

Časopriestor Spacetime

8 4/2020
ISSN 2730-0110

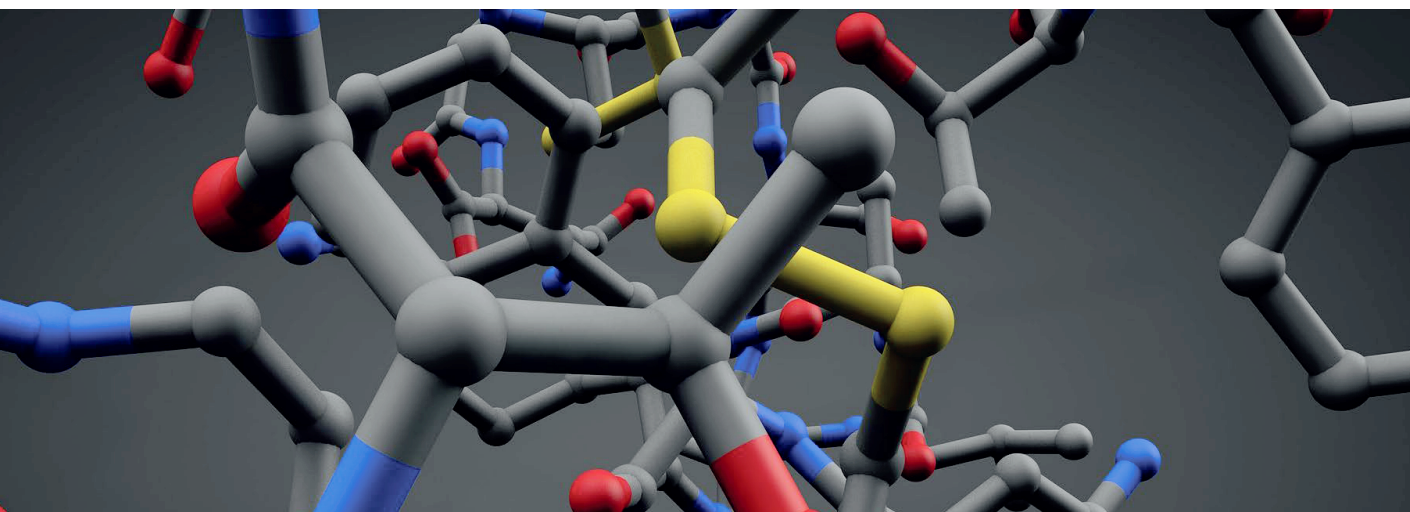
Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov
Interactive popular science medium of important authors and scientists

Prof. Ing. Ivan Chodák, DrSc.

**Aplikačný výskum a spolupráca
ÚSTAVU POLYMÉROV SLOVENSKEJ AKADÉMIE VIED
s priemyslom (Úvahy a spomienky)**

Obsah

- 3 Prof. Ing. Ivan Chodák, DrSc.
- 4 Základný a aplikovaný výskum
- 8 Spolupráca s priemyslom v rokoch 1980-1989
- 10 Nové možnosti po roku 1989
- 11 Spolupráca s Holandskom
- 16 Matador Púchov a ďalšie slovenské podniky
- 22 Spolupráca s ďalšími krajinami
- 25 Európske projekty
- 26 Výskum financovaný domácimi subjektami
- 27 Záverečná poznámka



Časopriestor // Spacetime

Interaktívne vedecko-popularizačné médium významných autorov a vedeckých pracovníkov.

Šéfredaktor: Dr.h.c. mult. prof. PhDr. Ing. Štefan Kassay, DrSc.

Recenzent a editor: Dr.h.c. mult. prof. Ing. Štefan Luby, DrSc.

Grafická úprava: Dušan Ščepka.

Za odborný obsah materiálov zodpovedá autor.

Vydavateľ: INTERCEDU, a.s., Moyzesova 4/A, 902 01 Pezinok, Slovenská republika

ISSN 2730-0110



Prof. Ing. Ivan CHODÁK, DrSc.

Prof. Ing. Ivan Chodák, DrSc. je komplexnou osobnosťou v oblasti výskumu plastov, predovšetkým polymérnych zmesí a kompozitov. Jeho vedecký prínos demonštruje viac než 150 vedeckých publikácií v CC časopisoch a ďalších najmenej 60 publikácií uverejnených predovšetkým v zahraničných vedeckých časopisoch nevidovaných v CC. Jeho práce boli citované viac než 2000-krát.

Okruh jeho vedeckých záujmov je široký a odvíja sa zo symbiózy multikomponentných systémov a chemickej modifikácie polymérnej matrice. Najdôležitejšie výsledky dosiahol v oblasti sieťovania polypropylénu (v 80-tych rokoch publikoval postup a mechanizmus sieťovania PP s najvyššou známou účinnosťou), výskumu elektrovodivých kompozitov, ako aj nanokompozitov s elastomérou matricou, kde získal originálne sčasti patentované poznatky. V poslednom čase zaujali jeho práce týkajúce sa výrazného zvýšenia húževnatosti zmesí biodegradovateľných plastov s potenciálom využitia pre obaly. Je autorom a spoluautorom celkovo 24 patentov, z toho 2 realizované, 7 medzinárodných.

Medzinárodné uznanie vo vedeckej komunite dokumentuje takmer 50 pozvaní na prednesenie plenárnych a kľúčových prednášok na medzinárodných vedeckých konferenciách, z najvýznamnejších plenárne prednášky na konferencii Eurofillers Alessandria (Taliansko), v Trois Rivieres (Kanada), San Pedro (Brazília) a Alexandrii (Egypt), ako aj hlavné prednášky napríklad v Bogore (Indonézia), Káhire (Egypt), Rolduc (Holandsko), Luzern (Švajčiarsko) a najmä v sérii workshopov UNIDO venovaných biodegradovateľným plastom (Terst, Campinas, Varšava, Doha, Sharjah, Belehrad, Káhira), atď. Pravidelne je pozývaný

za člena Medzinárodných organizačných výborov a Advisory Committees na celom svete.

Je, resp. bol, zodpovedným riešiteľom za pracovisko v dvoch projektoch Rámcových programov EU (FP5 a FP7) a dvoch projektov EFRD, okrem početných projektov VEGA a APVV, ako aj dvojstranných medzinárodných menších projektov.

Donedávna bol aj pedagogicky činný, prednášal jeden z kľúčových predmetov Fyzika polymérov na Fakulte chemickej a potravinárskej technológie STU a počas 10 rokov súbežne aj na Fakulte priemyselných technológií TrUAD v Púchove.

Šírku jeho záberu demonštruje aj výrazná snaha o prepojenie vedeckého základného výskumu s priemyselnou praxou, ktorá sa prejavuje v početných spoluprákach s firmami nielen na Slovensku, ale v celej Európe. Z najvýznamnejších možno menovať BASF (Nemecko), DSM (Holandsko), GE Plastics (Holandsko), National Power (Anglicko), Matador Púchov, Duslo Šaľa a desiatky menších firiem. Je autorom a spoluautorom celkovo 24 patentov, z toho 2 realizované, 7 medzinárodných.

Napokon treba spomenúť, že počas jedného funkčného obdobia pôsobil ako člen Predsedníctva SAV, kde okrem iných úloh sa zaoberal aj otázkami aplikácie a prenosu vedeckých poznatkov do praxe.

Popri vedeckej práci sa zaoberá aj hudbou, je klavírnym interpretom najmä swingovej jazzovej hudby, ktorú občas prezentuje pre pozvané publikum na rôznych akciách. V minulosti aj komponoval, najmä v spolupráci s Ivanom Popovičom, pre ktorého zložil scénickú hudbu k viac ako dvadsiatke jeho krátkych animovaných filmov. Je tiež autorom scénickej hudby k viacerým rozhlasovým hrám.

Základný a aplikovaný výskum



Ústav polymérov SAV je riadnym pracoviskom Slovenskej akadémie vied a vo svojej činnosti sa riadi Zákonom o Slovenskej akadémii vied z 19. februára 2002. Podľa tohto zákona je činnosť akadémie zameraná na základný výskum vo vybraných odboroch prírodných, technických, lekárskech, pôdohospodárskych, spoločenských a humanitných vied. Akadémia sa zúčastňuje aj na aplikovanom výskume, vývoji a inováciách (§ 4 vyššie uvedeného zákona).

Aký je rozdiel medzi základným a aplikovaným výskumom? Podľa Wikipédie základný výskum sa zameriava na ďalší rozvoj v určitej oblasti. Hlavným cieľom je získavanie nových, často neočakávaných poznatkov, zaoberá sa hlavne teoretickými otázkami, ktoré spravidla nemajú okamžité praktické využitie. Hlavným používateľom výsledkov základného výskumu sú iní vedci, ktorí pracujú v danom vednom odbore. Hoci je základný výskum často poháňaný iba zvedavosťou, predstavuje motor aplikovaného výskumu, s ktorým musí držať krok. Na druhej strane, aplikovaný výskum sa zameriava na bezprostredné využitie výsledkov v praxi.

