

# METEOROLOGICKÝ ČASOPIS

## METEOROLOGICAL JOURNAL

**2011**

**ROČNÍK 14 – ČÍSLO 1**

**VOLUME 14 – NUMBER 1**

SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV  
SLOVAK HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE



## CONTENTS

<b>LIQUIDATION OF CO<sub>2</sub> USING FLY ASH, SLAGS AND ETERNIT ROOF COVERING</b> Lubomír Tuček, Martin Radvanec, Ján Derco, Katarína Čechovská, Zoltán Németh, Pavel Šťastný, Pavol Nejedlík, Ľubomír Hraško .....	3
<b>INFLUENCE OF VEGETATION ON THE WINDTHROW AREA IN THE TATRA NATIONAL PARK ON THE SOIL RESPIRATION</b> Nora Mezeiová, Jaroslav Škvarenina, Peter Fleischer.....	11
<b>THE CHOSEN WEATHER FACTORS INFLUENCE ON THE ENERGY CHIPS MOISTURE DEVELOPMENT DURING THEIR STORAGE</b> Jozef Suchomel, Ján Horák, Bernard Šiška.....	19
<b>THE POSSIBILITY OF USING THE SIMPLE SCALING METHOD FOR ESTIMATION OF DESIGN VALUES OF SHORT-TERM RAINFALL INTENSITIES</b> Márta Bara, Karolína Zechelová, Silvia Kohnová, Ladislav Gaál , Ján Szolgay, Kamila Hlavčová .....	25

## INFORMATION

<b>Calibration and validation meeting of EUMETSAT H-SAF Project</b> Ján Kaňák.....	33
<b>Third workshop on the revision of the UNFCCC Annex I Reporting Guidelines for reporting of inventories under the Convention</b> Janka Szemesová .....	35
<b>WMO's XVI Congress</b> Vladimír Pastirčák.....	35
<b>The IWAC activities in the assessment of trans-border rivers, lakes and ground waters</b> Boris Minárik.....	37
<b>The first agrometeorological observatory in Austro-Hungarian Monarchy and in Europe was established in the Ponitrie region 130 years ago</b> František Špánik.....	38

<b>PERSONALS</b> .....	39
------------------------	----

## OBSAH

<b>LIKVIDÁCIA CO<sub>2</sub> POUŽITÍM POPOLČEKA, TROSKY A ETERNITOVEJ KRYTINY</b> Lubomír Tuček, Martin Radvanec, Ján Derco, Katarína Čechovská, Zoltán Németh, Pavel Šťastný, Pavol Nejedlík, Ľubomír Hraško .....	3
<b>VPLYV VEGETÁCIE NA VEĽKOSŤ PÔDNEJ RESPIRÁCIE NA KALAMITNÝCH PLOCHÁCH V TATRANSKOM NÁRODNOM PARKU</b> Nora Mezeiová, Jaroslav Škvarenina, Peter Fleischer.....	11
<b>VPLYV VYBRANÝCH FAKTOROV POČASIA NA VÝVOJ VĽHKOSTI ENERGETICKÝCH ŠTIEPOK PRI ICH SKLADOVANÍ</b> Jozef Suchomel, Ján Horák, Bernard Šiška.....	19
<b>MOŽNOSTI VYUŽITIA METÓDY ŠKÁLOVANIA ZRÁŽOK NA LOKÁLNY A REGIONÁLNY ODHAD NÁVRHOVÝCH INTENZÍT KRÁTKODOBÝCH DAŽĎOV</b> Márta Bara, Karolína Zechelová, Silvia Kohnová, Ladislav Gaál , Ján Szolgay, Kamila Hlavčová .....	25

## INFORMÁCIE

<b>Pracovné stretnutie riešiteľov projektu H-SAF</b> Ján Kaňák.....	33
<b>3. expertné stretnutie k revízii UNFCCC Annex I Reportingových Guidelines pre podávanie inventúr pod Dohovorom OSN o zmene klímy (UNFCCC)</b> Janka Szemesová .....	35
<b>XVI. kongres Svetovej meteorologickej organizácie</b> Vladimír Pastirčák .....	35
<b>Aktivity IWAC pri hodnotení stavu vôd cezhraničných riek, jazier a podzemných vôd</b> Boris Minárik .....	37
<b>Prvé agrometeorologické observatórium v Uhorsku a Európe vzniklo na Ponitří pred 130 rokmi</b> František Špánik .....	38

<b>PERSONÁLIE</b> .....	39
-------------------------	----

# LIKVIDÁCIA CO<sub>2</sub> POUŽITÍM POPOLČEKA, TROSKY A ETERNITOVEJ KRYTINY

ĽUBOMÍR TUČEK<sup>1</sup>, MARTIN RADVANEC<sup>1</sup>, JÁN DERCO<sup>1</sup>, KATARÍNA ČECHOVSKÁ<sup>1</sup>, ZOLTÁN NÉMETH<sup>1</sup>, PAVEL ŠĎASTNÝ<sup>2</sup>, PAVOL NEJEDLÍK<sup>2</sup>, ĽUBOMÍR HRAŠKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, lubomir.tucek@geology.sk

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

*This article presents the results of the laboratory optimization of reaction parameters for the CO<sub>2</sub> sequestration (liquidation) by carbonation of industrial waste materials – the fly ashes and slags from the energy and heat production industry and of asbestos-cement (eternit) roof covering as dangerous waste from the construction industry. The reaction produces the non-reactive carbonates (in particular calcite, aragonite and hydromagnesite) and gives a possibility of their environmentally safe permanent deposition, or further industrial use as precipitated CaCO<sub>3</sub>.*

*Článok prezentuje výsledky laboratórnej optimalizácie reakčných parametrov pre sekvestráciu (likvidáciu) CO<sub>2</sub> karbonatizáciou odpadových materiálov - popolčeka a trosky z energeticko-teplárenského priemyslu a z azbestocementových strešných krytín ako nebezpečného odpadu zo stavebného priemyslu. Výsledkom optimalizovaných reakcií sú stabilné karbonáty (predovšetkým kalcit, aragonit a hydromagnezit) s možnosťou ich environmentálne neškodného trvalého uskladnenia, či priemyselného využitia vo forme zrážaného CaCO<sub>3</sub>.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, mineral sequestration, carbonation, fly ash, slag, eternit roof covering

## ÚVOD

Veľké stacionárne zdroje - teplárne, elektrárne, oceliárne, rafinérie a iné priemyselné závody produkujú plynné exhaláty s 5–15 obj. % CO<sub>2</sub>, a tiež haldy popolčeka a trosky po spaľovaní fosílnych palív. Znižovanie emisií CO<sub>2</sub> je prioritným environmentálnym problémom predovšetkým z dôvodu akcelerujúcich globálnych klimatických zmien. Zachytené emisie CO<sub>2</sub> je možné ukladať vo vytážených ložiskách ropy a plynu, vo vydobytých uhoľných slojoch, v slaných vodami zvodnených horizontoch, či injektážou do vhodného horninového prostredia (napr. pod dnom morí, alebo do ultramafických hornín). Pri týchto metódach ukladania CO<sub>2</sub> je rizikom jeho doprava na miesto uloženia a geologicko-tektonická stabilita konkrétneho úložiska. Dôležitá je jeho pozícia mimo zemetrasných oblastí a v dostatočnej hĺbke pod povrchom pre udržanie superkritického stavu plynu. Uvádzané spôsoby uloženia CO<sub>2</sub> sú finančne nákladné aj kvôli nevyhnutnosti kontinuálneho monitoringu neporušenosti daného podzemného úložiska desiatky až stovky rokov, a tiež pre enormné náklady v prípade potreby sanačných prác.

Legislatívne pozadie geologického ukladania oxidu uhličitého poskytuje smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2009/31/ES z 23. apríla 2009 o geologickom ukladaní oxidu uhličitého a zmena a doplnenie smernice Rady 85/337/EHS, ďalej smernice Európskeho parlamentu a Rady 2000/60/ES, 2001/80/ES, 2004/35/ES, 2006/12/ES, 2008/1/ES a nariadenia (ES) č. 1013/2006, ktoré sú súčasťou komplexného legislatívneho programu Európskej komisie Klimaticko-energetického balíčka (KEB) v snahe

dosiahnuť 20 % redukcii emisií skleníkových plynov v členských štátoch EÚ do roku 2020.

Inou alternatívou uloženia CO<sub>2</sub> je jeho likvidácia karbonatizáciou za pomoci jeho reakcie s aktívnymi zložkami vhodných hornín a odpadov vo vysokotlakovom reaktore. Výsledkom reakcie je vznik karbonátov - minerálov bez negatívneho vplyvu na životné prostredie. Karbonatizácia v prírodných podmienkach (napr. injektážou CO<sub>2</sub> do vhodného horninového prostredia) je proces veľmi pomalý. Preto pri priemyselnej aplikácii je potrebné ju realizovať ex-situ vo vysokotlakovom reaktore s technologicky optimalizovanými parametrami vplyvajúcimi na reaktivitu vhodných materiálov s CO<sub>2</sub>. Výhodou je aj to, že priemyselný reaktor môže byť situovaný priamo v priemyselnom závode produkujúcom CO<sub>2</sub> a aj ďalšie odpady, vhodné na vzájomné zreagovanie, a nie je potrebný rizikový transport CO<sub>2</sub> na často veľmi vzdialené miesto uloženia. Vzniknuté karbonáty je možné potenciálne využiť v rôznych odvetviach hospodárstva (anorganické plnivá do plastov, papiera, gumy, a pod.), čím je možné šetriť primárne zdroje a energiu na ich primárne spracovanie.

Preukazné skúšky a optimalizácia parametrov likvidácie CO<sub>2</sub> jeho naviazaním na vhodné zložky popolčeka, trosky, a odpadu tvoreného eternitovou strešnou krytinou, ktorú prezentujeme v tomto článku, bola prvýkrát laboratórne testovaná v rámci zmluvy o dielo medzi Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) Bratislava a Štátnym geologickým ústavom D. Štúra (ŠGÚDŠ) Bratislava (Tuček et al., 2010). Sumárne výsledky týchto preukazných a optimalizačných skúšok poskytuje tento článok. Popolček a troska po spaľovaní čierneho uhlia predstavujú environ-

mentálnu záťaž v podobe hald, lebo iba približne 10 % tohto odpadu nachádza praktické uplatnenie bez potreby ďalšej úpravy.

Azbestocementové materiály (napr. strešná eternitová krytina) sú vážnou environmentálnou hrozbou, lebo pove- ternostnými vplyvmi (slnečné žiarenie, dážď, mráz a vietor) sa z nich uvoľňuje cementové pojivo a dochádza ku kon- taminácii okolia uvoľnenými azbestovými vláknami. Tieto v pľúcach v kombinácii s iným karcinogénom (napr. ciga- retový dym), alebo zníženou obranyschopnosťou organiz- mu spôsobujú karcinogénne bujnenie a vznik nádorových ochorení.

## METODIKA RIEŠENIA

Rýchlosť naviazania CO<sub>2</sub> a vytváranie stabilných produktov sú závislé na minerálnom a chemickom zložení vstupných materiálov, na aktivite ich zložiek a čistote plynu z hľadiska obsahu CO<sub>2</sub>. Ďalej sú závislé na skupenstve, vzájomnom pomere tuhej, kvapalnej a plynnej fázy vstupných zložiek, na teplote, tlaku CO<sub>2</sub> a dĺžke reakcie. Dôležitým para- metrom je zrnitosť, prípadne pórovitosť sekvestrujúcich substancií a aktivita ich merného povrchu. Konverzii napomáha počiatočná mechanická, termická, chemická, alebo fyzikálno-mechanická aktivácia vstupných zložiek, pH reakčného prostredia a druhy pridávaných činidiel (aditíva, reagenty a pod.). V závislosti od hustoty, resp. viskozity reagenčnej suspenzie sa aplikujú statické alebo dynamické reakčné podmienky.

