide postepeno na bolje. Primjerice, sad je i tridesetak Hrvata na EPFL-u, a 1986. bio sam jedan jedini. Inženjering i izvoz zasad idu sporije, ali i to će se poboljšati!

**Vrlo ste aktivni u povezivanju domovinske i iseljene Hrvatske. Koje biste vidove suradnje dijaspore i Domovine istakli kao najučinkovitije?**

Od samog početka mog boravka u inozemstvu bio sam u kontaktima s brojnim iseljenicima. Posebno sam postao aktivan od dolaska u Švicarsku 1986. Počeo sam djelovati u Upravnom vijeću AMAC-a (Alma Mater Croatica), kojemu je tada predsjedavao prof. Žarko Dolinar, kasnije prof. Marko Turina, dok je počasni predsjednik bio nobelovac prof. Vladimir Prelog. Sudjelovao sam i u osnivanju *Croatian-Swiss Business Consult*. Od 2010. do 2019. sam predsjedavao Hrvatskim svjetskim kongresom

Švicarske, te sam bio svjetski veleposlanik Kongresa, koji je aktivan u više od 35 zemalja.

Bio sam jedan od recenzenata dokumenta o strategiji Hrvatske, koji je pripremala Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (HAZU, 1993). Često sam prisutan i u hrvatskoj javnosti, poznat po svojim stavovima i idejama. Zalažem se oduvijek za povezivanje svih hrvatskih znanstvenika, što je djelomice zaživjelo 2005. i 2007. godine na Prvom i Drugom kongresu svih hrvatskih znanstvenika iz domovine i svijeta (Zagreb, Vukovar i Split). Bio sam jedan od inicijatora, suorganizatora kongresa i plenarnih predavanja. Za inovativne radove i mnoge pozitivne aktivnosti 2006. primio sam visoko hrvatsko odličje Danicu Hrvatsku s likom Nikole Tesle. Godine 2009. primio sam i Medalju grada Koprivnice, a financijski dio sam poklonio odličnim učenicama Gimnazije Frana Galovića u tom gradu (slika 3).



Slika 3. Učenice, Mija Mitar i Ivona Ivić, primaju nagradu od Davora Pavune (slika je preuzeta iz Podravskog lista od 31. siječnja 2011., uz dozvolu uredništva).

Sa Švicarskom vladom i EPFL predsjednicima, od 2013. sustavno sam djelovao na znanstvenoj suradnji Hrvatske i Švicarske, te je potpisan i protokol s Hrvatskom zakladom za znanost o izboru novih mladih docenata, koji su meritorno izabrani uz međunarodnu komisiju i ko-financirani iz švicarskog budžeta.

Uvid u moja osobna uvjerenja možete vidjeti u web forumima, poput *Facebooka*, *Linkedina*, *Youtubea* i u znanosti, *Research gate*.

**Živimo u svijetu u kojemu se mladim ljudima posebno nameće želja brzog uspjeha kao mjerilo vrijednosti. U poplavi različitih informacija vrlo je teško razlučiti istinsku od lažne vrijednosti. Što biste poručili našim čitateljima, učenicima osnovnih i srednjih škola, kako prepoznati pravu vrijednost, kako razlučiti istinsko od lažnog?**

Svatko se treba osvijestiti i biti konstruktivno aktivan u skladu sa svojim glavnim predispozicijama. S roditeljima i mudrim voditeljima provjerite svoje talente i izaberite ponajbolji put za sebe, a time i za sve nas! Zato i postoje iskusni stručni mentori koji nas vode: *Pokušaj biti sutra bolji nego što si bio danas!* I ja sam uspio jer su me oduvijek vodili i formirali bolji od mene. I meni su se tijekom godina mnogi mladi obraćali i svima sam pomogao koliko sam mogao. Danas je sve umreženo, pa je manje bitno jeste li trenutno u Hrvatskoj, Americi ili Švicarskoj. No, poželjno je neko vrijeme provesti na specijalizaciji u EU, te u zemljama poput Velike Britanije, SAD-a ili jugoistočne Azije.

Moje osobno iskustvo jest da smo tek na početku istinske znanosti i suvremena fizika nije još jasno izrekla skup zakona i modela: dakle, mnogo je još predivnih izazova u fizici i znanosti, za sve mlade koji dolaze!