Z tohto pohľadu sa základný výskum javí, často aj v očiach vzdelaných a inteligentných ľudí, ako nejaká hra bez praktického významu. Vo všeobecnosti však platí, že aplikovaný výskum možno efektívne rozvíjať len ak je základný výskum voči nemu v dostatočnom predstihu. Nezastupiteľný význam základného výskumu a jeho vzťah k aplikovanému výskumu aj v súvislosti s faktorom času dočneme, keď si uvedomíme, že napríklad po tom, čo Maxwell publikoval základné rovnice makroskopickej teórie elektromagnetického poľa, jeden z najvýznamnejších fyzikov v histórii, lord Kelvin tento objav komentoval takto: „Bezpochyby je to jeden z najúžasnejších objavov vo fyzike. Nevieť si ale predstaviť, že by mohol mať niekedy v budúcnosti praktické využitie.“ Dnes na tomto princípe funguje celý bezdrôtový prenos informácií.

Z pohľadu hodnotenia dôležitosti výskumu nemožno vyzdvihovať aplikovaný výskum nad základný, ale ani naopak. Bez základného výskumu by sme nezískali takmer žiadne skutočne nové poznatky, na základe ktorých vznikajú principiálne nové aplikácie. Na druhej strane pri absencii aplikovaného výskumu

Prof. Ing. Ivan Chodák, DrSc.



Ocenený Zlatou medailou Nadácie profesora Štefana Kassaya
na podporu vedy a vzdelávania



by sa len veľmi málo princípov objavených a rozpracovaných v rámci základného výskumu aj prakticky využívalo, takže základný výskum by sa dostal skutočne na úroveň intelektuálnej zábavy bez praktického významu pre spoločnosť.

Takže pri hodnotení, či už základného alebo aplikovaného výskumu, jediným kritériom môže byť, či určitý výskum je dobrý, alebo nie. Dobrý výskum sa vyznačuje predovšetkým určitým stupňom originality, niekedy väčším, niekedy zdanlivo menším, ale vždy prináša niečo nové. Druhým predpokladom kvality je detailné rozpracovanie nápadu, ktoré obsahuje pochopenie príčin, následkov a vysvetlenie celého mechanizmu pôsobenia určitého deja, ktoré zahrňuje dôvody jeho vzniku, faktory pôsobiace na intenzitu a rýchlosť deja, jeho pôsobenie na okolie za rozličných podmienok, a napokon spôsob a dôvody ukončenia procesu. Výskumník často mnohé čiastkové procesy

a faktory detailne vysvetliť nevie, ale v každom jednotlivom prípade by sa o to mal pokúsiť a prinajmenej navrhnúť možnosti objasnenia detailov, aj ak k jasnému dôkazu chýbajú presvedčivé podklady, napríklad preto, že neexistuje dostatočne citlivá metóda merania.

Úlohu základného a aplikovaného výskumu možno definovať sekvenciou podľa hlavných účastníkov. Prof. Ivan Tomka, dnes už emeritný profesor ETH Zurich, to v jednej zo svojich prednášok vyjadril takto: „Úlohou vedy je preveriť, čo je možné, úlohou priemyslu je vybrať z možného to, čo je vhodné pre výrobu použitím existujúcich technológií a čo je ekonomicky reálne, napokon zákazník má rozhodnúť, čo je potrebné“. Táto postupnosť dost presne vystihuje význam základného a aplikovaného výskumu pri cielenom prenose výsledkov výskumu do praxe.

Rozdiel medzi základným a aplikovaným výskumom spočíva tiež



v nákladoch; aplikovaný výskum je podstatne drahší. Zatiaľ čo v laboratóriu sa robí s množstvami rádo-vo gramov, až stoviek gramov, pri aplikovanom výskume sú množ- stvá a tým aj náklady o niekoľko rádov vyššie. Aplikovaný výskum musí skončiť polo- alebo aspoň štvrtprevádzkovými skúškami na zariadení, na ktorom sa plánuje dlhodobá výroba. Takmer pravidelne sa pri prechode z labora- tória na väčšie zariadenia ukáže potreba úpravy buď postupov, za- riadení, alebo aj zloženia receptúr, preto je potrebné urobiť tieto tes- ty opakovane s potrebnými mo- difikáciami. Keďže ide o testy na prevádzkových výrobných zaria- deniach, množstvá materiálu do- sahujú stovky kilogramov až tony a do nákladov treba započítať aj odstavenie bežnej výroby najme- nej na jeden – dva dni, čo tiež ne- musí byť zanedbateľnou položkou.

Je výhodné, ak počiatočnú časť aplikovaného výskumu možno

urobiť na laboratórnych zariade- niach a prístrojoch ako tzv. cie- lený výskum, kde sa jednak imi- tujú niektoré faktory skutočnej výroby a súčasne sa merajú kon- krétne fyzikálne parametre spô- sobom, ktorý umožní odhadnúť, ako sa bude celý proces odvíjať v podstatne väčších objemoch, napríklad pri výrazne vyššej rých- losti vytlačovania materiálu, po- malšom chladnutí vzhľadom na značne vyšší objem, alebo ove- ľa väčšom teplotnom gradiente pri zvýšení intenzity chladenia.

V každom prípade prenos ve- deckých výsledkov do praxe zďaleka nespočíva len v organi- začnej zložke, je potrebná úzka súčinnosť vedcov, ktorí v detai- loch rozumejú základom nového resp. inovovaného procesu, s technológmi, ktorí sú expertmi čo sa týka možností a záludností samotnej technológie a nezriedka sa vyžaduje aj zapojenie špe- cialistov z iných odvetví techniky.

Spolupráca s priemyslom v rokoch 1980–1989

Niektoré ústavy SAV spolupracovali s priemyslom aj pred spoločenskými zmenami koncom 80-tych a v priebehu 90-tych rokov minulého storočia. Samozrejme, v tom čase úlohou SAV bol takmer výlučne základný výskum, ktorý bol v období plánovaného hospodárstva zakotvený formálne v Štátnom pláne základného výskumu. Úlohy v ňom boli uvedené pomerne široko a prakticky bolo možné v rámci ŠPZV robiť čokoľvek. Na konkrétne aplikácie sa veľmi nemyslelo, ale pomerne veľa sa patentovalo, i keď z podaných patentov sa takmer nič nezavádzalo do praxe. Spolupráca s výrobnou sférou bola založená prevažne na osobných kontaktoch a neformálnych dohodách.

Predsa ale sa vyskytli práce, ktoré smerovali ku konkrétnym aplikáciám. Na Ústave polymérov sme začiatkom 80-tych rokov vyvinuli veľmi účinný systém tzv. sieťovania polypropylénu. Pri sieťovaní dochádza k reakcii, keď pôvodné dlhé reťazce len s krátkymi bočnými vetvami, alebo úplne bez nich sa dodatočne priečne poprepájajú a vytvoria priestorový útvar. Laicky si tento process môžeme predstaviť ako keď z jednotlivých nití (ma-

kromolekuly) vytvoríme tkaninu (zosietený polymér). Takéto štruktúry majú podstatne odlišné vlastnosti oproti pôvodným materiálom, ktoré sa skladajú len z lineárnych uhlíkových reťazcov a spolu držia len slabými van der Waalsovými silami. Reakcia zosietenia sa iniciuje vytvorením voľných radikálov na reťazci polyméru napríklad ožiarovaním elektrónovým lúčom, alebo gama žiarením. Alternatívnym postupom je termický rozklad pridaného peroxidu, ktorým sa vytvoria primárne veľmi reaktívne radikály, ktoré v ďalšom kroku odtrhnú z polymérneho reťazca vodík, čím vznikne polymérny makroradikál. Takto vytvorené makroradikály zanikajú veľmi rýchlou rekombinačnou reakciou navzájom medzi sebou a vytvárajú pevnú priečnu väzbu medzi dvoma makromolekulami polyméru. Problém bol, že zatiaľ čo sieťovanie napr. polyetylénu prebieha prakticky kvantitatívne a počet vytvorených priečných väzieb je úmerný koncentrácii pridaného peroxidu, u polypropylénu pomerne veľká časť makroradikálov, vytvorených v prvom kroku procesu, sa skôr než stihla nájsť partnera pre vytvorenie priečnej

väzby, zanikla iným spôsobom, pri ktorom nielen že sa stratil radikál, ale súčasne sa polymérny reťazec rozpadol na dve menšie časti. Preto vyššie uvedeným postupom nebolo možné polypropylén zosietiť. Bolo potrebné pridávať tzv. koagenty sieťovania, ktorých úlohou bolo stabilizovať makroradikál voči deštrukcii. Aj za týchto podmienok sa však proces deštrukcie znížil len na cca polovicu a proces sa prakticky využíval len ojedinele.

My sme sa zosietením polypropylénu zaoberali podrobnejšie koncom 70-tych rokov a podarilo sa nám nájsť veľmi účinný stabilizátor radikálov, a to hydrochinón. Tento objav bol prekvapujúci, pretože hydrochinón bežne pôsobí ako veľmi účinný deaktivátor radikálov a používa sa bežne (takmer výlučne vo forme derivátov s naviazanými ďalšími funkčnými skupinami) na ochranu proti termickej degradácii a zvýšeniu životnosti výrobkov z plastov. My sme zistili, že takto pôsobí hydrochinón, ak nie je prítomný peroxid vôbec, alebo len v menších množstvách. Ak sme pridali hydrochinón v koncentrácii zodpovedajúcej koncentrácii peroxidu v pomere medzi 1:3 až 1:4, účinnosť zosietenia polypropylénu dosahovala cca 50 až 75 % teoretickej účinnosti, t.j. účinnosti, ktorú bolo možné dosiahnuť pre polyetylén. Tento výsledok sme patentovali a následne publikovali a mal pomerne veľkú odozvu. Dokonca dva z článkov, v ktorých

sme popísali nový systém, sú ešte aj po 40 rokoch takmer každý rok citované inými autormi.