Po odbere vzoriek popolčeka (vzorka P; Obr. 1a) a trosky (T; Obr. 2a), t. j. produktov po spaľovaní čierneho uhlika, a eternitovej krytiny (E; Obr. 3a) sa realizovali prí- pravné práce, a následne experimentálne práce vo vysoko- tlakovom reaktore, ktorých produkty sa podrobne definovali pomocou identifikačných prác (chemické analýzy, RTG analýzy a mikroanalýzy). Cieľom bolo preukázanie viaza- nia sa CO<sub>2</sub> vznikom karbonátov a optimalizácia reakčných podmienok s cieľom dosiahnuť čo najväčšie množstvo naviazaného CO<sub>2</sub> a najvyššie hmotnostné výnosy novo- vzniknutých karbonátov za čo najnižších energetických nárokov, t. j. teplôt, tlakov a dĺžky trvania reakcie.

Vzorky E a T boli po voľnom presušení podrobené zdrobňovaniu drvením v jednom až troch stupňoch v čelú- ťových drvičoch, triedeniu a mletiu v guľovom mlyne na zrnitosť pod 1 mm. Všetky tri vzorky (E, P, T) boli následne homogenizované a kvartované, s ich následnou analýzou mokrými zrnitostnými rozbormi.

Zmyslom zjemňovania vzoriek E a T bola mechanická aktivácia (modifikácia) povrchov zrn s cieľom zvýšiť ich merný reakčný povrch. U vzorky E bola realizovaná aj mo- difikácia termickým, a u vzorky T chemickým spôsobom s cieľom aktivácie Ca, Mg, príp. Fe zložiek z chryzotilu (E), resp. ich extrakcie z amorfnej hmoty (T).

Preukazné a optimalizačné skúšky sekvestrácie CO<sub>2</sub> boli realizované v laboratórnom vysokotlakovom reaktore PARR 4540 pri rôznych kombináciách tlakov CO<sub>2</sub> (2,5; 5,0 a 7,5 MPa), teplôt prostredia (22, 35 a 50 °C) a časov pô- sobenia CO<sub>2</sub> (1, 2, 3 a 6 hodín).

Produkty sekvestrácie CO<sub>2</sub> boli z vysokotlakového reaktora odobraté nedelené, alebo oddelené filtráciou na filtračné koláče a filtráty a následne vysušené pri teplote 200 °C, pričom vážením boli zistené ich hmotnosti.

Chemické analýzy vstupov a produktov boli vyko- nané v ŠGÚDŠ - Geoanalytické laboratórium v Spišskej Novej Vsi (GAL), ktoré je akreditovaným skúšobným la- boratóriom v zmysle ISO/IEC 17025:2005 a referenčným laboratóriom MŽP SR pre geológiu a analýzy geologických materiálov a horninového prostredia (kontrolné laboratóriá v zmysle Vyhlášky č. 221/2005 Z. z.). Na stanovenie obsahu CO<sub>2</sub> boli použité metódy vysokoteplotnej oxidácie a mano- metrie, CaO a MgO boli stanovené röntgenfluorescenčnou spektroskopiou, FeO odmernou analýzou a strata žíhaním gravimetrickou metódou.

Rtg. difrakčné rozbory a vysokotlakové reakcie boli realizované v laboratóriách ŠGÚDŠ - Aplikovaná techno- lógia nerastných surovín (ATNS) v Košiciach. Kvalitatívny mineralogický rozbor vzoriek bol robený rtg. difrakčnou analýzou na prístroji DRON - UM 1 s citlivosťou detekcie cca 3 %. Vyhodnotenie rtg záznamov bolo urobené počí- tačovo podľa klasických tabuliek ASTM.

Semikvantitatívne až kvantitatívne zastúpenie mine- rálov vo vzorkách a produktoch karbonatizácie bolo stano- vené kombináciou rtg. difrakčnej analýzy a mineralogického prepočtu z chemických analýz. Pri rtg. difrakčnej analýze bola použitá metóda vonkajšieho štandardu.

Produkty karbonatizácie a nezreagovaných zvyškov po odfiltrovaní (filtračné koláče) boli študované optickou mikroskopiou a elektrónovou mikrosondou Cameca SX 100 na ŠGÚDŠ v Bratislave.

## ZÍSKANÉ VÝSLEDKY

### Popolček

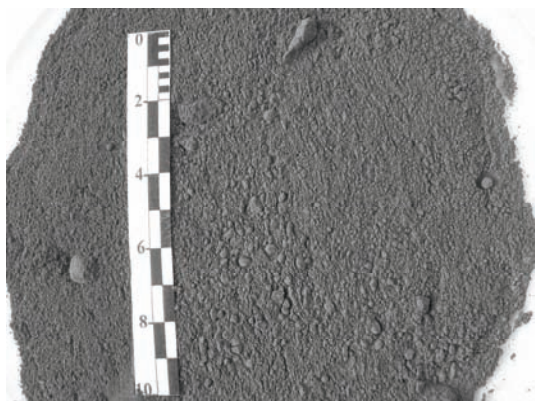
#### Vstupná vzorka

Vstupná vzorka popolčeka P (Obr. 1a) pozostávala z amor- fnej hmoty (98,3 hm. %) a malého množstva kalcitu, ara- gonitu, uhlika a podružného apatitu. Amorfná hmota bola tvorená amorfnými fázami Si-Al- (alumosilikátová), Si (silikátová) a organickou amorfnou fázou s 44 hm. % orga- nického uhlika (TOC). Chemicky viazaná voda v amorfnej fáze bola nízka (1,94–3,89 hm. %). V akcesorických množstvách bol v popolčeku prítomný kremeň a mullit, na ktoré sa viazala časť SiO<sub>2</sub> a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Maximálny obsah kal- citu a aragonitu vo vzorke bol 1,7 hm. %. Mokry zrnitostný rozbor preukázal vo vzorke popolčeka 99,97 hm. % triedy pod 1 mm, s vysokým podielom triedy pod 0,2 mm (až 98,09 %) a najmenejšej zrnitostnej triedy (<0,02 mm) takmer 50 % (48,35 %). Suspenzia na začiatku reakčných skúšok mala pH = 7,0.

Napriek nízkemu obsahu CaO vo vstupnej vzorke (1,59 hm. %), ktorý bol sprevádzaný MgO (0,60 hm. %) a FeO (0,58 hm. %), vstupná vzorka bola použitá v reak- ciách v primárnom stave, t. j. bez ďalšej modifikácie alebo aktivácie – či už mechanickej alebo chemickej (Zhang et al., 2004; Arenillas et al., 2005; Olivares-Marin et al., 2010), alebo termickej (Mercedes Maroto-Valer et al., 2008).

**Obrázok 1a.** Vzorka popolčeka P z elektrofiltrov po spaľovaní čierneho uhlia.

Figure 1a. Sample P of the fly ash after the combustion of black coal taken from electrostatic separators.



**Obrázok 1b.** Karbonátový produkt pripravený reakciou (likvidáciou) CO<sub>2</sub> s oxidmi Ca a Mg vo vzorke popolčeka P.

Figure 1b. Carbonate product prepared by the reaction (liquidation) of CO<sub>2</sub> with Ca and Mg oxides present in the fly ash sample P.



**Laboratórne testovanie a optimalizácia parametrov sekvestrácie CO<sub>2</sub> popolčekom**

Optimalizácia parametrov karbonatizácie sa realizovala pri rôznych kombináciách teplôt (22, 35 a 50 °C), tlakov (2,5, 5,0 a 7,5 MPa) a dĺžky trvania reakcií 1, 2, 3 a 6 hodín. Výsledkom laboratórnej sekvestrácie CO<sub>2</sub> vzorkou popolčeka P (Obr. 1a) je vznik minerálov CaCO<sub>3</sub> - kalcitu a aragonitu (Obr. 1b) s čistotou 43,9–56,6 hm. % a nárastom hmotnostných výnosov 0,54–0,92 %. Molekuly CaCO<sub>3</sub>, príp. MgCO<sub>3</sub> v reakčnom produkte vznikali z Ca a Mg katiónov, ktoré boli do roztoku uvoľňované z amorfnej fázy obsahujúcej CaO a MgO. Novovzniknutou fázou sprevádzajúcou vykryštalizované minerály je bassanit, obalujúci allotriomorfne zrná Mg kalcitu, čo dokladá, že Mg kalcit kryštalizoval pred bassanitom a kryštalizácia týchto minerálov bola dvojštádiálna.

V porovnaní so vstupnou bilanciou CO<sub>2</sub> 0,76 hm. % vo vzorke P a obsahom CO<sub>2</sub> v novovzniknutých karbonátoch min. 19,3 a max. 24,9 hm. %, je v nich CO<sub>2</sub> viazané (likvidované) v závislosti od reakčných podmienok v rozsahu 18,54–24,14 hm. %. Vo filtračných produktoch aj v nedelených produktoch karbonatizácie sa v malých množstvách vyskytovali aj kremeň, mullit, hematit a maghemit.

Testovaním sekvestrácie pri teplote 22 °C, bol najvyšší hmotnostný výnos nedeleného produktu +0,70 hm. % s obsahom CaCO<sub>3</sub> 9,8 hm. % (Tab. 1) a nárast množstva naviazaného CO<sub>2</sub>, v porovnaní so vstupom o 3,56 % bol pri tlaku 5 MPa a dĺžke reakcie 2 hodiny. Pri teplote 35 °C bol najvyšší prírastok hmotnostného výnosu nedeleného produktu (+0,58 %) dosiahnutý s obsahom CaCO<sub>3</sub> 11,0 % a nárastom obsahu CO<sub>2</sub> v porovnaní so vstupom o 4,10 % pri tlaku 5 MPa a dĺžke trvania procesu 3 hodiny. Pri teplote 50 °C, tlaku 5 MPa a dĺžke reakcie 6 hodín bol dosiahnutý hmotnostný výnos nečleneného produktu (+0,44 %) s obsahom CaCO<sub>3</sub> 8,6 % a nárastom obsahu CO<sub>2</sub> v mriežke novo vzniknutých minerálov v porovnaní so vstupom o 3,03 %.

**Tabuľka 1.** Prehľad optimálnych parametrov a výsledkov minerálnej likvidácie CO<sub>2</sub> pomocou materiálov vzoriek E, P, T metódou karbonatizácie.

Table 1. Summary of the optimum parameters and results of the CO<sub>2</sub> mineral liquidation using material of the samples E, P, T by the carbonatization method.

Vzorka	Podmienky p [Pa] t [°C] τ [hod]	Produkt	Označenie produktu	Prírastok hmotnost. výnosu [%]	O b s a h				Vlastnosti vstupov a produktov, pH prost.
					CO <sub>2</sub> [hm. %]	kalcitu + aragonitu [hm. %]	hydro-magnezitu [hm. %]	karbonátov spolu [hm. %]	
eternit E	-	vstup	E0	-	15,20	34,50	-	34,50	12; + az.
	5; 22; 1;	vyzrážaný	E6	+ 2,26	29,00	65,90	-	65,90	7–8;
	5; 22; 1;	filtr. koláč	E5	-	21,20	48,20	-	48,20	7–8; + az.
	5; 22; 6;	nedelený	E23	+ 3,76	23,20	52,70	-	52,70	7–8; + az.
tepelne upravený eternit EŽ	-	vstup	EŽ0	-	14,10	32,00	-	32,00	12; + m.az.
	5; 22; 1;	vyzrážaný	EŽ6	+ 5,56	31,80	14,20	67,80	82,00	8–8,5; -m.az.
	5; 22; 1;	filtr. koláč	EŽ5	+ 22,02	21,70	49,30	-	49,30	8–8,5; -m.az.
	5; 22; 1;	nedelený	EŽ4	+ 27,48	24,20	55,00	-	55,00	8–8,5; -m.az.
popolček P	-	vstup	P	-	0,76	1,70	-	1,70	7;
	5; 22; 1;	vyzrážaný	P6	+ 0,92	19,30	43,90	-	43,90	7–8;
	5; 22; 1;	filtr. koláč	P5	-	3,39	7,70	-	7,70	7–8;
	5; 22; 2;	nedelený	P13	+ 0,70	4,32	9,80	-	9,80	7–8;
troska T	-	vstup	T	-	0,13	0,30	-	0,30	7,5
	2,5; 22; 1;	vyzrážaný	T3	+ 0,44	19,50	44,30	-	44,30	7,5–8;
	2,5; 22; 1;	filtr. koláč	T2	-	0,20	0,46	-	0,46	7,5–8;
	5; 35; 1;	nedelený*	T26	+ 0,22	0,62	1,41	-	1,41	7,5–8;

Pozn.: p - tlak CO<sub>2</sub>, t - teplota prostredia, τ - čas pôsobenia CO<sub>2</sub>; + az. (- az.) = prítomné (neprotomné) vlákna chryzotilového azbestu; + m. az. (- m. az.) = prítomný (neprotomný) termicky modifikovaný (zmenený) chryzotilový azbest; \* najvyššia hodnota CaCO<sub>3</sub>

Vyššie uvedené výsledky laboratórnej optimalizácie sekvestračných parametrov preukazujú, že sú pri rôznych kombináciách teploty, tlaku a dĺžky trvania reakcií dosť blízke a porovnateľné. Preto v snahe o najnižšie energetické nároky pri budúcej veľkoobjemovej priemyselnej sekvestracii CO<sub>2</sub> sú najvhodnejšie parametre teplota 22 °C, tlak CO<sub>2</sub> 5 MPa a dĺžka trvania reakcie 2 hodiny, čo preukazuje, že ohrievanie reakčnej zmesi nie je potrebné a nebude zvyšovať nákladovosť procesu likvidácie CO<sub>2</sub> použitím popolčeka. Navyše sa zistilo, že zvyšovanie teplôt (22 °C → 35 °C → 50 °C) má na reakčný produkt negatívny vplyv zmenšovaním hmotnostných výnosov (0,70 % → 0,58 % → 0,44 %). Podobne, predĺžovanie reakčného času (2 → 3 → 6 hodín) taktiež negatívne vplyva na hmotnostné výnosy. Vyššie teploty a predĺženie reakčného času pravdepodobne spôsobujú spätnú konverziu časti rozpusteného CO<sub>2</sub> z tekutej fázy do plynnej fázy, čím sa znižuje reaktivita plynného CO<sub>2</sub> v porovnaní s reaktívou kvapalného systém H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> (Gažo et al., 1981, str. 402 ibid.).

## Troska

### Vstupná vzorka

Vstupná vzorka trosky T (Obr. 2a) bola tvorená podstatným množstvom amorfnej hmoty, ktorá vznikla zo silikátovej taveniny a ktorá mala ostrohranné obmedzenie s premenlivým chemickým zložením oxidov Si-Al-Fe+Ca-K-Mg. Amorfná hmota pozostávala z dvoch amorfných fáz - Si-Al... (alumosilikátovej) a Si (silikátovej). V matrici silikátovej amorfnej fázy Si-Al-Fe+Ca-K-Mg sa ojedinele vyskytovala aj utuhnúta tavenina vo forme guľovitých útvarov zložených z rýdzich prvkov Fe-Si-F bez väzby na kyslík a uzatvárajúcich uhlík. V amorfných fázach je obsah chemicky viazanej vody a/alebo OH skupiny premenlivý v rozsahu 2,42–3,83 hm. % alebo voda/OH skupina chýba. Troska obsahovala minimum organickej hmoty (0,23 % TOC), a len nepatrné množstvo kalcitu s aragonitom.

Mletím trosky T bola znížená jej zrornosť pod 1 mm (Obr. 2b). Suspenzia na začiatku reakčných skúšok vykazovala pH = 7,5.

Štúdie karbonatizačných reakcií trosky po spaľovaní čierneho uhlia s CO<sub>2</sub> sú vo svetovej literatúre zriedkavé (Chel, 2009; Uliasz-Bochenczyk, 2010). Pozornosť bádateľov vo svete bola fokusovaná predovšetkým na sekvestračné pokusy CO<sub>2</sub> s troskou z oceliarskeho priemyslu (napr. Lu et al., 2009; Tuček et al., 2009; Huijgen et al., 2010; Eloneva et al., 2010; Baciocchi et al., 2010).

### Laboratórne testovanie a optimalizácia parametrov sekvestracie CO<sub>2</sub> troskou

Produkty karbonatizácie trosky T vyzrážané z filtrátov obsahujú preukázateľne CaCO<sub>3</sub> (kalcit + aragonit; Obr. 2c) a alumosilikátovú, resp. kremennú amorfnú fázu a sporadické minerály bassanit a maghemit. Vo filtračných koláčoch a nedelených karbonatizačných produktoch dominuje alumosilikátová a silikátová amorfná fáza.

**Obrázok 2a.** Vzorka trosky T po spaľovaní čierneho uhlia.

Figure 2a. Sample T of the slags after the combustion of black coal.



**Obrázok 2b.** Vzorka meliva trosky T po spaľovaní čierneho uhlia.

Figure 2b. Sample of the pulverized slag T after the combustion of black coal.



**Obrázok 2c.** Karbonátový produkt pripravený karbonatizačnou reakciou CO<sub>2</sub> a kryštalizáciou z filtrátu vzorky T.

Figure 2c. Carbonate product prepared using the carbonatization reaction of CO<sub>2</sub> and crystallization from the filtrate of the sample T.



Prírastky hmotnostného výnosu nedelených produktov po sekvestracii CO<sub>2</sub> sa pohybovali od +0,46 % s obsahmi Ca karbonátov do 1,41 % (Tab. 1) s nárastom naviazania CO<sub>2</sub> v týchto produktoch oproti vstupu do +0,62 %. Keďže zvýšenie reakčných teplôt a tlakov neprineslo lepšie výsledky, za optimálne zo zrealizovaných laboratórnych skúšok nedelených produktov sa môžu považovať laboratórna teplota 22 °C, tlak CO<sub>2</sub> 2,5 MPa a reakcia v trvaní 1 hod., t.z. nie je potreba ohrievať reakčnú zmes. Malé množstvo naviazaného CO<sub>2</sub> je možné vysvetliť aj primárnym zložením trosky, ktorá vo svojej sklovitej amorfnej hmote s obsahom 99,7 % (alumosilikátová a silikátová fáza) fixuje reakčné prvky Ca, Mg a Fe pomerne pevnou väzbou a k jej narušeniu nenapomáha ani zvyšovanie teploty, tlaku, či dĺžky reakčného pochodu. Pre zlepšenie sekvestračných parametrov trosky, sme uskutočnili chemickú modifikáciu meliva 10 % roztokom kyseliny chlorovodíkovej (HCl), resp. 10 % roztokom kyseliny fluorovodíkovej (HF). V prípade pôsobenia HCl bolo cieľom uvoľniť Ca, Mg, resp. Fe zložky z amorfnej fázy do roztoku vo forme rozpustných chloridov. V prípade HF sme sa snažili narušiť (rozleptať) silikátovú a alumosilikátovú amorfnú fázu meliva trosky, kde by Si zložka z tuhej fázy prešla na plynný fluorid kremičitý, pričom by dochádzalo k extrakcii a aktivácii zložiek Ca, Mg, Fe do roztoku pre ich následnú karbonatizáciu. Z pohľadu veľkoobjemovej priemyselnej aplikácie minerálnej sekvestracie je extrakcia Ca, Mg a Fe použitím silných anorganických kyselín (predovšetkým HF) environmentálne riziková, preto sme vo výskume týmto neperspektívnym smerom nepokračovali.

## Eternitová krytina

### Vstupná vzorka

Aplikácia eternitovej krytiny na sekvestraciu CO<sub>2</sub> nie je vo svete známa. Preto prezentovaná metodika a dosiahnuté výsledky sú inovatívne. Na sekvestraciu boli doteraz testovné serpentinity, ultramafické horniny, či mafické minerály (olivín a pod.; Golf a Lackner, 1998; Mani et al., 2008; Teir et al., 2007, 2009; Wilson et al., 2009; Tuček et al., 2008; Radvanec et al., 2008; Andreani et al., 2009; Carcia et al., 2010).

Vo vstupnej vzorke eternitovej krytiny E (Obr. 3a) bol vápnik viazaný predovšetkým na larnit a kalcit (+ aragonit). Bassanit bol prítomný v malom množstve. Horčík bol viazaný hlavne v štruktúre chryzotilu. Vzorke E obsahovala amorfné fázy silikátového charakteru s rôznym zastúpením SiO<sub>2</sub> (hm. %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, FeO, MgO, K<sub>2</sub>O. Obsah chemicky viazanej vody alebo OH skupiny bol v rozsahu 0,64–4,20 hm. %. V matrixe bolo ojedinele zistené aj rýdže Fe s obsahom F. Amorfná fáza zaberala 28,3 % objemu eternitu, chryzotil 11,7 %, kalcit-aragonit 34,5 %, larnit 23,3 % a bassanit 2,2 %.

Mletím trosky E sa dosiaholo 98,06 % triedy pod 1 mm (Obr. 3b). Suspenzia bola na začiatku reakčných skúšok silne zásaditá s pH = 12,0.

### Laboratórne testovanie a optimalizácia parametrov sekvestracie CO<sub>2</sub> eternitovou krytinou

Reakcie meliva eternitovej krytiny s CO<sub>2</sub> jednoznačne preukázali vytváranie novokryštalizovaných karbonátových

minerálov (kalcit + aragonit) s čistotou v rozmedzí 59,8–81,6 % a s prírastkom hmotnostných výnosov zrážaných produktov v rozmedzí 0,26–2,70 %. Na vzniku CaCO<sub>3</sub> sa podstatnou mierou podieľala zložka CaO z larnitu, pričom zložka MgO viazaná v chryzotile ostala stabilná. Do novovzniknutých karbonátových produktov sa naviazal (t.j. zlikvidoval) CO<sub>2</sub> v rozmedzí 11,1–20,7 hm. % podľa podmienok procesu.

Testovanie pri laboratórnej teplote 22 °C preukázalo najvyšší prírastok hmotnostného výnosu nedeleného produktu (+3,76 %) s obsahom CaCO<sub>3</sub> 52,7 %, s nárastom naviazania sa CO<sub>2</sub> oproti vstupu o 8 % pri tlaku 5 MPa a trvaní procesu 6 hodín.

V rámci série pokusov pri teplote 35 °C, bol dosiahnutý najvyšší prírastok hmotnostného výnosu nedeleného produktu (+4,64 %) s obsahom CaCO<sub>3</sub> 55,2 % s nárastom naviazania sa CO<sub>2</sub> oproti vstupu o 9,1 % pri tlaku 5 MPa a trvaní procesu 6 hodín.

Pri teplote 50 °C bol dosiahnutý najvyšší prírastok hmotnostného výnosu nedeleného produktu (+4,02 %) s obsahom CaCO<sub>3</sub> 53,2 % s nárastom naviazania sa CO<sub>2</sub> oproti vstupu o 8,2 % pri tlaku 2,5 MPa a trvaní reakcie 6 hodín.

Ukazovatele sekvestracie CO<sub>2</sub> materiálom vzorky E v prípade nedelených produktov sú si veľmi blízke, a preto z ekonomického hľadiska je možné za najvhodnejšie reakčné parametre považovať tlak CO<sub>2</sub> 5 MPa, dĺžku reakcie 6 hodín pri laboratórnej teplote 22 °C, teda bez potreby ohrevu reakčnej zmesi (Tab. 1).

### Sekvestracia CO<sub>2</sub> termicky upravenou eternitovou krytinou

Pri karbonatizačných reakciách sa zložka MgO z chryzotilu prakticky neuvoľnila, preto sme uskutočnili aj skúšky s termicky modifikovaným melivom vzorky E (Obr. 3c). Termická aktivácia sa realizovala žiňaním pri teplote 650 °C počas dvoch hodín, čím sa aktivovala zložka MgO v mriežke chryzotilu stratou jednej jeho OH- skupiny, t.j. z dôvodu nižšieho obsahu jeho štruktúrne viazanej vody. Obsah MgO sa takto zvýšil z 5,12 % na 7,24 % a CaO z 35,4 % na 47,5 %, o čom svedčí aj pokles straty žiňaním z hodnoty 35,8 % na 20,6 %. Obsah pôvodného CaCO<sub>3</sub> vo vstupe sa znížil o 2,5 % na 32,0 %. Vyzíňaný eternit stále obsahoval amorfné fázy rôzneho zloženia s premenlivým obsahom SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, FeO, MgO, K<sub>2</sub>O. V amorfných fázach bol obsah chemicky viazanej vody a OH skupiny v rozsahu od 1,89 hm. % do 5,75 %.