Dôležitejšie ale bolo, že nás oslovila agentúra Kiser Consultants z USA, ktorá mala záujem rokovať o možnosti kúpy licencie. Rozhovory sa začali nádejne a po dodaní prvých laboratórne pripravených vzoriek záujem partnera bol veľký. Napokon celý projekt skončil neúspešne, pretože záujemca chcel podklady pre kontinuálnu výrobu vytlačovaných výrobkov zo zosieteného polypropylénu. V tom čase nám chýbali akékoľvek zariadenia pre miešanie polymérnych zmesí, ktoré by aspoň vzdialene imitovali podmienky pri výrobe, čo by vlastne predstavovalo práve fázu aplikovaného výskumu. Až o cca 10 rokov sme boli schopní zakúpiť potrebné prístroje, ale to záujem už úplne vyprchal.

Na tomto mieste ešte spomeniem jednu úsmevnú situáciu. Do rokovaní v neskoršom štádiu sa zapojila aj pražská Polytechna, čo bolo v tom čase podmienkou pre predaj akejkoľvek licencie. Na jednom stretnutí v Bratislave zastupovali záujemcu dvaja pracovníci z pobočky vo Viedni. Na tomto rokovaní Polytechnu zastupovali pani Königová a pán Müller, z Viedne prišli Rakúšania, páni Prohaska a Jelinek, čo nás pri predstavovaní celkom pobavilo.

Aplikačné projekty, na ktorých participovali československé výrobné podniky, sa v 80-tych rokoch už pomerne výrazne podporovali. V tom čase sme takto spolupra-

covali najmä so ZDA Partizánske a Gumárňami 1. mája (neskôr premenované na Matador Púchov). V rámci takýchto projektov sa riešili niektoré inovačné idey, ale najmä menšie prevádzkové problémy priemyselného partnera a počet skutočných aplikácií bol minimálny, ak vôbec nejaký bol. Na druhej strane bola to vítaná príležitosť jednak k určitému finančnému prilepšeniu pre vedcov, ale najmä k nadviazaniu úzkych kontaktov s výrobnou sférou, čo aspoň v niektorých prípadoch viedlo k reálnejšiemu nasmerovaniu výskumu k výsledkom prospešným aj pre ekonomiku.

Jeden aspekt by som ale v tejto súvislosti chcel zdôrazniť, že okrem projektov priamo zadávaných a financovaných cez Ministerstvo hospodárstva sa každoročne zverejňovali aj námety, ktoré vychá-

dzali priamo z fabrík vo forme tzv. tematických úloh. Tieto idey mohol zvereniť ktorýkoľvek subjekt výrobnnej sféry s uverejnením zadania, presne definovaných očakávaných výsledkov a konečnej odmeny, ktorú riešiteľ mohol získať. Riešenie si každý výskumný subjekt financoval z vlastných prostriedkov a konečnú odmenu získal len jeden riešiteľ, ktorého riešenie bolo možné zaviesť priamo do výroby, a bolo najlepšie, ak bolo ponúknutých riešení viac. Samozrejme táto schéma bola prepracovaná na pomerne nízkej úrovni, ale ak by sa vypracovala v súlade s dnešnými podmienkami financovania výskumu, možno by viedla k zvýšeniu záujmu, ale najmä úspešnosti aplikácií prichádzajúcich z pracovísk, ktoré sa zaoberajú najmä základným výskumom.

Nové možnosti po roku 1989

Po politických zmenách v r. 1989 sa situácia vo výskume pomerne rýchlo, aj keď nie priamočiaro, začala meniť. Prvou pozitívnou zmenou bolo podstatné uvoľnenie a zintenzívnenie medzinárodných stykov. Súčasne vedecké kruhy v rozvinutých krajinách, najmä Západnej Európy prejavovali značný záujem o čo najpočetnejšie kontakty a takmer od

začiatku sa snažili aj pomáhať v oblastiach, kde sme mnohé príležitosti nemohli využiť vzhľadom na finančnú situáciu, najmä čo sa týkalo valút. Koncom 80-tych rokov som mal zhodou okolností pomerne dobré styky s Holandskom, ktoré sa rozvinuli do skvelej dlhotrvajúcej spolupráce. Toto obdobie popíšem podrobnejšie v nasledujúcej časti.

Styky Ústavu polymérov s Holandskom boli pred rokom 1989 takmer nulové, podobne ako s ostatnými krajinami mimo socialistického bloku. Občas sme sa stretávali na konferenciách, takmer

6 – 10 hlavných prednášateľov na naše náklady. Zhodou okolností medzi pozvanými na konferenciu v r. 1989 bol aj profesor z Technickej univerzity Eindhoven Piet Lemstra, ktorý, hoci ma dovtedy

Spolupráca s HOLANDSKOM

vol. 4 | MAY 2020

výlučne v Československu, kde bola v kurze najmä Praha. Ústav polymérov SAV organizoval pravidelne každé dva roky konferenciu Modifikované polyméry. Túto konferenciu sme organizovali aj v roku 1989 a mal som česť zastávať funkciu predsedu organizačného výboru. Vždy sme mali nejakých sponzorov, čo umožnilo pozvať

nepoznal, zrejme považoval za slušnosť recipročne ma pozvať na konferenciu v ďalšom roku do Holandska na Rolduc Polymer Meeting, čo bola už vtedy jedna z významných európskych konferencií.

Na konferencii som mal prednášku, akože ináč, o sieťovaní polypropylénu a tiež vzbudila veľmi uspokojivý záujem. Následne som



sa dosť dlho bavil s Lemstrom na rozličné témy a asi som na neho celkom zapôsobil, lebo ma hneď pozval na ďalšiu konferenciu, ktorá sa konala ešte v ten istý rok a navrhol, aby som po konferencii zostal na univerzite týždeň navyše.

Takže v novembri 1990 som znova sadol do auta a fičal do Eindhovenu. Prof. Lemstra (vtedy už bol pre mňa Piet) mal už všetko pripravené a po konferencii sme spolu navštívili niekoľko firiem, kde v réžii Pieta sme diskutovali o možných kontraktoch, čo by ústav mohol robiť pre holandské firmy. Dost' na tom, v DSM sme dohodli ročný kontrakt týkajúci sa očkovania polypropylénu polárnymi funkčnými skupinami.

Tento kontrakt bol pre mňa úžasnou školou. Keď sme spolupracovali za minulého režimu so slovenskými firmami, cez rok sa nejaká práca urobila, na konci roka sa poslala párstranová správa s niekoľkými tabuľkami a grafmi a podpísalo sa predĺženie zmluvy na ďalší rok. Naproti tomu v zmluve s DSM som mal povinnosť každé tri mesiace prísť na diskusiu o výsledkoch. Keď som po prvých troch mesiacoch prišiel na „report“, predniesol som naše prvé výsledky a na záver som načrtnol štyri body, ako si predstavujem našu ďalšiu výskumnú činnosť. Nasledovala cca dvojhodinová, miestami aj dosť tvrdá diskusia a na záver boli naše výsledky prijaté s jednoznačným súhlasom. A potom nasledovalo prekvapenie. K mojej predstave o pokračovaní prác bol asi takýto záver: „Ten prvý bod sme už pomerne podrobne preskúmali a prišli sme k ná-

zoru, že tadiaľ cesta nevedie. Riešenie navrhnuté v druhom bode by bolo dobré, ale ak by sme to chceli aplikovať, vyžadovalo by to úpravu našej súčasnej technológie. Zo zostávajúcich dvoch bodov uprednostňujeme bod tri a štvrtý zostane zatiaľ v zálohe. K tretiemu bodu tu máš podrobnú literárnu a patentovú rešerž publikovaných prác spolu s našimi utajenými výsledkami experimentov, ktoré sme zatiaľ v DSM urobili“. Samozrejme, pri takomto prístupe možno pochopiť, že v treťom roku riešenia sme už písali patent. Spolupráca s DSM ale týmto nielen že neskončila, ale výrazne sa rozrástla. Popri prácach na dvoch námetoch iniciovaných výsledkami z prvého kontraktu som začal pracovať na mimoriadne vzrušujúcej téme zosietenia ultravysokodĺženého polyetylénu, navyše môj priateľ Piet Lemstra mal o tento výskum mimoriadny záujem.

O čo išlo? V hre bol polyetylén s ultravysokou pevnosťou. Na prvý pohľad sa superpevný polyetylén zdá ako nejaký žart. Ale už predtým sa ukázalo, že ak by sa podarilo pripraviť polyetylén s veľmi vysokou mólovou hmotnosťou, tento by sa dal vydlžiť na šesťdesiat až stonásobok svojej pôvodnej dĺžky. A toto sa uskutočnilo tiež v Holandsku na univerzite v Groningene. A tu prichádza na scénu Piet Lemstra.