Rozmiešaním meliva termicky aktivovanej vzorky vo vode vznikla suspenzia, ktorá bola testovaná na sekvestraciu CO<sub>2</sub> pri laboratórnej teplote 22 °C, kombinácii troch tlakov a štyroch časov pôsobenia CO<sub>2</sub> pri podmienkach vyššie uvedených. Výstupné hodnoty pH suspenzií po sekvestračnom procese sa pohybovali od 8 do 8,5 – t.z. zaznamenal sa environmentálne pozitívny pokles pH zo silne zásaditej reakcie (pH = 12).

Po karbonatizačných reakciách dominantne vznikali hydromagnezit a v malom množstve magnezit (Mg karbonáty) sprevádzané kalcitom s aragonitom (Ca karbonáty), spolu s obsahom 4,88–7,14 hm.% (Obr. 3d). Celkový prí-

rastok hmotnostných výnosov karbonatizovaných produktov sa pohyboval od 26,12 do 31,52 %. CO<sub>2</sub> sa do novovzniknutých karbonátových produktov naviazal oproti vstupu v rozmedzí od 13,5–7,7 % podľa podmienok reakčného procesu. Podstatná časť chryzotilu so zmesou H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> po reakcii prešla do suspenzie, z filtrátu ktorej vykryštalizovali Mg karbonáty.

Technologické ukazovatele sekvestrácie CO<sub>2</sub> žihánym materiálom eternitovej vzorky počas jednej hodiny sú si blízke, preto za optimálne sekvestračné parametre môžeme považovať laboratórnu teplotu 22 °C a tlak CO<sub>2</sub> 5 MPa pri reakcii prebiehajúcej 1 hodinu, pri ktorých sa dosiahla najvyššia hodnota obsahov Ca + Mg karbonátov 82 hm. % (Tab. 1). Predĺžovanie doby pôsobenia CO<sub>2</sub> na suspenziu termicky upraveného eternitového meliva (z 1 hodiny až na 12 hodín) pri tlaku 5 MPa neprineslo výraznejší nárast hmotnostného výnosu vyzrážaných karbonátov (z 5,66 na 7,14), ani celkových produktov (z 27,48 na 31,52 %), a ne-

zvýšil sa ani obsah Ca + Mg karbonátov nad 82 %, preto predĺžovanie reakcie nemá z praktického hľadiska význam.

Dôležité poznatky pre ochranu životného prostredia, ktoré boli získané likvidáciou CO<sub>2</sub> za použitia eternitovej vzorky:

- Suspenzie melív pred karbonatizáciou vykazovali vysoko zásaditú reakciu pH okolo hodnoty 12, po karbonatizácii len 7,0 až 8,5, čím sa priblížili, až dosiahli neutrálne hodnoty.
- Materiál filtračného koláča z karbonatizačných reakcií, ktorý by bol v budúcnosti skladovaný, či haldovaný, už neobsahuje škodlivé karcinogénne chryzotilové vlákna, pretože podstatná časť MgO z chryzotilu po reakcii so zmesou H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> prešla do filtrátu, z ktorého vykryštalizovala environmentálne neškodná zmes hydromagnezit + magnezit a CaCO<sub>3</sub>.

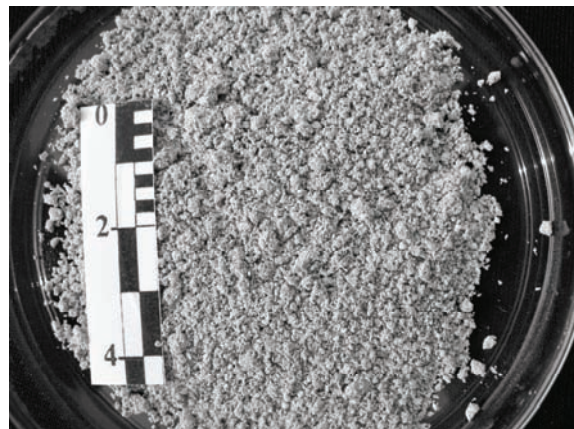
**Obrázok 3a.** Detail vzorky strešnej eternitovej krytiny E.  
Figure 3a. Detail of the sample of eternit roof covering E.



**Obrázok 3b.** Zrnitostná trieda 0,5–1,0 mm z meliva vzorky strešnej eternitovej krytiny E.  
Figure 3b. The grain-size 0,5–1,0 mm in the pulverized sample of the eternit roof covering E.



**Obrázok 3c.** Vzorka termicky upraveného meliva strešnej eternitovej krytiny E žiháním pri 650 °C.  
Figure 3c. Sample of pulverized sample of the eternit roof covering E, being thermally modified by ignition at 650 °C.



**Obrázok 3d.** Vzorka filtračného koláča po karbonatizácii CO<sub>2</sub> termicky upravenej vzorky strešnej eternitovej krytiny.  
Figure 3d. Sample of the filtration cake after the CO<sub>2</sub> carbonization of thermally modified eternit roof covering sample.





## DISKUSIA

Skúmané odpadové materiály - popolček (P) a troska (T) po spaľovaní čierneho uhlia z teplárensko-energetického priemyslu, a strešná eternitová krytina (E) z pozostatkov stavebnej výroby obsahovali CaO, MgO, resp. FeO, ktoré sú pri konkrétnych teplotno-tlakových podmienkach vhodné na likvidáciu CO<sub>2</sub> metódou umelej karbonatizácie. Reakciami vo vysokotlakovom reaktore CO<sub>2</sub> reaguje s uvedenými oxidmi a naviaže sa pevnou väzbou do mriežky novovzniknutých minerálov.

Zdrojom CaO, MgO a FeO pre naviazanie CO<sub>2</sub> vo vzorke popolčeka P boli aluminosilikátová a silikátová amorfná fáza. Sumárny obsah karbonátov na vstupe (kalcit + aragonit pred začatím sekvestrácie) bol 1,7 hm. % (Tab. 1). Naviazaním CO<sub>2</sub> na popolček sa obsah týchto karbonátov zvýšil na 43,9 hm. % vo vyzrážanom produkte (reakčné podmienky 5 MPa, 22 °C, 1 hod.), 7,7 % vo filtračnom koláči (5 MPa, 22 °C; 1 hod.), resp. 9,8 % v nedelenom produkte (5 MPa, 22 °C, 2 hod.). Karbonatizáciou tejto vzorky sa zistila zaujímavá experimentálna skutočnosť, že pri rastúcej teplote suspenzie (z 22 °C na 50 °C) klesala hodnota prírastkov hmotnostných výnosov (z 0,70 % na 0,44 %) a podobný pokles bol zaznamenaný aj pri predlžovaní času pôsobenia CO<sub>2</sub> na suspenziu (z dvoch na šesť hodín). Tento trend je pravdepodobne spôsobený spätným prechodom časti rozpusteného CO<sub>2</sub> z tekutej fázy do plynnej fázy zvyšovaním teploty, a tým znižovaním jeho reaktivity.

Podobne v prípade vzorky trosky T bola zdrojom Ca, Mg a Fe oxidov aluminosilikátová a silikátová amorfná fáza. Primárny obsah karbonátov bol 0,3 hm. % (Tab. 1). Maximálny obsah karbonátov pri vyzrážanom produkte bol 44,3 hm. % (2,5 MPa, 22 °C, 1 hodina), vo filtračnom koláči 0,46 % (2,5 MPa, 22 °C, 1 hod.) a 1,41 % (5 MPa, 35 °C, 1 hod.).

Vzorka eternitovej strešnej krytiny obsahovala primárne 34,5 hm. % karbonátov. Sekvestráciou sa obsah karbonátov zvýšil na 65,9 hm. % v prípade vyzrážaného produktu (reakcia pri 5 MPa, 22 °C, 1 hod.; Tab. 1), 48,2 % v prípade filtračného koláča (5 MPa, 22 °C, 1 hod.) a 52,7 % pri nedelenom produkte (5 MPa, 22 °C, 6 hod.).

V prípade tepelne modifikovanej eternitovej krytiny mal vstup 32,0 hm. % karbonátov, vyzrážaný produkt 82,0 % (5 MPa, 22 °C, 1 hod.), filtračný koláč 49,3 % (5 MPa, 22 °C, 1 hod.) a nedelený produkt 55,0 % (5 MPa, 22 °C, 1 hod.). Pozitívom bolo environmentálne pozitívne zníženie silne zásaditej reakcie pH = 12 suspenzie vzorky eternitovej strešnej krytiny na hodnotu 7,0–8,5.

Laboratórne skúšky sekvestrácie (likvidácie) CO<sub>2</sub> pomocou eternitu, resp. tepelne upraveného eternitu preukázali tri, pre životné prostredie dôležité skutočnosti:

- Vstupné suspenzie vzoriek eternitu aj termicky upraveného eternitu mali silne zásaditú reakciu pH = 12. Karbonatizáciou táto hodnota klesla na 7,0–8,5.
- Produkty s obsahom uhličitanov vzniknuté syntézou dvoch odpadov (CO<sub>2</sub>, eternit) predstavujú pomerne čisté zrážané uhličitanové, ktoré môžu byť potenciálne využité ako anorganické plnivo v rôznych odvetviach hospodárstva (plasty, guma, papier, tmely, farby a pod.).

- Materiál reakčného zvyšku po sekvestracii eternitu (filtračný koláč) by mohol byť v budúcnosti skladovaný bez negatívneho dopadu na životné prostredie, pretože reakciou boli zlikvidované aj škodlivé chryzotilové vlákna. Podstatná časť MgO z chryzotilu po reakcii so zmesou H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> prešla do filtrátu, z ktorého vykryštalizovala zmes hydromagnezit + magnezit a Ca karbonáty.

Z pohľadu chemického zloženia má materiál eternitovej krytiny vysoký potenciál pre likvidáciu CO<sub>2</sub> karbonatizáciou, pretože obsah oxidov Ca + Mg (mimo Ca oxidu viazaného vo vstupe na kalcit) je 21,2 %. Vzorka popolčeka bola najmenej vyhovujúca, pretože obsahovala len 2,77 % týchto vhodných oxidov.

## ZÁVER

Cieľom výskumu bolo laboratórne preukázanie viazania sa plyného CO<sub>2</sub> do štruktúry nových produktov obsahujúcich uhličitanové a optimalizácia reakčných parametrov pri likvidácii CO<sub>2</sub> pomocou odpadových materiálov - popolčeka a trosky z energeticko-teplárenského priemyslu a azbestocementových strešných krytín ako nebezpečného odpadu z dávnejšieho stavebného priemyslu. Výsledkom metodiky umelej karbonatizácie s použitím týchto odpadov sú karbonáty (predovšetkým kalcit, aragonit a hydromagnezit), v mriežke ktorých je CO<sub>2</sub> fixovaný stabilnou väzbou s možnosťou ich environmentálne neškodného trvalého uskladnenia, či prípadného ďalšieho priemyselného využitia vo forme zrážaného CaCO<sub>3</sub>. Využitie prezentovaných laboratórnych výsledkov vo vysokotlakovom reaktore karbonatizáciou môže v blízkej budúcnosti prispieť k zníženiu množstva priemyselných emisií CO<sub>2</sub> (emitovaných) do ovzdušia, čo je dôležitým mitigačným opatrením a tiež k zníženiu množstva a k pozitívnej zmene vlastností skladovaných odpadových materiálov konkrétnych priemyselných odvetví, čím sa prispeje k ochrane životného prostredia ako celku.

## Podakovanie

Autori ďakujú za finančnú dotáciu Environmentálnemu fondu pri riešení projektu „Výskum likvidácie CO<sub>2</sub> pomocou odpadových materiálov z vybraných priemyselných odvetví“, na základe ktorého výsledkov prezentovaný príspevok vznikol. Autori súčasne ďakujú recenzentke Ing. Janke Szemesovej, PhD. za viaceré podnetné odborné postrehy, ktoré pomohli vylepšiť originálny manuskript príspevku.