V Groningene pripravené polyetylénové vlákna dosahovali modul pružnosti okolo 150 GPa, pričom pre porovnanie táto hodnota pre oceľ je okolo 200 a pre hliník alebo sklo cca 70 GPa. Po prepočte na jednotku objemu sú vysokodĺžené

polyetylénové vlákna materiálom s najvyšším modulom vzhľadom na jednotku hmotnosti. Pevnosť týchto vlákien dosahuje hodnoty okolo 4 GPa. Avšak problémom pre praktické využitie bolo, že v laboratóriu bolo možné tento material zvlákňovať z roztoku rýchlosťou niekoľko metrov za minútu, čo pre komerčnú výrobu vlákien, ktorých produktivita výroby bežne dosahuje desiatky kilometrov za smenu, bolo neakceptovateľné. Viaceré výskumné tímy sa snažili nájsť spôsob ako technológiu zvlákňovania a dĺženia podstatne zrýchliť. Na tomto probléme pracoval v Eindhovene aj Lemstra a spolu so svojím priateľom, ďalším významným polymérom vedcom Paulom Smithom prišli na spôsob výroby vlákien rýchlosťou niekoľko kilometrov za hodinu.

Pomohla tomu, ako pri mnohých iných významných objavoch, náhoda. V jeden piatok pracovali dlho do noci, až nad ráno už nevládali a odišli domov. V pondelok ráno zistili, že v jednej nádobke ponechali roztok polyméru neuzavretý a behom dvoch dní sa rozpúšťadlo úplne odparilo. Ale namiesto polymérneho prášku našli poréznu fóliu, ktorú bolo možné pri vyššej teplote dĺžiť 30 – 40 krát. Od tohto poznatku bolo už len otázkou času po vyvinutie ekonomicky akceptovateľnej technológie pre výrobu komerčných vlákien s pevnosťou 4 GPa a modulom pružnosti nad 150 GPa, ktoré našli rýchlo aplikácie pre výrobu nepriestrelných viest (výhodných pre ich podstatne nižšiu hmotnosť a možnosť ohýbania pri pohybe), rybárskych sietí

veľkých rozmerov (bežné oceľové siete vážili vyše tony, siete z polyetylénu s rovnakou nosnosťou len cca 150 kg) a ďalších produktov. Samozrejme, nízka hmotnosť a enormná pevnosť lákala pre využitie aj v stavebníctve a prvým cieľom bolo využitie na závesné laná na mosty. Lenže tu sa ukázal problém. Zatiaľ čo vysokodĺžený polyetylén bez ťažkostí odolal aj opakovanému pôsobeniu enormnej sily, pri dlhodobom zaťažení hoci dvadsaťnásobne nižšou silou dochádzalo k pomalej deformácii v smere zaťaženia. Toto je u plastov známy jav, ktorý sa nazýva studený tok, alebo kríp. Pri použití takýchto lán sa vypočítalo, že po pár týždňoch by sa neudiali pozorovateľné zmeny, ale po roku by most mohol poklesnúť až o 30 centimetrov. Riešenie tohto problému sa zdalo byť jednoduché, treba materiál zosieťovať, čo pri polyetyléne by nemal byť problém. Lenže pre iniciáciu zosietenia nebolo možné použiť peroxidy, lebo pri zahriatí na teploty rozkladu sa vysokodĺžené vlákna okamžite zmršťovali. Výskumníci použili žiarenie vysokou energiou, ale zistilo sa, že pri tomto postupe dochádza k trhaniu polymérnych reťazcov, takže výsledkom bolo, že síce kríp sa takmer úplne potlačil, ale hodnoty pevnosti a modulu poklesli 10-násobne, čím materiál stratil na výnimočnosti. Lemstra po mojej prednáške v Rolducu sa ma pýtal, či by som vedel zosieťovať takéto vlákno. Moja odpoveď bola veľmi sebavedomá, povedal som, že zosieťovať by som to určite vedel, ale neviem zaručiť, že vlast-

nosti budú také, ako sa očakáva. Nato ma Piet podpíchal, vraj: „Vieš, koľko špičkových tímov na tomto probléme pracuje a nedosiahli zatiaľ nič?“ Moja odpoveď ho ale trochu zaskočila: „Oveľa viac tímov pracovalo na zosietení polypropylénu a ja jediný som to dokázal.“

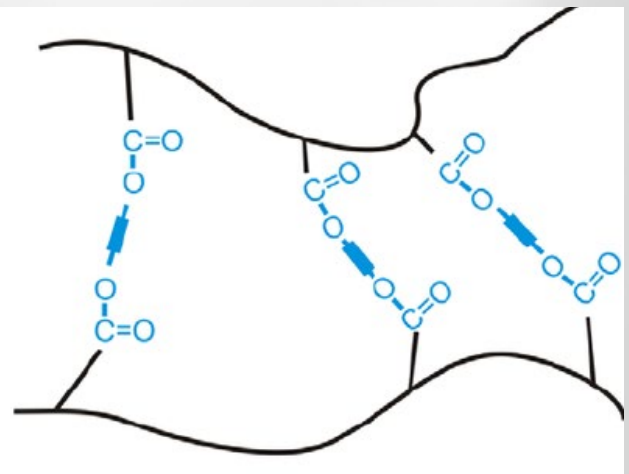
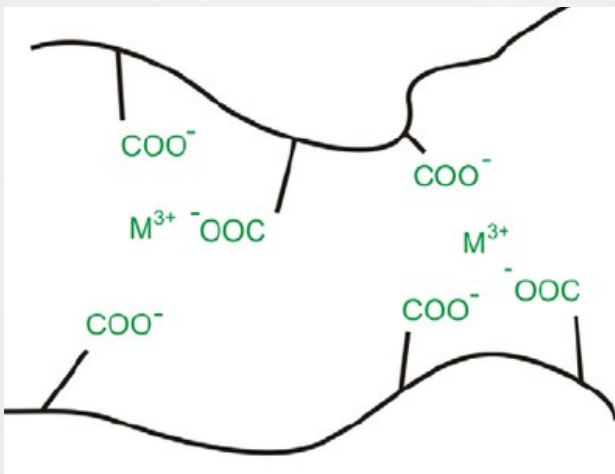
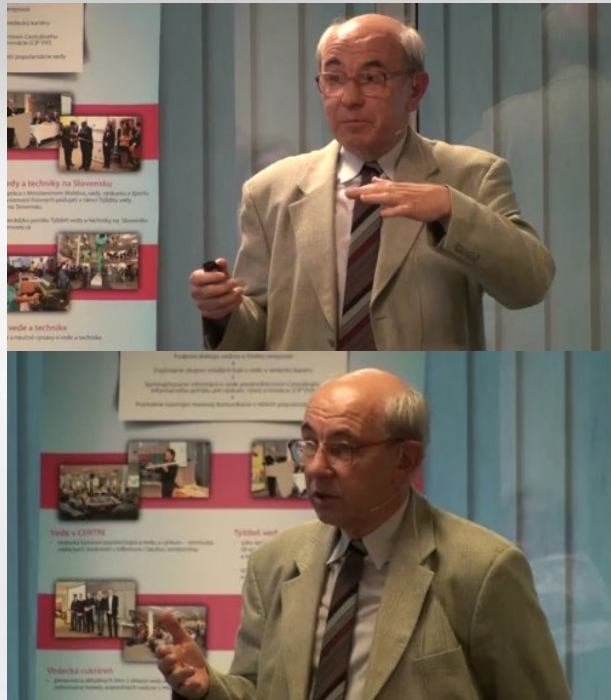
Skrátka dostal som kontrakt a musel som intenzívne začať pracovať. Prvým krokom bola dôkladná analýza súčasného stavu. Bolo jasné, že peroxid použiť nemôžeme, tiež ožiarenie vysokou energiou, t.j. elektrónovým, alebo gama lúčom bolo málo perspektívne. Najnádejnejším postupom sa javilo použitie ultrafialového svetla, ktoré je menej agresívne, ale na druhej strane vyžaduje prídavok senzibilizátora. S takýmto systémom robil experimenty prof. Ranby vo Švédsku (inak veľmi významný vedec-chemik, dokonca bol dlhý čas v komisii pre výber laureátov Nobelovej ceny), použil kryštalickú látku benzofenón, ktorý do polyetylénových vlákien dostával z pár pri 100 °C po dobu 24 hodín a viac. Ranbyho výsledky boli nádejné, ale nie dostatočné.

K spolupráci som pribral Pavla Zamotajeva z Kyjeva, ktorý sa už dlhodobo zaoberal sieťovaním polyolefínov, najmä polyetylénu iniciáciou UV svetlom. Zamotajev navrhol, aby sme ako senzibilizátory použili niektorý nízkomolekulový chlórovaný derivát, ktorý je pri izbovej teplote v plynnom stave. Otestovali sme viaceré senzibilizátory, ktoré bolo možné dostať difúziou aj do vlákien s veľmi vysokým stupňom dĺženia, viac než 60-násobok, v priebehu menej ako troch

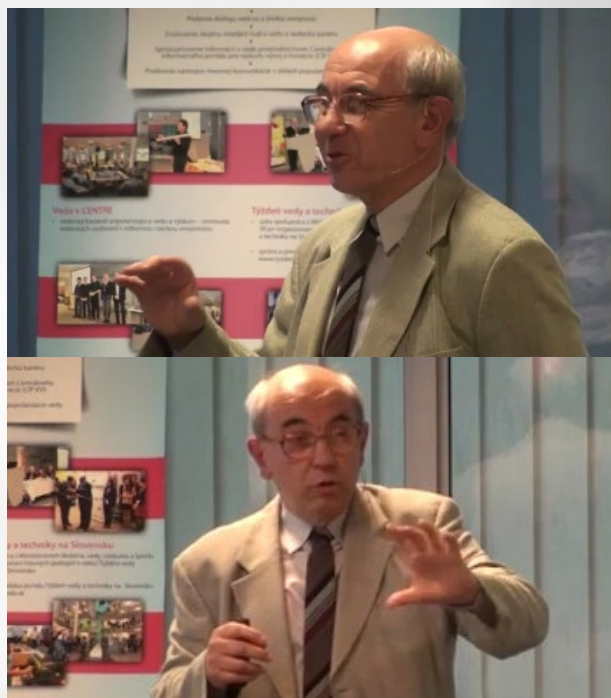
minút bez zvýšenia tlaku. Následné ožiarenie UV svetlom viedlo k vysokým podielom tvorby priečnych väzieb a vysokému stupňu zosietenia. Súčasne sme premerali priebeh deformácie v dôsledku studeného toku a zistili sme, že rýchlosť deformácie sa znížila takmer 20-násobne v porovnaní s nemodifikovateľnými vláknami, pričom pevnostné parametre (pevnosť v ťahu a modul pružnosti) sa nezmenili. Toto bol absolútne unikátny výsledok, ktorý ďaleko prekonal všetky dovtedy publikované, alebo patentované postupy. Napriek tomu k praktickej aplikácii v stavebníctve nedošlo, lebo ani take výrazné zníženie studeného toku nepostačovalo na garanciu dlhodobého používania. Chápal som, že nie je veľký rozdiel, či most klesne za rok o 30 cm alebo o dva, v každom prípade náklady na opakované opravy by boli vyššie, než výhody, ktoré by nový materiál priniesol. Na druhej strane, získali sme nové skúsenosti, mali sme možnosť pracovať s unikátnym materiálom, ku ktorému by sme sa inak nedostali a ústav sa ďalej zviditeľnil na európskom vedeckom fóre.

V Holandsku sme mali takmer 10-ročnú spoluprácu, celkove 8 kontraktov s DSM a neskôr sa pridali aj GE Plastics s návrhom na spoluprácu v oblasti termickej stabilizácie polyfenylénoxidu. Tu bol mojím kontaktom prof. Ian Busink, skvelý organický chemik a napriek tomu, že bol odo mňa takmer o 20 rokov starší, veľmi sme sa spriatelili. Dokonca som mu zorganizoval a aj ho (spolu s riaditeľom výskumu GE Plastics Willom Se-

derelom) sprevádzal na návšteve niekoľkých firiem v Československu, o ktoré mal GE Plastics záujem a neskôr som pre Bussinka pripravil súkromný pobyt na Slovensku v rámci dovolenky. Bussink mi raz v priateľskom rozhovore pri pive prezradil zaujímavý fakt ohľadom našej spolupráce. „Vieš,“ povedal, „vaša práca pre nás je 10-krát lacnejšia než keby sme to robili s holandskými univerzitami. Vám dávame výskum, kde šancu na úspech odhadujeme na veľmi nízku. Za tie peniaze, čo vám dávame, to ale stojí riskovať, lebo keby to vyšlo, mohlo



by to znamenať prelomovú inováciu s obrovským ziskom.“ Samozrejme, to už nepovedal, že pri nádejných výsledkoch by práce prebrali sami a dokončovali by to v prísnom utajení. Ale aj pri takejto perspektíve spolupráca s holandskými firmami bola mimoriadne prospešná. Podstatnú časť získaných finančných prostriedkov sme investovali do prístrojového vybavenia, čím sa naše výskumné možnosti znásobili a zostalo aj na slušné prilepšenie pre všetkých, ktorí sa na týchto prácach podieľali.



MATADOR PÚCHOV

a ďalšie slovenské podniky

Postupne sa začali ozývať aj slovenské firmy. Keďže spočiatku väčšina z nich zápasila s problémami prežitia, následne s možnosťami ale i nástrahami privatizácie, nemali veľmi priestor myslieť na nejaký rozvoj. Neskôr už začali myslieť aj perspektívnejšie a začali sa zaujímať o príležitosti, ktoré by mohol poskytnúť akademický výskum. Tu bol ale dosť výrazný problém s komunikáciou. V podstate sme sa stretli s dvoma prístupmi. Na jednej strane nedôvera týkajúca sa výskumníkov, ktorí sedia vo svojich laboratóriách a nemajú potuchy o problémoch fabrík. Druhá skupina mala pocit, že sme skvelí a vieme vyriešiť čokoľvek, na čo si vo fabrike pomyslia. V ojedinelých prípadoch to aj tak bolo a občas sa mi podarilo problémik, načrtnutý pri náhodnom rozhovore vyriešiť priamo od stola, len podrobnejším štúdiom literatúry (treba si uvedomiť, že to neznamenal hodiť pár hesiel do Googlu, žiadny Google vtedy ešte neexistoval, mojím (ako aj všetkých mojich kolegov) údelom bolo denne alebo aspoň 3-krát do týždňa hodinu i viac listovať v časopisoch v knižnici a robiť si

poznámky o čomkoľvek, čo sa mi zdalo zaujímavé pre moju prácu.)

Ale späť k spolupráci s firmami. V tom čase najväčším problémom u prvej skupiny bolo, že ľudia, s ktorými sme rokovali, nevedeli postaviť otázku. Aj niektoré veľké firmy napríklad prišli s požiadavkou „tak nám dajte tip, čo by ste pre nás mohli urobiť, aby sme boli s Európe viac konkurencieschopní“. Druhá skupina prišla s presne popísaným problémom, ale takého charakteru, že prakticky nebolo možné určiť primárnu príčinu. Typickým príkladom bola požiadavka na zníženie náhodných chýb pri výrobe. Zmetkovitosť bola napríklad 7 % a požiadavka bola znížiť ju pod 5 %. Bol by to, samozrejme, celkom slušný ekonomický zisk, ale ako som mohol odhaliť príčinu, keď uvedená chyba nastávala v klasickej opakovanej výrobe pri jednom kuse z viac ako 10 výrobkov, pritom na prvý pohľad všetky úkony sa opakovali na nerozoznanie. Párkrát som sa aj pokúsil úlohu vyriešiť, ale to by som sa musel zavrieť v prevádzke na mesiac a presne zaznamenávať a vyhodnocovať všetky zmeny v prostredí, činnostiach pracov-

níkov, kvalite surovín a polotovarov, aby som mal šancu vyriešiť aspoň niektorú z požiadaviek.

Ale aby som nebol jednostranný, ani vedci často neboli bez viny. Spomínam si na jednu požiadavku riešenia prevádzkového problému, keď vedec navrhol jednoduché riešenie, zvýšenie teploty o cca 10°C a bol takmer urazený, keď zadávateľ prehlásil „to sa nedá“. „Také jednoduché, lacné a prakticky okamžité riešenie?“, bola reakcia autora návrhu. Nuž neuvedomil si, že celá prevádzka bola vyhrievaná tlakovou parou a zvýšenie teploty by znamenalo prerobiť systém kúrenia v celej fabrike na vyšší tlak.

Neskôr ale bolo viacero spoluprác s domácim priemyslom veľmi úspešných. Najradšej spomínam na skvelú spoluprácu s Matadorom Púchov v polovici 90-tych rokov. Iniciátorom spolupráce bol Ing. Anton Kučma, vedúci jedného z oddelení vo výskumnej jednotke Matadora. V tom čase boli hitom tzv. „zelené“ pneumatiky, čo sa nevzťahovalo na ich farbu, tá bola klasická čierna, ale na zníženie spotreby paliva počas jazdy aspoň o 5 %. Súvislosť kvality pneumatík so spotrebou paliva si ľahko uvedomíme, ak po krátkej jazde siahneme na gumu holou rukou, povrch je teplý. Teplo sa vyvíja opakovaným stláčaním pneumatiky pri každom dotyku časti povrchu pneumatiky s vozovkou, guma sa stlačí a opäť vyrovná. Pri každej mechanickej deformácii sa ale spotrebuje energia a v prípade

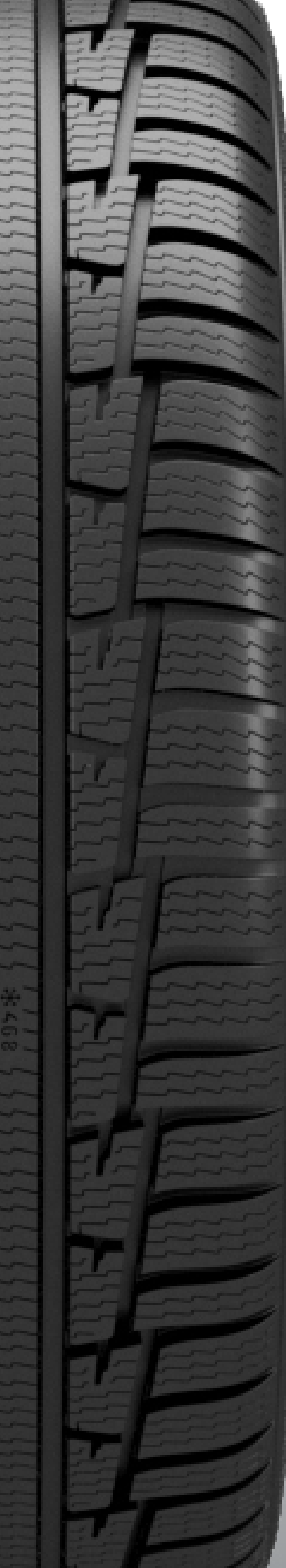
jazdy autom sa časť paliva transformuje na teplo, a to je to, čo by sme radi eliminovali. Nie je to nič komplikované, pomerne jednoduchým spôsobom by sme vedeli upraviť receptúru tak, aby spotreba klesla aj o 20 %, keby... Keby sa súčasne neznížila príľnavosť k vozovke, čo by znamenalo vážne problémy pri jazde v zákrute a najmä v situácii, ak sa vám zrazu na „zebre“ objaví chodec, s ktorým ste nepočítali a musíte prudko brzdiť. Čiže môžeme si vybrať – bezpečnú jazdu za veľké peniaze, alebo lacnú jazdu pri skôr alebo neskôr takmer istej havárii. Samozrejme, východisko existuje, dajú sa vytvoriť receptúry, kde guma na behúni zabezpečuje bezpečnú jazdu i pri zníženej spotrebe paliva, lenže dosiahnutie kompromisu nie je jednoduché a priamočiare. V tom čase na Slovensku neexistovala metodika pre laboratórne exaktné stanovenie energetických strát pri deformácii gumy. V Matadore Púchov sa posudzovanie robilo čisto empiricky tak, že na základe obsiahlych skúseností sa navrhlo zopár receptúr, ktoré by mohli spĺňať požiadavky dobrých jazdných vlastností a súčasne zníženej spotreby paliva, otestovali sa parametre, na ktoré boli prístroje, zo štyroch receptúr, ktoré sa zdali najlepšie, sa urobilo zopár pneumatík, ktoré sa namontovali na dve-tri skúšobné autá a zopár týždňov sa na autách jazdilo. Sledovala sa spotreba a pridalo sa individuálne hodnotenie od všet-