## LITERATÚRA

- Andreani, M.–Luquot, L.–Gouze, P.–Godard, M.–Hoisé, E.–Gibert, B., 2009, *Experimental study of carbon sequestration reactions controlled by the percolation of CO<sub>2</sub>-rich brine through peridotites. Environmental Science and Technology*, 43 (4), 1226–1231.
- Arenillas, A.–Smith, K.M.–Drage, T.C.–Snape, C.E., 2005, *CO<sub>2</sub> capture using some fly ash-derived carbon materials. Fuel*, 84 (17), 2204–2210.

- Bacocchi, R.–Costa, G.–Bartolomeo, E.D.–Poletini, A.–Pomi, R., 2010, Carbonation of stainless steel slag as a process for CO<sub>2</sub> storage and slag valorization. *Waste and Biomass Valorization*, 1 (4), 467–477.
- Carcia, B.–Beaumont, V.–Perfetti, E.–Rouchon, V.–Blanchet, D.–Oger, P.–Dromart, G.–Huc, A.–Y.–Haeseler, F., 2010, Experiments and geochemical modelling of CO<sub>2</sub> sequestration by olivine: Potential, quantification. *Applied Geochemistry*, 25 (9), 1383–1396.
- Eloneva, S.–Puheloinen, E.–M.–Kanerva, J.–Ekroos, A.–Zevenhoven, R.–Fogelholm, C.–J., 2010, Co-utilisation of CO<sub>2</sub> and steelmaking slags for production of pure CaCO<sub>3</sub> – Legislative issues. *Journal of Cleaner Production*, 18 (18), 1833–1839.
- Gažo, J.–Kohout, J.–Serátor, M.–Šramko, T.–Zikmund, M., 1981, *Všeobecná a anorganická chémia*. Alfa Bratislava, 1–804.
- Golf, F.–Lackner, K.S., 1998, Carbon dioxide sequestering using ultramafic rocks. *Environ. Geosciences*, 5 (3), 89–101.
- Huijgen, W.J.J.–Witkamp, G.–J.–Comans, R.N.J., 2005, Mineral CO<sub>2</sub> sequestration by steel slag carbonation. *Environmental Science and Technology*, 39 (24), 9676–9682.
- Chel, A., 2009, Building integrated renewable energy technologies: Embodied energy, economic analysis and potential of CO<sub>2</sub> emission mitigation. *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 17 (2-3), 185–210.
- Lu, W.–J.–Guo, J.–W.–Cui, W.–H.–Chen, H.–H., 2009, Advances in production of precipitated calcium carbonate through CO<sub>2</sub> mineral sequestration by steel slag in acetic acid. *Xian-dai Huagong/Modern Chemical Industry*, 29 (2), 15–18.
- Mani, D.–Nirmal Charan, S.–Kumar, B., 2008, Assessment of carbon dioxide sequestration potential of ultramafic rocks in the greenstone belts of southern India. *Current Science*, 94 (1), 53–60.
- Mercedes Maroto-Valer, M.–Lu, Z.–Zhang, Y.–Tang, Z., 2008, Sorbents for CO<sub>2</sub> capture from high carbon fly ashes. *Waste Management*, 28 (11), 2320–2328.
- Olivares-Marin, M.–Drage, T.C.–Maroto-Valer, M.M., 2010, Novel lithium-based sorbents from fly ashes for CO<sub>2</sub> capture at high temperatures. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 4 (4), 623–629.
- Radvanec, M.–Tuček, L.–Čechovská, K.–Derco, J.–Kucharič, L., 2008, Permanent disposal of CO<sub>2</sub> industrial emission via artificial carbonatization of metaperidotite, metawehrlite and metawebsterite. *Slovak Geological Magazine*, 53–65.
- Santosh, K.R.–Aditya, K.P.–Sneha, R.–Ghosh, A.K., 2000, Clean coal technology to improve environmental quality and energy efficiency. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 57 (9), 267–274.
- Teir, S.–Kuusik, R.–Fogelholm, C.–J.–Zevenhoven, R., 2007, Production of magnesium carbonates from serpentinite for long-term storage of CO<sub>2</sub>. *International Journal of mineral processing*, 85 (1-3), 1–15.
- Teir, S.–Eloneva, S.–Fogelholm, C.–J.–Zevenhoven, R., 2009, Fixation of carbon dioxide by producing hydromagnesite from serpentinite. *Applied Energy*, 86 (2), 214–218.
- Tuček, L.–Čechovská, K.–Derco, J.–Németh, Z.–Radvanec, J.–Kucharič, L., 2008, CO<sub>2</sub> sequestration by carbonatization: Origin of new stable products using serpentinite and their potential use in industry. *Slovak Geological Magazine*, 67–72.
- Tuček, L.–Čechovská, K.–Derco, J.–Németh, Z.–Kovaničová, K.–Marček, M., 2009, *Správa o laboratórnych pilotných skúškach sekvestrácie CO<sub>2</sub> vo vysokotlakovom reaktore použitím vzoriek materiálov z prevádzok spoločnosti U.S. Steel Košice, s.r.o.* Manuskript – archív ŠGÚDŠ Bratislava, 1–18.
- Tuček, L.–Čechovská, K.–Derco, J.–Radvanec, M.–Kovaničová, L.–Németh, Z.–Marčeková, M., 2010, *Výskum likvidácie CO<sub>2</sub> pomocou odpadových materiálov z vybraných priemyselných odvetví*. Záverečná správa. Manuskript – archív Geofondu, 1–52.
- Uliasz-Bochenczyk, A.–Mokrzycki, E., 2006, Fly ashes from Polish power plants and combined heat and power plants and conditions of their application for carbon dioxide utilization. *Chemical Engineering Research and Design*, 84, (9 A), 837–842.
- Uliasz-Bochenczyk, A.–Piotrowski, Z., 2009, Impact of mineral carbonation on pollutants leachability. *Rocznik Ochrona Srodowiska*, 11 (1), 1083–1093.
- Uliasz-Bochenczyk, A., 2010, Mineral sequestration of CO<sub>2</sub> in suspensions containing mixtures of fly ashes and desulphurization waste. *Mineral Resources Management*, 26 (4), 109–118.
- Uliasz-Bochenczyk, A.–Cempa, M., 2010, A thermodynamic model of CO<sub>2</sub> sequestration in aqueous solutions of selected waste. *Mineral Resources Management*, 26 (4), 119–131.
- Wilson, S.A.–Dipple, G.M.–Power, I.M.–Trorm, J.M.–Anderson, R.G.–Raudsepp, M.–Gabites, J.E.–Southam, G., 2009, Carbon dioxide fixation within mine wastes of ultramafic-hosted ore deposits: Examples from the Clinton Creek and Cassiar Chrysotile deposits, Canada. *Economic Geology*, 104 (1), 95–112.
- Zhang, Y.–Maroto-Valer, M.M.–Tang, Z., 2004, Microporous activated carbons produced from unburned carbon in fly ash and their application for CO<sub>2</sub> capture. *ACS National Meeting Book of Abstracts*, 227 (1), pp. Fuel - 133.

# VPLYV VEGETÁCIE NA VEĽKOŠŤ PÔDNEJ RESPIRÁCIE NA KALAMITNÝCH PLOCHÁCH V TATRANSKOM NÁRODNOM PARKU

NORA MEZEIOVÁ<sup>1</sup>, JAROSLAV ŠKVARENINA<sup>1</sup>, PETER FLEISCHER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 54 Zvolen, nora.misikova@gmail.com, jarosk@vsld.tuzvo.sk

<sup>2</sup> Výskumná stanica a múzeum ŠL TANAPu, Tatranská Lomnica, 059 60 Vysoké Tatry, pflischer@lesytanap.sk

*A windstorm on November 19, 2004 in the High Tatra Mts. downed 12 000 ha comprising the wood volume of 2.3 mil m<sup>3</sup>. One of the largest windfall in history of central Europe initiated an extensive international ecological research. The research was performed on four types of habitats according to type of damage and management. At all sites soil respiration was measured every 7–14 days in growing season 2009 using a portable closed dynamic system with Vaisala CARBOCAP hand – held carbon dioxide meter GM70. Herbaceous vegetation influence soil environment, soil temperature and soil moisture. The soil respiration was highest on the plot with standing mature forest, which indicates high biological activity on this plot. At all our sites was observed soil respiration dependence on the vegetation.*

*Vetrová kalamita z 19. novembra 2004 vo Vysokých Tatrách postihla územie o veľkosti 12 000 ha zahrňujúc 2,3 mil. m<sup>3</sup> drevnej hmoty. Jedna z najväčších veterných kalamít v histórii strednej Európy podnietila rozsiahly medzinárodný ekologický výskum. Výskum sa koná na štyroch výskumných plochách vybraných podľa typu poškodenia a následného manažmentu. Na všetkých týchto lokalitách sme merali pôdnu respiráciu každých 7–14 dní počas vegetačnej sezóny 2009, a to použitím prenosného uzatvoreného systému s Vaisala CARBOCAP hand – held carbon dioxide meter GM70. Rastlinná vegetácia môže ovplyvňovať pôdne prostredie, teplotu pôdy a vlhkosť pôdy. Pôdna respirácia bola najvyššia na ploche so stojacim lesom, čo indikuje vysokú biologickú aktivitu na tejto ploche. Na všetkých plochách bola pozorovaná závislosť pôdnej respirácie od typu vegetácie.*

*Keywords: soil respiration, windthrow plot, TANAP, spruce forests*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vzhľadom na rozlohu lesov (40 mil. km<sup>2</sup>) a schopnosť dlhodobovo viazať uhlík majú lesné ekosystémy významné miesto v globálnom cykle uhlíka. Lesy viažu uhlík v živej biomase, rozkladajúcich sa zvyškoch organickej hmoty a v pôde. Boreálne lesy, kam často zaraďujú aj tatranské lesy, viažu až 3 t C.ha<sup>-1</sup> ročne. V posledných rokoch sa rizikom pre akumuláciu C v lesoch stáva narastajúca časová i priestorová škála disturbancií. Zvýšená mineralizácia organickej zložky pôdy spôsobuje uvoľnenie C do atmosféry. Doteraz však chýbajú poznatky o dynamike C po veľkoplošných prírodných katastrofách (Muray et al., 2000; Don et al., 2006).

Pôdy môžu prírodnými procesmi akumulovať a uvoľňovať značné množstvo uhlíka zahrňujúc ukládanie odpadu, dekompozíciu a respiráciu koreňov (Singh a Gupta, 1977; Raich a Schlesinger, 1992; Sundquist, 1993). Sú zaujímavé aj pri skúmaní zásob atmosférického CO<sub>2</sub>, a to z mnohých dôvodov. Pôdna organická hmota pozostáva z veľkého množstva zásob uhlíka, ktoré boli nedávno odhadované na ~ 1600 Pg (Eswaran et al., 1993), čo je viac ako dvojnásobok atmosférického CO<sub>2</sub> – C zásob. Zmeny zásoby C v pôde môžu preto významne ovplyvniť atmosférickú koncentrá-

ciu CO<sub>2</sub>. Všeobecne pôdny systém obsahuje trikrát viac uhlíka ako nadzemná biomasa (Schlesinger, 1990; Dixon a Turner, 1991). Okolo 470 Pg terestriálneho C je obsiahnutých v boreálnych, temperátnych a tropických lesných pôdach (Dixon et al., 1993).

### Pôdna respirácia

Tok uhlíka z pôdy do atmosféry nastáva primárne vo forme CO<sub>2</sub> a je výsledkom „pôdnej respirácie“. Pôdna respirácia reprezentuje kombinovanú respiráciu koreňov a pôdných mikro- a makro- organizmov. Odhady veľkosti tohto toku sú od 68 Pg C.rok<sup>-1</sup> (Raich a Schlesinger, 1992) do 100 Pg C.rok<sup>-1</sup> (Musselman a Fox, 1991), čo robí pôdnu respiráciu jedným z hlavných tokov C v globálnom cykle, druhým pre veľkú primárnu produkciu, ktorej rozsah sa odhaduje od 100 do 120 Pg C.rok<sup>-1</sup> (Houghton a Woodwell, 1989). Len malé zmeny v pôdnej respirácii môžu takto vyrovnať alebo prevýšiť ročný vstup CO<sub>2</sub> do atmosféry, cez zmeny využívania krajiny a/alebo spaľovanie fosílnych palív, a môžu signifikantne zhoršiť, alebo zmenšiť, atmosférický nárast CO<sub>2</sub>, s vyplývajúcou spätnou väzbou na klimatickú zmenu.