kých skúšobných šoférov, ktorí na autách jazdili. Z týchto testov sa vybrala najlepšia varianta, a to išlo do výroby.

V tom čase ale špičkoví výrobcovia pneumatík už používali pomerne novú metódu stanovenia tzv. hysteréznych strát pri mechanickej deformácii gumených súčiastok, a to dynamicko-mechanickú analýzu, ktorá merala moduly pružnosti počas cyklickej deformácie s malou amplitúdou. Teória je pomerne komplikovaná a pre naše pochopenie snád' postačí, že sa merajú dva moduly, jeden, označovaný ako G' zhruba zodpovedá Youngovmu modulu pružnosti a druhý, tzv. stratový modul G'' , ktorý je úmerný tepelným stratám pri cyklickej deformácii. Ich pomer G''/G' predstavuje tzv. stratový uhol $\tan \delta$ a čím je jeho hodnota pre behúňovú gumu vyššia, tým vyššie energetické straty možno očakávať, ak sa behúň vyrobí z tohto materiálu. Keďže možno merať pri rozličnej frekvencii v širokom rozmedzí teplôt, vo väčšine prípadov sa vyberie frekvencia a zmeria sa závislosť $\tan \delta$ od teploty. Meria sa pri frekvencii 10 Hz, čo zodpovedá približne počtu dotykov každého miesta behúňa pneumatiky pri jazde rýchlosťou 100 km/hod. V takom prípade sa vyhodnotia hodnoty $\tan \delta$ pri teplote 60 – 80 °C, čo zodpovedá tepelným stratám pri plynulej jazde a sú úmerné spotrebe paliva, súčasne $\tan \delta$ v oblasti 0 – 20 °C zodpovedá energetickým stratám pri brzdení. Z uvedeného vyplýva, že jedno meranie v teplotnom rozsahu medzi -10 až 100 °C, ktoré trvá približne hodinu, poskytne pomerne presnú informáciu, ktorá umožní porovnať kvalitu behúňovej gumeniny z rozličných receptúr vzhľadom na oba kľúčové parametre, t.j. bezpečnosť jazdy na mokrej vozovke a spotrebu paliva počas plynulej jazdy.

Problémom ale bolo, že nebol k dispozícii potrebný prístroj. V prvej fáze sme preto použili starý, v podstate odpísaný prístroj Rheovibron japonskej výroby veľmi primitívnej konštrukcie, bol to jeden z prvých prístrojov pre meranie parametrov cyklickej deformácie. Presvedčil som dve kolegyne o dôležitosti tohto výskumu a podujali sa na skutočne náročné merania. Prístroj totiž nemal naprosto žiadny výstup hodnôt, všetko bolo treba zapisovať ručne priamo z displeja a popri tom, krok sa krokom, zvyšovať teplotu vo zvolených intervaloch. Celé meranie trvalo cca 4 hodiny, pričom jedna kolegyňa sa starala o priebeh teploty a druhá v dvojminútových intervaloch zapisovala úda-





je z displeja. Keď sme sa presvedčili, že takto sme schopní získať potrebné údaje, prediskutovali sme návrh ďalšieho postupu s Matadorom Púchov a podpísala sa zmluva na dvojročné meranie. Následne sme sa zahrli na podnikateľov, podarilo sa nám vybaviť pôžičku na kúpu nového prístroja, ktorý ako výbehový typ sme dostali za prijateľnú, t.j. pre nás zaplatiteľnú cenu. V rámci zmluvy s Matadorom sme zmerali vyše 300 rozličných gúm, čo nám behom dvoch rokov umožnilo splatiť takmer celú pôžičku a zostal nám nový kvalitný prístroj, v tom čase prvý na Slovensku, na ktorom sme mohli rozbehnúť aj ďalšie výskumné práce. Tento prístroj po cca 10 rokoch doslúžil, ale to už sme mohli zakúpiť postupne dva modernejšie prístroje, ktoré stále používame. Z tohto vývoja profitujeme dodnes, lebo hoci v súčasnosti majú viaceré slovenské inštitúcie a podniky tento prístroj, dokonca v oveľa náročnejšom prevedení, stále sa z času na čas obracajú na nás, pretože máme najviac skúseností s touto metódou pri charakterizácii celého radu značne rozdielnych materiálov na báze plastov.

Šírku záberu výskumu smerujúceho k aplikácii dokumentuje aj jeden pomerne krátky výskum. Ešte v 80-tych rokoch bol určitý ekologický odpor voči nábytku, ale aj iných výrobkom, v ktorých sa používala živica s obsahom formaldehydu, kde druhá zložka bola väčšinou fenol, ale aj melamín alebo močovina. Tieto materiály sa pomaly rozkladali a uvoľňoval sa postupne práve zdraviuškodlivý formaldehyd s nepríjemným zápachom. Len pre zaujímavosť som sa s týmto problémikom trocha pohral a vyvinul som náter, ktorý absorboval formaldehyd chemickou reakciou a takto ho nevratne eliminoval z prostredia. Náter som len veľmi zbežne otestoval a tento „výskum“ som nikdy nepublikoval ani nepatentoval.

Okolo roku 2010 sa na Slovensku prevalila síce rozsahom malá, ale dosť neprijemná aférka v stavebníctve. Aby stavbári mohli betónovať aj v zime, pridávali najmä pri stavbe diaľnic do vody močovinu, aby voda nezamrzala a betón mohol tuhnúť. Toto si všimli aj pracovníci firmami, ktoré stavali obytné domy a povedali si, výborne, ak to funguje pri diaľniciach, bude to fungovať aj pri budovách. Viacero budov sa stavalo pri začínajúcich mrazoch a použil sa prípravok Frostex, priamo odporúčaný pri betónovaní v exteriéroch. Domy sa dokončili skolaudova-

li a zdalo sa, že je všetko v poriadku. Aj bolo až do leta, keď stúpila teplota. Vtedy sa totiž močovina, hoci prítomná len v malom množstve, začala rozkladať, pričom sa uvoľňoval čpavok. Tento difundoval cez betón i cez omietku a spôsoboval nielen nepríjemný zápach, ale aj slzenie očí a mal i ďalšie fyziologické účinky. Zatiaľ čo pri diaľniciach toto nevadilo, to malé množstvo čpavku sa rýchlo rozptýlilo v priestore a následne zreagovalo s inými sploďinami z prostredia, ktoré sú vždy prítomné v stopových množstvách. V budovách však čpavok nemal veľmi kam unikať, nepomáhalo ani intenzívne vetranie, už malá koncentrácia čpavku znamenala nielen neprijemnosti pre obyvateľov, ale mohla viesť aj k ich priamemu ohrozeniu.

Zhodou okolností stavbári niekde na Orave postavili školu, kde v betóne bola prímes Frostexu. Po otvorení školy opäť bolo pár mesiacov všetko v poriadku, avšak v ďalšom roku v máji začali vážne problémy, až také, že škola sa prestala používať. Zatiaľ čo majitelia nových rodinných domov, ktorí sa dostali do podobnej situácie, boli dosť bezradní, riaditeľ školy sa obrátil najprv na tlač a čoskoro aj na Ministerstvo školstva so žiadosťou o pomoc.

Ja som si o tomto prvýkrát prečítal v Hospodárskych novinách, kde bola situácia popísaná veľmi jasne a dôkladne. Hneď mi zišlo na um, že riešenie je to isté, ako moja zábava pred mnohými rokmi s formaldehydom, len chémia musí byť iná, zameraná namiesto formaldehydu na čpavok. O pár dní sme pripravili prvé, tentokrát už dôkladné experimenty a začali sme testovať. Medzitým vtedajší minister školstva Milan Ftáčnik dostal list z Oravy a riešil to prosbou na predsedu SAV, či by SAV vedela nájsť riešenie. Keď sme o niekoľko dní dostali od predsedu SAV žiadosť o vyjadrenie, boli sme už v záverečnej fáze testov a tak o cca dva týždne dostal minister školstva od predsedu SAV informáciu, že riešenie je známe, bola podaná patentová prihláška a škola sa zachráni. Medzitým sme našli v Poprade firmu Novastav, s ktorou sme urobili zmluvu o prebratí našej technológie a zabezpečení ošetrovania postihnutých stavieb. Celkove Novastav ošetril v priebehu asi troch rokov okrem školy na Orave ďalších okolo 30 stavieb a pokiaľ viem, okrem jedného prípadu, keď sa zabudlo jednu stenu v rodinnom dome ošetriť, nebola ani jedna reklamácia a všetky budovy sú funkčné. Po pomerne širokej me-

dializácii používania Frostexu pri stavbe najmä rodinných domov stavbári Frostex prestali do interiérových segmentov pridávať a naša spolupráca s firmou Novastav sa skončila. Predsa ale sme mali jednu požiadavku v r. 2018 na taký istý stav, tú sme ale vyriešili poskytnutím údajov priamo stavebnej firme, ktorá tento problém spôsobila.

Spolupráca s menšími firmami sa oproti stavu koncom 20. storočia podstatne rozrástla, na rozdiel od nie zanedbateľnej spolupráce s väčšími firmami, kde nastal výrazný útlm. Dôvodom je takmer vo všetkých prípadoch prebratie slovenskej firmy zahraničným subjektom. Najmä nemecké firmy si robia výskum takmer výlučne doma aj keď priemyselná produkcia na Slovensku je niekedy vyššia ako v Nemecku. Najvýraznejší príklad je Matador Púchov. Kým ho vlastnili Rosinovci, mali sme s Matadorom rozsiahlu spoluprácu a aj niekoľko spoločných projektov. Keď fabriku prebral Continental, spolupráca klesla na nulu. Vo výskume boli tí istí ľudia ako predtým, len vedúci bol Nemeč, akékoľvek kontrakty – nula. Aj pracovníci na strednom stupni riadenia hovorili vedúcemu, že tu sú schopní výskumníci a so SAV boli v minulosti početné úspešné spolupráce, odpoveď – nula. V poslednom čase sa situácia troška otočila, mali sme jeden ročný kontrakt s Continentalom, aj sme im dali dobré výsledky, ale znova sa úplne odmlčali, i keď deklarovali záujem pokračovať v spolupráci. K príčine stavu, že bývalé slovenské firmy po prevzatí zahraničným majiteľom len veľmi zriedka spolupracujú so slovenským výskumom, sa mi nepodarilo dopátrať.



Spolupráca s ďalšími krajinami

Čo sa týka zahraničnej spolupráce pri aplikovanom, alebo lepšie povedané kontraktovom výskume, nezostalo len pri Holandsku, hoci tieto kontakty boli najdlhšie a aj finančný objem pre ústav bol najvyšší.

Zaujímavá spolupráca vznikla najmä s viacerými firmami v Nemecku. Ešte v r. 1991 ma oslovil Dr. Urs Hänggi, majiteľ firmy Biomer (Mníchov), ktorá je dodnes významným distribútorom biodegradovateľných plastov, najmä polyhydroxyalkanoátov. V tom čase tieto plasty boli v počiatku aplikácií a do istej miery sa považovali za strategické materiály, takže hoci existovala komerčná ponuka, nebolo jednoduché ich pre slovenskú inštitúciu kúpiť ani v malých množstvách, prinajmenej nie v celom ponúkanom sortimente. Biomer nás žiadal, aby sme pre nich robili rutinné materiálové charakterizácie, t.j. predovšetkým stanovenie mechanických vlastností. Finančný prínos bol pomerne malý, i keď nie zanedbateľný, ale lákala ma najmä možnosť získať z hľadiska laboratórnych experimentov prakticky neobmedzené množstvo biodegradovateľného veľmi kvalitného plastu polyhydroxybutyrátu (PHB). Po prvom oboznámení sa so základnými vlastnosťami sme začali experimentovať najmä s cieľom zvýšiť húževnatosť a termickú stabilitu, lebo PHB bol veľmi krehký materiál.

V r. 1998 ma kontaktoval môj dobrý priateľ prof. Stanislav Miertuš, s ktorým sme v polovici 70-tych rokov v rovnakom čase robili na Ústave polymérov SAV vedeckú ašpirantúru a medzitým urobil skvelú kariéru v Taliansku, kde sa stal uznávaným vedcom a jedným z pilierov ústavu ICS Unido v Terste. Pozval ma do Terstu na tzv. Expert Group meeting, ktorý sa týkal práve biodegradovateľných plastov (BDP) a chcel odo mňa krátku prednášku o situácii vo výskume BDP na Slovensku. Bol prekvapený, keď som mu ponúkol aj prednášku o našom výskume na modifikáciách PHB. Po workshope ma následne prizval k účasti v skupine expertov v rámci projektu UNIDO, ktorí pod vedením prof. Miertuša a finančnou podporou UNIDO organizovali konferencie po celom svete. Toto bol zlomový bod v mojej vedeckej





kariére, lebo som sa dostal do skupiny cca 30 vedcov, ktorí patrili v tom čase k absolútnej svetovej špičke v oblasti výskumu BDP a nielenže som mal možnosť počúvať ich prednášky, ale najmä neformálne diskutovať prakticky neobmedzený čas o akýchkoľvek otázkach. Samozrejme, moja kvalifikácia ako experta pre BDP rýchlo rástla a na ústave sa rozbehol tento výskum veľmi dobrým tempom. K reputácii UPo SAV výrazne prispela účasť v 4. Rámcovom programe EU s projektom Wheypol (v rokoch 2001 – 2004), ktorý mal za cieľ prípravu PHB z odpadu mliekárenského priemyslu, srvátky, a koordinoval ho prof. Gerhard Braunneg z Univerzity Graz, jeden z najvýznamnejších priekopníkov biosyntézy PHB fermentáciou baktérií. Úloha UPo SAV spočívala vo výskume možnosti aplikácií BDP a najmä PHB, predovšetkým pre jednorázové obaly. Projekt skončil úspešne, získali sme veľmi zaujímavé výsledky a v rámci projektu sa dokonca navrhla kompletná technologická jednotka pre výrobu PHB s kapacitou 20 000 ton ročne. O využitie výsledkov mala záujem firma BASF, ale mali podmienku, aby sme ukázali schodnosť výroby na pilotnej linke s kapacitou cca 800 ton za rok. Keď sme ale preverovali možnosť získania demonštračného projektu EU v objeme cca 2 milióny Eur, boli sme sklamaní odpoveďou, že na projekty z našej výzvy sa s demonštračnými projektami nepočíta. Pritom výstavba demonštračnej technologickej linky by bola už krokom k výrobnnej linke, lebo technológia bola, navrhnutá tak, že prvý stupeň bol fermentor s objemom cca 2,5 m³ s dennou výrobnou kapacitou cca 2 – 3 kg, z neho by sa zmes prečerpala do väčšieho fermentora, ktorý bol dimenzovaný na ročnú kapacitu 800 ton a konečná kapacita by sa dosiahla výstavbou tretieho, najväčšieho fermentora. Vzbuđený záujem BASF sa ale prejavil pozitívne z hľadiska UPo SAV, pretože o niekoľko rokov sme boli oslovení s návrhom na spoluprácu formou kontraktového výskumu v oblasti BDP. BASF totiž v tom čase už komerčne vyrábala a ponúkala synteticky vyrábaný veľmi kvalitný biodegradovateľný polymer polybutylén-adipát-ko-tereftalát (PBAT), ktorý bol síce drahší, ale nebol krehký. BASF mala záujem robiť výskum na zmesiach biopolymérov, kde jednou zložkou by bol práve PBAT a pritom by sa mohli využívať aj ďalšie výrobky BASF ako kom-

patibilizátory a plastifikátory. Keďže išlo o pomerne slušný finančný objem, ale samozrejme aj zodpovedajúci očakávaný objem výsledkov, do tohto projektu sme prizvali aj prof. Pavla Alexyho z FChPT STU, ktorý mal už pomerne značné skúsenosti jednak v detailoch rôznych technológií a jednak aj v problematike biodegradovateľných plastov, pretože robil výskum aj na vodorozpustnom polyméri polyvinylalkohole, kde mal aj aplikácie v poľnohospodárstve. Táto spolupráca sa rozvinula do intenzívnych kontaktov a spoločného výskumu. Ústav polymérov SAV a Ústav prírodných a syntetických polymérov STU dokonca založili spoločné pracovisko, ktoré funguje dodnes. Kontrakt s BASF trval tri roky a za tú dobu obe pracoviská urobili výrazný pokrok, čo sa týka výskumu biodegradovateľných plastov na báze jednak polyhydroxyalkanoátov (najmä PHB) a kyseliny polymliečnej (PLA). Výsledkom tohto snaženia bol najmä spoločný patent, podaný v roku 2011, ktorý chránil zmes PHB a PLA s vysokou húževnatosťou a ktorý následne prešiel úspešne fázou PCT a boli udelené patenty v EU a niekoľkých ďalších krajinách (Japonsko, Čína, Korea, Singapur a ďalšie). Patent sa v súčasnosti pripravuje do výroby na Slovensku.