## Faktory ovplyvňujúce pôdnu respiráciu

Intenzita pôdnej respirácie je výsledkom kombinácie biotických, chemických a fyzikálnych procesov, ktoré zaberajú svoje miesto v pôde. Množstvo pôdnej respirácie ukazuje veľkú priestorovú a časovú variabilitu, obe v rámci a pozdĺž miest, ktoré sú len z časti ovplyvnené meteorologickými diferenciami (Hanson et al., 1993; Norman et al., 1997). Pôdna respirácia je kombinovaným tokom z koreňov a mikroorganizmov z rôznych hĺbok pôdy (organická povrchová vrstva a minerálne horizonty), niektoré faktory a ich interakcie ovplyvňujú množstvo pôdnej respirácie. Teplota pôdy a pôdna vlhkosť sú medzi najdôležitejšími faktormi riadiacimi tok  $\text{CO}_2$  (Raich a Schlesinger, 1992; Raich a Potter, 1995; Davidson et al., 1998). Potenciálne faktory ktoré ovplyvňujú priestorovú variabilitu toku  $\text{CO}_2$  z pôdy sú: topografia (Hanson et al., 1993), hustota koreňov alebo biomasy (Fang et al., 1998; Janssens et al., 1998; Stoyan et al., 2000); kvantita a kvalita pôdnej organickej hmoty (Scott-Denton et al., 2003); mikrobiálna biomasa (Scott-Denton et al., 2003); vegetačná charakteristika (Law et al., 2001); vzdialenosť od stromov a množstvo listového opadu (Fang et al., 1998; Stoyan et al., 2000; Law et al., 2001; Scott-Denton et al., 2003).

## MATERIÁL A METÓDY

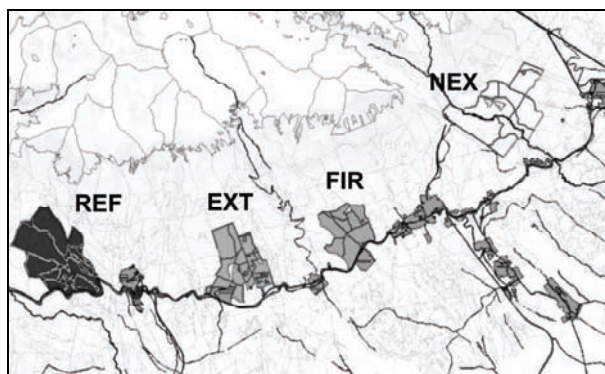
### Výskumné plochy

Vetrová kalamita v roku 2004 vyvrátila les s objemom 2,3 mil.  $\text{m}^3$  na ploche 12 000 ha. Časť územia bola ponechaná bez spracovania z dôvodov ochrany prírody a potreby vedeckého sledovania manažovaného a nemanáženého pokalamitného vývoja horských smrekových lesov. V spolupráci s Max Planck Institute of Biometeorology (Jena, Nemecko), Univerzity Tuscia (Taliano) a CNR Institute of Biometeorology (Firenze, Taliansko) boli vybrané tri lokality ako modelové územie na sledovanie uhlíkového cyklu po veľkoplošnom rozvrate lesných porastov. Tieto plochy sa stali východiskom pre systematický interdisciplinárny výskum, ktorý sa pod gesciou Výskumnej stanice ŠL TANAP organizuje od roku 2006.

Výskumné objekty boli starostlivo vybrané s prihliadnutím na reprezentatívnosť, porovnateľnosť, výmeru, dostupnosť a doterajšie výskumné aktivity (Obr. 1) (Fleischer, 2008).

Obrázok 1. Zobrazenie výskumných objektov (Fleischer, 2008).

Figure 1. Presentation of research plots (Fleischer, 2008).



Boli založené štyri výskumné objekty každý s rozlohou 100 hektárov podľa druhu poškodenia a následného manažmentu:

- REF - kalamitou nepostihnuté objekty – tento objekt sa nachádza nad Vyšnými Hágami, slúži ako referenčný,
- FIR - kalamita čiastočne spracovaná a následne postihnutá požiarom,
- EXT - kalamita spracovaná, drevná hmota tu bola extrahovaná, následné zalesňovanie,
- NEX - kalamita ponechaná na samovývoj.

Prírodné podmienky všetkých štyroch plôch sú takmer identické, ich stručná charakteristika sa nachádza v Tab. 1 (Fleischer, 2008).

### Meranie pôdnej respirácie

Pôdnu respiráciu meriame manuálne gazometrickou metódou s uzavretým systémom a IRGA sondou, a to pomocou CARBOCAP Hand-Held Carbon Dioxide Meter GM70 od firmy Vaisala (Obr. 2). Prístroj funguje na princípe schopnosti infračerveného žiarenia (IR) absorbovať molekuly  $\text{CO}_2$ , a na základe množstva molekúl stanovuje koncentráciu  $\text{CO}_2$  v analyzovanej vzorke vzduchu.

Na meracej sonde  $\text{CO}_2$  nastavujeme korekciu pre teplotu v  $^{\circ}\text{C}$  a tlak vzduchu v mb, ktoré zisťujeme pri každom meraní (pomocou teplomeru Radelkis, Barometra Suunto, Finland). Koncentráciu  $\text{CO}_2$  sonda meria v ppm (parts per million) a môžeme ju zobrazit' na displeji v číselnej alebo grafickej forme.

Tabuľka 1.

### Všeobecná charakteristika výskumných objektov.

Table 1.

### General characteristic of research plots.

	EXT	NEX	FIR	REF
výška veže [m n.m.]	1260	1100	1065	1210
výška od – do [m n.m.]	1040 – 1260	1050 – 1150	1000 – 1200	1100 – 1250
expozícia	J	JV-J	JV	JV
sklon %	10	5 – 10	5 – 10	10 – 20
skupina lesných typov	Smrekovcové smrečiny ( <i>Lariceto-piceetum</i> )			
zastúpenie drevín pred kalamitou	smrek 90 % smrekovec 10 %	smrek 70 % smrekovec 10 % borovica 20 %	smrek 70 % smrekovec 30 %	smrek 80 % smrekovec 20 %
zakmenenie pred kalamitou	7	2/5/1	6/1	7/2
vek porastu pred kalamitou	80	125/60/25	80	120/25
pôda	kambizem podzolovaná			
substrát	morena d-m	morena w	polygen sute d-m	morena m-r

**Obrázok 2. Meracia sonda CARBOCAP Hand-Held Carbon Dioxide Meter GM70 od firmy Vaisala.**

Figure 2. Measuring probe CARBOCAP Hand-Held Carbon Dioxide Meter GM70 from firm Vaisala.



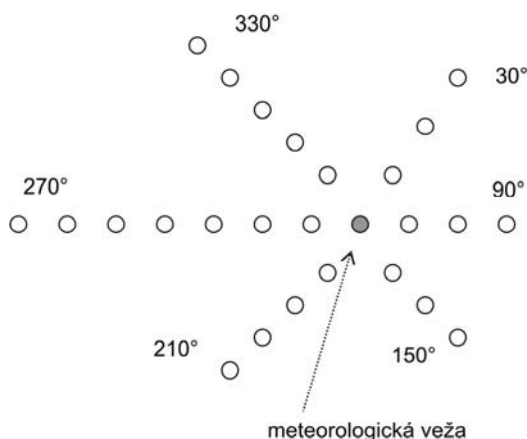
**Obrázok 3. Spodná časť bezodnej komory na meranie pôdnej respirácie, trvalo osadená na výskumnej ploche.**

Figure 3. Bottom part of plumbless chamber for measuring soil respiration, which is permanent installed on the research plot.



**Obrázok 4. Schéma rozmiestnenia meracích bodov na výskumných plochách.**

Figure 4. Diagram of measuring points placement on the research plots.



**Obrázok 5. Uzatvorená komora počas merania pôdnej respirácie.**

Figure 5. Enclosed chamber during measurement of soil respiration.



Pri meraní používame bezodné komory, ktoré sa skladajú z trvalo osadených kruhov (valcov) s priemerom 30 cm a výškou 20 cm, ktoré sú spodným okrajom zapustené do zeme asi 10 cm. (Obr. 3). Tieto valce sú z tmavého, nepriehľadného PVC, keďže materiál musí byť nepriepustný, nereaktívny a nesmie byť zásobárňou alebo zdrojom CO<sub>2</sub>.

Takto sú valce stabilne umiestnené na všetkých výskumných plochách, vždy pri meteorologickej stanici. Od nej sú inštalované v líniah každých 60° a v 10 metrových vzdialenostiach, v niektorých líniah až do 70 metrov (Obr. 4). Druhou súčasťou bezodných komôr je vrch komory, ktorý je z toho istého materiálu, s priemerom 30 cm a výškou 15 cm (Obr. 5). Na styčnej hrane je tesnenie pre dôkladné uzavretie týchto dvoch častí komory. Do stredu vrchnej časti komory vkladáme sondu prístroja Vaisala CARBOCAP Hand – Held Carbon Dioxide Meter GM70.

Vo vrchnej časti komory je tiež inštalovaný malý ventilátor, ktorý zabezpečuje premiešavanie vzorky vzduchu v komore, keďže pri meraní toku CO<sub>2</sub> z pôdy v tomto

uzavretom gazometrickom systéme môže dochádzať ku vzniku gradientu koncentrácie CO<sub>2</sub> v komore.

Tlak v komore bol s okolitým prostredím vyrovnávaný pomocou 20 cm dlhjej teflónovej trubičky s priemerom 4 mm, keďže pri meraní toku CO<sub>2</sub> z pôdy môže dochádzať k rozdielom tlaku vzduchu medzi komorou a jej okolím.

Len čo je komora umiestnená na pôde, koncentrácia v priestore komory sa začne meniť. Komora uzavretá nad pôdou vyvoláva zmeny gradientu koncentrácie CO<sub>2</sub> v pôdnom profile a medzi pôdou – atmosférou a priestorom komory. Minimalizovanie času, keď je komora uzavretá minimalizuje vplyvy spôsobené zmenou gradientu koncentrácie CO<sub>2</sub>. Prudký nárast nastáva krátko po uzavretí komory na pôde ako výsledok malého tlakového rozdielu a iných narušení, v čase keď sa komora ukladá na miesto. Potom je zvyčajne pozorovaný takmer lineárny nárast koncentrácie CO<sub>2</sub>. Keď je sklon lineárnej regresie použitý do kalkulácie toku, vplyv zmeny difúzneho gradientu môžeme zanedbať.

Pôdnu respiráciu sme merali približne 10 minút, pričom sa hodnoty koncentrácie CO<sub>2</sub> zaznamenávajú každých 5 sekúnd. Pri meraní sme sa zamerali len na pôdnu respiráciu, preto vyrastajúcu vegetáciu sme vždy pred meraním vystrihli. Merania sme uskutočňovali na piatich bodoch raz za 7–14 dní, počas vegetačnej sezóny 2009.

Tok CO<sub>2</sub> z pôdy sme z nameraných hodnôt rastu koncentrácie vypočítali zo stavovej rovnice pre plyny:

$$F_{cs} = \frac{aPVS_m}{RTA},$$

kde:  $V$  je objem komory (m<sup>3</sup>),  $A$  je plocha pôdy zakrytá komorou (m<sup>2</sup>),  $S_m$  je prírastok koncentrácie CO<sub>2</sub> (mol C mol<sup>-1</sup> suchého vzduchu s<sup>-1</sup>) v priestore komory počas merania,  $T$  je teplota vzduchu v komore (K) počas merania v každej komore,  $P$  je atmosférický tlak (Pa),  $R$  je univerzálna plynová konštanta (8,314 J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>). Korekčný faktor  $a$  je založený na stratách CO<sub>2</sub> z priestoru komory počas merania z príčin adsorpcie na stenách komory, úniky cez tesnenie komory.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rastlinná vegetácia môže ovplyvňovať pôdne prostredie. Rastlinný povrch mení teplotu pôdy a podmienky vlhkosti pôdy, a tieto vplyvy sú rozličné pozdĺž vegetačných typov (Gates, 1980 ex. Raich et al., 2000). Teplota vzduchu vo vegetačnom období v roku 2009 bola v priemere 0,4 °C nad dlhodobým priemerom. Medzi jednotlivými kalamitnými plochami boli zaznamenané len minimálne rozdiely v teplote okrem referenčnej plochy, kde priemerná teplota počas vegetačného obdobia bola o 2 °C nižšia ako na ostatných kalamitných plochách (Fleischer, 2009).