Čo sa týka spolupráce so zahraničím, musím ešte spomenúť unikátnu aktivitu, ktoré inicioval prof. Lemstra. V roku 1991 sme na jeho popud a s veľkou finančnou injekciou zorganizovali v Smoleniciach konferenciu East Meets West. Myšlienka spočívala v tom, že na pár dní sa stretli význační vedci z krajín RVHP s účastníkmi z veľkých firiem zo Západnej Európy, odkiaľ prišli v prevažnej väčšine vedci s funkciou riaditeľov výskumu, čiže ľudia z vrcholového vedenia firiem. Počas konferencie všetci pozvaní výskumníci z východnej Európy mali možnosť spropagovať svoj výskum s cieľom nadviazať konkrétne spolupráce. Výsledok bol veľmi úspešný, priamo na mieste počas konferencie sa podpísalo zopár zmlúv a väčšina účastníkov následne získala viaceré kontrakty aj dlhodobejšieho trvania.



Európske projekty

Ešte pred vstupom do Európskej únie dostalo Slovensko možnosť financovať aj vedecký výskum z rôznych zdrojov EU. Koncom minulého storočia začali tzv. rámcové programy EU, o ktoré sa mohli uchádzať konzorciá výskumných tímov z rôznych krajín. Tieto projekty boli pre nás veľmi zaujímavé najmä z dvoch príčin. Jednou bola skutočnosť, že v projektoch bolo možné plánovať aj kapitálové prostriedky na nákup prístrojov, kde sme stále mali veľký deficit. Druhým, nemenej dôležitým motívom, bola úzka spolupráca s významnými, v mnohých prípadoch špičkovými pracovníkmi z celej Európy, pri ktorých sme sa rýchlo doučovali princípy výskumu najvyššej kvality, kde sme zaostávali, do značnej miery z objektívnych dôvodov. Na druhej strane, aj spolupracujúci partneri získavali tým, že náš pohľad na riešenú problematiku bol často odlišný a posudzovali sa tak viaceré alternatívy z odlišných uhlov pohľadu.

Samozrejme, po prvotnom nadšení sme postupne prichádzali aj na určité nevýhody týchto projektov. Prvým bola pomerne nízka konverzia úspešnosti pri podaní projektu, v počiatku, keď sme sa k písaniu projektov dostali (okolo roku 1997) bola do 20 %, neskôr sa toto číslo ešte znížilo. Znamenalo to, že značná časť kapacít sa venovala na prípravu projektov a tento čas bol stratený s minimálnym prínosom

(naučili sme sa písať projekty a pri príprave každého projektu sme získali nové kontakty, ktoré sa v mnohých prípadoch ďalej neformálne rozvíjali, ale to bolo všetko, ak projekt nebol schválený). Na druhej strane, kolovali fámy o protekcionizme, keď sa tradovalo napríklad, že aby bol projekt úspešný, mal by mať v konzorciu inštitúciu z Portugalska, inokedy z Grécka. Tiež sa hovorilo o vplyve Talianska prostredníctvom silného obsadenia postov v príslušnej inštitúcii Bruseli Talianmi.

Toto všetko sú, samozrejme, nepotvrdené špekulácie. Sám som ale zistil úplne jednoznačne, že výrazne poklesol záujem firiem o bilaterálne spolupráce formou kontraktového výskumu plateného v plnom rozsahu firmou. Firmy išli do európskych projektov, keďže nielen že nemuseli celý výskum platiť, ale ešte vo väčšine prípadov dostali uhradenú určitú, niekedy dosť vysokú časť vlastných nákladov. Na druhej strane široký projekt s počtom partnerov nezriedka 10 a viac sa jednoducho ťažšie koordinoval a navyše existovalo určité nebezpečie úniku výsledkov. Ďalšou komplikáciou bola nie celkom zanedbateľná administratíva, ktorá brala nemalú časť kapacity najmä vedúcim projektov.

Výskum financovaný domácimi subjektami

V súčasnosti sa spolupráca s domácimi firmami už dlhšiu dobu úspešne rozvíja. Dá sa povedať, že pozitívny trend pozorovateľne začal pred cca 10 rokmi, keď sa k slovu dostali najmä menšie firmy, ktoré prichádzali s novými nápadiami a požiadavkami. Niekdedy predstavy neboli celkom reálne, ale v podstate väčšina záujemcov o spoluprácu s akademickou sférou prichádza zo zaujímavými podnetmi a vie pomerne presne definovať svoje požiadavky aj možnosti. Pozitívne pociťujeme aj zvýšený a ďalej rastúci záujem médií o výsledky slovenského výskumu, ktorý sa takto predstavuje verejnosti, ale súčasne aj poskytuje možným záujemcom konkrétne údaje o tom, na čom pracujeme a čo vieme poskytnúť.

Spolupráca s aplikačnou sférou smeruje predovšetkým k získaniu projektov, kde najdôležitejším zdrojom, viac menej všeobecne dostupným pre všetkých výskumníkov, sú prostriedky každo-

ročne poskytované Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja (APVV). Ide spravidla o troj- až štvorročné projekty pre konzorciá z dvoch až troch subjektov s častou účasťou aj firiem. Podporu možno žiadať na projekty základného alebo aplikovaného výskumu, podľa charakteru sa pri podávaní návrhu projektu deklarujú aj očakávané výstupy a prínosy. Financovanie projektov je pomerne skromné, v posledných cca troch rokoch bola maximálna dotácia na celý projekt 250 000 Eur, čo pri troch partneroch a trojročnom trvaní projektu predstavuje v priemere cca 25 000 Eur na partnera a rok. Ale aj tak je o tieto projekty veľký záujem a z poskytnutého celkového rozpočtu na jednu výzvu možno financovať maximálne 20 % požiadaviek.

Podľa našich skúseností sú výstupy projektov celkom prospešné. Ak je v projekte partnerom firma, výsled-



ky sa pravidelne využívajú pre inováciu portfólia sortimentu, alebo aspoň pre zlepšenie niektorého segmentu výroby.

Podstatne väčší finančný objem možno získať zo štrukturálnych fondov EU. Pre ŠF platia podmienky EU, ale ich delenie je plne v rukách domácich inštitúcií. Dôsledkom je nie vždy jasný spôsob výberu projektov pre financovanie, náročná administratíva už v priebehu prípravy projektov, ktorá sa ešte znásobí, ak sa dotácia na projekt prideli a v neposlednom rade meniace sa podmienky pravidiel financovania aj v priebehu riešenia. Administratívne zaťaženie predstavuje významný úbytok výskumnej kapacity a finančné náklady. Po predpokladanom a de facto pripravenom prechode SAV na verejno-výskumnú inštitúciu pred dvoma rokmi sa očakávalo aspoň na niektorých ústavocho možné zvýšenie podielu aplikovaného výskumu cestou zakladania spoločných výskumných ale najmä výrobných jednotiek. V takom prípade by sa firme nepredávala licencia za zlomok skutočnej hodnoty, ale úspešné ústavy by participovali na výnosoch výroby určitým podielom ako partner. Je reálne, že takého možnosti by podnikli zvý-

šiť snahu o dotiahnutie nádejných výsledkov až do aplikácie. Ak by sa podarilo takúto schému využiť na kontinuálne získavanie určitých finančných prostriedkov, okrem jasného ekonomického prínosu by to predstavovalo aj propagačný efekt a súčasne zvýšenie podielu financovania vedeckého výskumu zo súkromných zdrojov. Po všeobecne známom prerušení procesu prechodu SAV sa dnes nachádza v pôvodnom právnom rámci a transfer výsledkov do praxe naďalej prebieha odskúšanými, i keď menej účinnými pôvodnými mechanizmami.

Záverečná poznámka

V tomto dokumente sme sa venovali činnostiam Ústavu polymérov SAV, týkajúcim sa priamej spolupráce s priemyselnou sférou. Na ústave sa vyvíjajú aj ďalšie aktivity súvisiace s aplikačným výskumom a v minulosti sa časť výstupov realizovala aj cestou predaja licencií. Tu ale takmer nedochádzalo k spoločnému výskumu s priemyselnou firmou a tento fakt, ako aj zamýšlaný rozsah tohto príspevku viedol k rozhodnutiu o týchto prácach v tomto príspevku neinformovať.

RIADENIE

TEÓRIA • ZNALOSTI • REALIZÁCIA



To, čo dokázal jeden podnik, môže dokázať aj rad iných podnikov, ak si osvoja podstatu prieniku vedy do praxe.

To všetko, čo prežívame aj v týchto dňoch pri zásahu blesku Koronavírusu, predznamenáva novú etapu rozvoja ľudského spoločenstva. Všetci splácame svoje dlžoby spôsobené vykorisťovaním prírody, sebestvom, nespravodlivosťou a žitím na úkor iných, ktorí toho až tak veľa nemali.

Otváram môj tezaur poznania,

klúče od neho ponechávam v zámku a môže si ho otvoriť každý, kto tuší, aký je jeho obsah. Aby to nebolo veľké tajomstvo, prezradím vopred, že v ňom sprístupňujem intelektuálne poklady vrátane môjho životného diela známeho ako pentológia PODNIK A PODNIKANIE a kníh nadväzného edičného radu RIADENIE. Je to môj osobný dar odovzdaný elektronickou cestou každému, kto otvorením na adrese [KASSAYBOOKS.COM](https://www.kassaybooks.com) sa stane bezplatne duševným spoluvlastníkom aplikovaných znalostí v praxi. Pripájam sa tak k tým, ktorí s láskou a odhodlaním pomôcť vstupujú do procesov obnovy plnohodnotného života na našej zemeguli.

Štefan Kassay