Viacero autorov uvádza pozitívnu koreláciu medzi teplotou a pôdnu respiráciou (Singh a Gubta, 1977; Lloyd

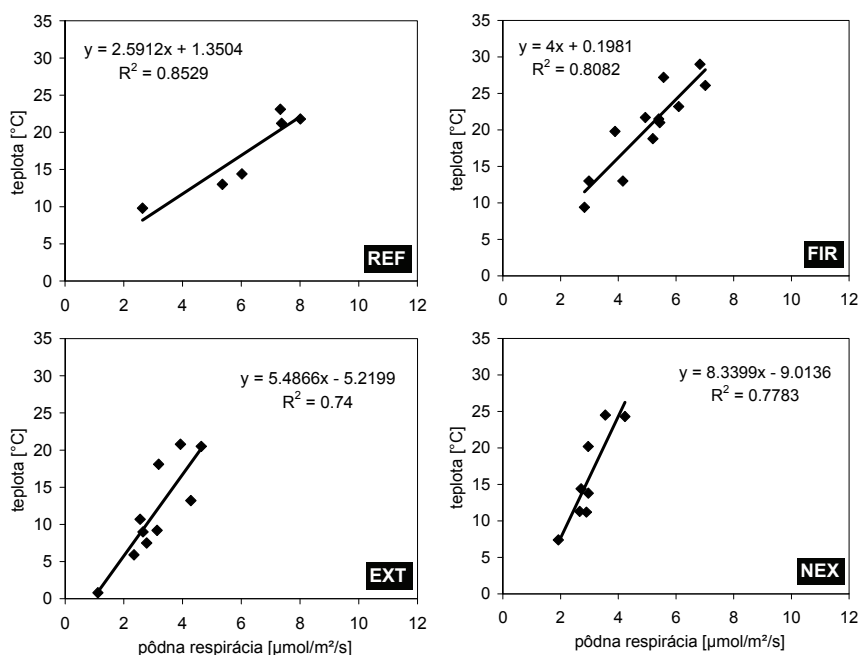
a Taylor 1994; Pavelka et al., 2007). Na všetkých našich plochách môžeme vidieť, počas sezóny 2009, koreláciu medzi pôdnu respiráciou a teplotou vzduchu v komore (Mišíková et al., 2009; Fleischer, 2009). Pribeh pôdnej respirácie a teploty na jednotlivých plochách je znázornený na Obr. 6. Koeficient korelácie na jednotlivých plochách REF, EXT, FIR, NEX v tomto poradí bol  $r^2=0,85$ ;  $r^2=0,74$ ;  $r^2=0,81$ ;  $r^2=0,78$ .

Na referenčnej ploche sa v porovnaní s ostatnými plochami neudiali veľké zmeny. V bylinnej etáži sú zastúpené pôvodné druhy typické pre smrekovcové smrečiny *Lariceto-piceetum* (*Picea abies* (smrek obyčajný), *Larix decidua* (smrekovec opadavý), *Sorbus aucuparia* (jarabina vtáčia), *Vaccinium myrtillus* (čučoriedka obyčajná), *Avenella flexuosa* (metluška krivolaká), *Calamagrostis villosa* (smlz chĺpkatý), *Maianthemum bifolium* (tôňovka dvojlistá), *Luzula sylvatica* (chlpaňa lesná), *Oxalis acetosella* (kyslička obyčajná), *Vaccinium vitis-idaea* (brusnica pravá), *Dryopteris dilatata* (papraď rozložená), *Melampyrum sylvaticum* (čermel' lesný)). Bohaté je zastúpenie machorastov, ktoré sa na ostatných plochách postihnutých kalamitou nevyskytujú alebo len ojedinele: *Ptilium crista-castrensis* (perovec hrebeňovitý), *Polytrichum commune* (ploník obyčajný), *Dicranum montanum* (dvojhrot chvostovitý), *Hylocomium species* (druh rakytník), *Plagiomnium affine* (merik príbuzný).

Na lokalite REF sme najvyššie hodnoty pôdnej respirácie zistili v zapojenej časti porastu, bez vegetácie. Naopak, najnižšie hodnoty boli pravidelne merané v porastovej medzere s porastom *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa* (metlička krivolaká) a machov (*Pleurozium schreberi* (porastník schreberov), *Dicranum scoparium*) (Fleischer, 2009). Toto potvrdzuje aj graf pôdnej respirácie počas vegetačnej sezóny v roku 2009 (Obr. 7).

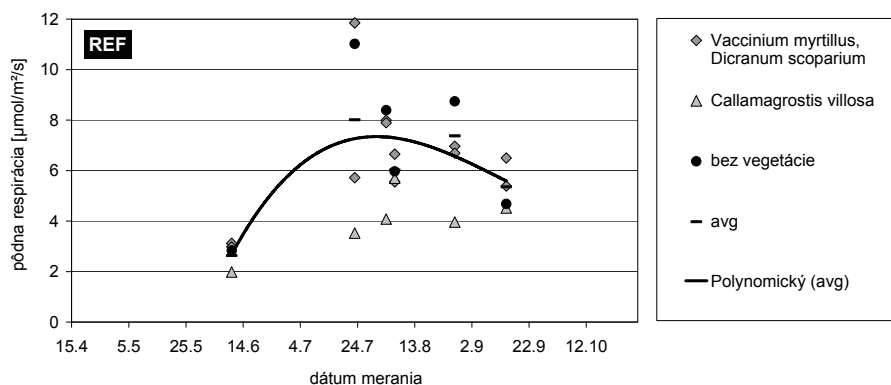
**Obrázok 6.**  
Závislosť pôdnej respirácie a teploty na jednotlivých plochách REF, EXT, FIR a NEX.

Figure 6.  
Dependence of soil respiration and temperature on research plots REF, EXT, FIR and NEX.



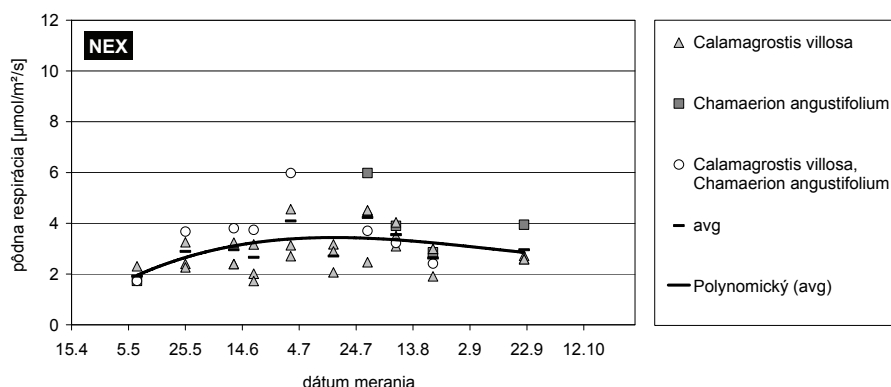
**Obrázok 7.**  
**Pôdna respirácia počas sezóny 2009 na ploche referenčného lesa (REF) podľa typu vegetácie.**

Figure 7.  
 Soil respiration during season 2009 on the reference forest plot (REF) according to vegetation.



**Obrázok 8.**  
**Pôdna respirácia počas sezóny 2009 na ploche ponechanej na samovývoj (NEX) podľa typu vegetácie.**

Figure 8.  
 Soil respiration during season 2009 on the plot without management (NEX) according to vegetation.



Ak porovnáme plochu s nespracovanou kalamitou (NEX) s referenčnou, môžeme povedať, že je druhovým zložením bylinnej synúzie najviac podobná aj napriek tomu, že druhová diverzita narastla výraznejšie, a to zo 14 na 26 druhov v priebehu rokov 2005–2009 (Chovancová, 2010). Chovancová (2010) ďalej uvádza, že z pôvodných druhov boli v r. 2005 zaznamenané, napr. *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Maianthemum bifolium*, *Luzula luzuloides* (chlpaňa hájna), *Luzula sylvatica*, *Oxalis acetosella*, *Dryopteris dilatata*. Zachovali sa tu aj machorasty: *Plagiothecium laetum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium* (dvojhrot chvostovitý), *Hylocomium splendens*. V prvom roku mala *Vaccinium myrtillus* najvyššiu pokrývnosť, ktorú si udržiavala až do roku 2007. V priebehu rokov 2006–2008 na skúmanej ploche výrazne narastla pokrývnosť *Calamagrostis villosa*, ktorá sa tak stala najvýznamnejšou dominantou. V roku 2009 sa výrazne zvýšila pokrývnosť *Chamaerion angustifolium* (kyprina úzkolistá), ktorá vyššou konkurenčnou schopnosťou spôsobila pokles pokrývnosti druhu *Calamagrostis villosa*, ktorý ešte stále najviac prevláda na tejto ploche.

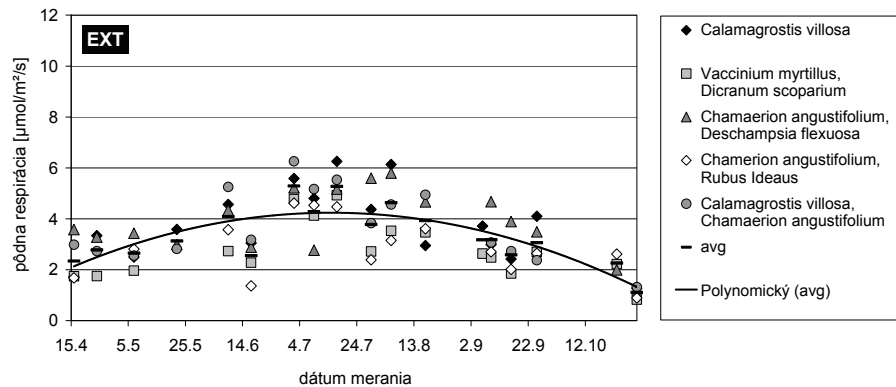
Naše body, na ktorých sme merali pôdnu respiráciu, prevažne obklopovala *Callamagrostis villosa*, čo mohlo spôsobiť nízku variabilitu pôdnej respirácie medzi jednotlivými bodmi (Obr. 8). Výnimku tvoril bod, v okolí ktorého prevládala *Chamaerion angustifolium*, kde sa to, tak ako aj na ostatných kalamitných plochách, prejavilo väčšou pôdnu respiráciou. V sezónnom chode pôdnej respirácie môžeme tiež vidieť, že pri bode, kde sa vyskytovala *Calamagrostis villosa* spolu s *Chamaerion angustifolium*, sú hodnoty pôdnej respirácie nad priemerom.

Na ploche EXT sa pohybovali rôzne ťažbové mechanizmy, čo dôsledkom bolo väčšie narušenie povrchu pôdy, čo umožnilo sukcesiu ruderalných druhov, ktoré na predošlých plochách chýbajú: *Cirsium eriophorum* (pichliač bielo hlavý), *Cirsium arvense* (pichliač roľný), *Hypericum maculatum* (ľubovník škvrnitý), z lesných druhov *Viola reichenbachiana* (fialka lesná), *Carex digitata* (ostrica prstnatá). Napriek tomu, je druhová diverzita nižšia ako na referenčnej ploche (Chovancová, 2010). Najexpanzívnejším druhom je dominantná *Calamagrostis villosa*. V roku 2005 sa na ploche vyskytovali aj machorasty. Tieto druhy pôvodného lesa v ďalšom roku vymizli. Príčinou je zmena svetelných pomerov, a s tým súvisiaci nárast diverzity a pokrývnosti typických druhov otvorených plôch. Avšak v roku 2008 sa tu opäť objavuje *Dicranum scoparium* a nový druh *Plagiommium affine*, ktorý je aj charakteristickým druhom referenčnej plochy. V roku 2009 tu výrazne narastla pokrývnosť *Chamaerion angustifolium*, *Avenella flexuosa* a zaznamenali sme pokles pokrývnosti *Calamagrostis villosa* (Chovancová, 2010).

Na ploche s odstránenými kalamitnými zvyškami EXT meracie body boli obklopené rôznym typom vegetácie, no napriek tomu rozdiely pôdnej respirácie medzi jednotlivými bodmi nie sú tak výrazné ako na ostatných výskumných plochách (Obr. 9). Nižšie hodnoty (oproti priemeru) pôdnej respirácie boli merané na bode, ktorý bol obrastený *Vaccinium myrtillus* a *Dicranum scoparium*. Vyššie hodnoty oproti priemeru boli zaznamenané na bode, v okolí ktorého rástla *Calamagrostis villosa* (Fleischer, 2009).

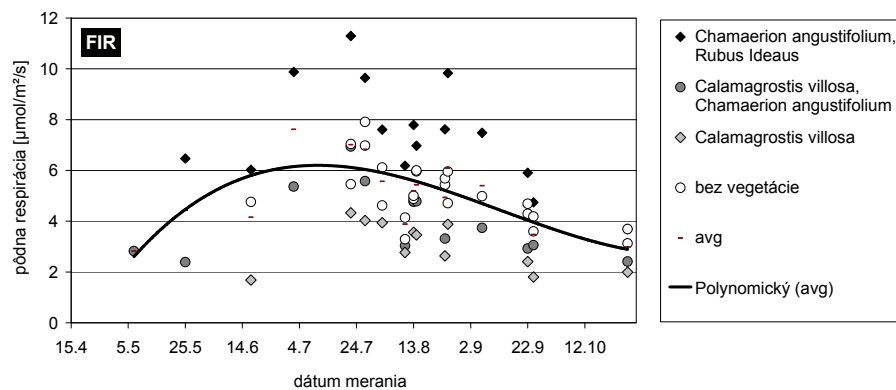
**Obrázok 9.**  
**Pôdna respirácia v sezóne 2009 na ploche so spracovanou kalamitou (EXT) podľa typu vegetácie.**

Figure 9.  
 Soil respiration in season 2009 on the plot with cleared windthrow (EXT) according to vegetation.



**Obrázok 10.**  
**Pôdna respirácia počas sezóny 2009 na ploche postihnutej požiarom (FIR) podľa typu vegetácie.**

Figure 10.  
 Soil respiration during season 2009 on the burnt plot (FIR) according to vegetation.



Plocha FIR bola postihnutá požiarom, následkom čoho boli zničené nadzemné časti orgánov rastlín a drevín. Avšak už pár dní po požiari sa začali regenerovať druhy, ktoré požiar prežili (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Luzula luzuloides*, *Populus tremula* (topoľ osikový), *Calamagrostis arundinacea* (smlz trst'ovníkovitý)). V rokoch 2005–2009 sa na tejto ploche ukázal najvýraznejší nárast druhovej diverzity, počet druhov sa zvýšil z 8 až na 26 druhov (Chovancová, 2010). Vplyvom obohatenia pôdy o živiny (dusík) požiarom a presvetlením plochy začali na plochu od roku 2006 pristupovať typické humideštruktívne druhy ako: *Taraxacum officinale* (púpava lekárska), *Urtica dioica* (přhl'ava dvojdomá), *Chamaerion angustifolium*, *Rubus idaeus* (ostružina malinováň, *Senecio nemorensis* agg. (starček hájny), *Senecio sylvaticus* (starček lesný), *Epilobium montanum* (vrbovka horská), *Mycelis muralis* (šalátovka múrová). Všetky tieto druhy si počas týchto rokov udržiavali nízku, alebo mierne narastajúcu pokrývnosť, čo je dôsledok mohutného nárastu denzity a konkurenčnej schopnosti *Chamaerion angustifolium* v rozpätí rokov 2007–2008.

Na ploche FIR sa ešte stále nachádzali plôšky bez vegetácie, na ktorých pôdna respirácia dosahovala priemerné hodnoty (Obr. 10). Zaujímavosťou je, že plôšky bez vegetácie mali priemerné hodnoty pôdnej respirácie a nie najnižšie, ako by sa dalo vo vzťahu k vegetácii predpokladať (nízke hodnoty autotrofnej respirácie). Aj Gömöryová

(2008) uvádza, že najnižšie hodnoty pôdnej respirácie namerali na lokalitách s nízkou pokrývnosťou (pokrývnosť 10 %) a najvyššie hodnoty pôdnej respirácie namerali na miestach s vysokou pokrývnosťou bylinnej vrstvy (80–100 %). Gömöryová (2008) ďalej uvádza, že vysoké alebo nízke hodnoty CO<sub>2</sub> môžu súvisieť s kvalitou a množstvom bylinného opadu. Množstvo organického materiálu, ktoré prichádza na pôdu odumretím prízemnej vegetácie, môže byť značné, dokonca môže prevýšiť opadanku drevín (Šály, 1998). Najvyššie hodnoty boli trvalo merané na meracom bode, v ktorého tesnom okolí sa nachádzali *Chamaerion angustifolium* a *Rubus idaeus* a najnižšie hodnoty boli trvalo merané na meracom bode, v ktorého tesnom okolí rástla *Calamagrostis villosa* (Fleischer, 2009).

Raich et al. (2000) uvádza, že výsledok pozorovaných rozdielov v pôdnej respirácii pozdĺž rastlinných spoločenstiev môže byť často pripisovaný ovplyvňovaniu mikroklimy rastlinami. Korene rastlín však významne prispievajú k pôdnej respirácii. V teplotnej zóne je odhadovaný podiel z celkovej pôdnej respirácie, ktorý pochádza z respirácie živých koreňov v rozmedzí 33–50 % v listnatých lesoch (Nakane, 1980 ex. Raich et al., 2000; Bowden et al., 1993 ex. Raich et al., 2000), 35–62 % v ihličnatom lese (Nakane et al., 1983 ex. Raich et al., 2000; Striegl a Wickland 1998 ex. Raich et al., 2000; Ewel et al., 1987 ex. Raich et al., 2000) a od 17 do 40 % v trávnych porastoch (Coleman, 1973 ex. Raich et al., 2000; Herman, 1977 ex. Raich et al., 2000).



## ZÁVER

Výskum pre túto prácu sa uskutočnil na štyroch rôznych výskumných plochách, založených po vetrovej kalamite z 19. novembra 2004. Tieto plochy boli založené s ohľadom na poškodenie a následný manažment danej lokality. Porovnávacou plochou bola referenčná plocha REF (stojaci referenčný les). Na základe diferencovaného manažmentu kalamitou postihnutého územia, boli vybrané tri lokality EXT so spracovanou kalamitou (Danielov Dom), NEX s ponechanou kalamitou a bez ďalšieho spracovania (pri Tatranskej Lomnici) a po požiari v auguste 2005 pribudla ďalšia plocha spáleniska FIR (pri Tatranských Zruboch).

Rastlinná vegetácia môže ovplyvňovať pôdne prostredie, teplotu pôdy a vlhkosť pôdy. Na všetkých štyroch výskumných plochách počas sezóny 2009 sme zistili koreláciu medzi pôdnou respiráciou a teplotou pôdy. Na lokalite REF sme zistili najvyššie hodnoty pôdnej respirácie v zapojenej časti porastu, bez vegetácie. Naopak najnižšie hodnoty boli pravidelne merané v porastovej medzere s porastom *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*, a ďalších bylín a machov. Plocha NEX bola bylinným zložením najpodobnejšia ploche REF s výraznejším prejavom sukcesie. Naše body na meranie pôdnej respirácie obklopovala prevažne *Calamagrostis villosa*, okrem jedného bodu, v okolí ktorého sa vyskytovala *Chamaerion angustifolium*, čo sa prejavilo vyššou pôdnou respiráciou. Aj na ploche FIR boli trvalo zaznamenávané najvyššie hodnoty pôdnej respirácie na bodoch, kde sa vyskytovala *Chamaerion angustifolium*. Na ploche EXT to bola *Calamagrostis villosa*, ktorá rástla v okolí bodu, kde sme zaznamenali najvyššiu pôdnu respiráciu.

## Podakovanie

Autori ďakujú za podporu projektu VEGA MŠ SR č. 1/0642/10, 1/0281/11 a 1/0642/10.

## LITERATÚRA

- Davidson, E.A.–Belk, E.–Boone, R.D., 1998, Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global Change Biology* 4, 217–227.
- Dixon, R.K.–Turner, D.P., 1991, The global climate cycle and climate change: responses and feedbacks from below-ground systems. *Environmental Pollut.* 72, 245–262.
- Dixon, R.K.–Winjum, J.K.–Schroeder, P.E., 1993, Conservation and sequestration of carbon: the potential of forest and agroforest management practices. *Global Environmental Change* 3, 159–173.
- Don, A.–Fraubauer, A.–Barwolf, A.–Nebelunc, K.–Schrumpf, M.–Schulze, E.D., 2006, C and N cycling on soils after a wind throw in the High Tatra Mts. Poster. *Book of abstracts. Open Science Conference, The CHG cycle in Northern Hemisphere, Sissi Lasithi, Crete*, p. 210.
- Fang, C.–Moncrieff, J.B.–Gholz, H.L., 1998, Soil CO<sub>2</sub> efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. *Plant Soil* 205, 13–146.
- Fleischer, P., 2008, Windfall research and monitoring in the High Tatra Mts., objectives, principles, methods, and current status. In: *Contribution to Geophysics and Geodesy* 38/3, 233–248.
- Fleischer, P., 2009, Selected climated conditions in 2009 on the windfall. In: Homolová, Z., Fleischer, P. (eds.): *Pokalamitný výskum v TANAPe 2009, Zbornik prezentácií zo IV. seminára, VS ŠL TANAPu*.
- Fleischer, P.–Mišíková, N., 2009, CO<sub>2</sub> fluxes and soil respiration after windfall 2004 in the High Tatra Mts. In: *Zbornik príspevkov: „Pokalamitný výskum v TANAP-e 2009“, VS ŠL TANAPu, Tatranská Lomnica* 6. 10. 2009.
- Gömöryová, E.–Tužinský, L., 2008, Zmeny výdaja CO<sub>2</sub> pôdnymi mikroorganizmami pozdĺž výškového transektu. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): *Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině, Mikulov* 9–11. 9. 2008.
- Hanson, P.J.–Wullschlegel, S.D.–Bohman, S.A.–Todd, D.E., 1993, Seasonal and topographic patterns of forest floor CO<sub>2</sub> efflux from an upland oak forest. *Tree Physiology* 13, 1–15.
- Houghton, R.A.–Woodwell, G. M., 1989, Global climate change. *Scientific American* 260, 36–44.
- Chovancová, G., 2010, Sukcesné zmeny lesnej vegetácie po vetrovej kalamity vo Vysokých Tatrách. *Dizertačná práca. LF TU Zvolen*. 134 s.
- Janssens, I.A.–Barigah, S.–Ceulemans, R., 1998, Soil CO<sub>2</sub> efflux rates in different vegetation types in French Guiana. *Annals of Forest Science* 55, 1–10.
- Law, B.E.–Kelliher, F.M.–Baldocchi, D.D.–Anthoni, P.M.–Irvine, J.–Moore, D.–Van Tuyl, S., 2001, Spatial and temporal variation in respiration in a young ponderosa pine forest during a summer drought. *Agricultural and Forest Meteorology* 110, 27–43.
- Lloyd, J.–Taylor, J.A., 1994, On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology* 8, 315–323.
- Mišíková, N.–Fleischer, P.–Škvarenina, J., 2009, The dependence of soil respiration on soil temperature on the windfall area in Tatra National Park. In: Pribullová, A., Bičárová, S. (eds.): *Sustainable development and bioclimate (Reviewed conference proceedings)*. 5–8. 10. 2009 *Stará Lesná*.
- Musselman, R.C.–Fox, D.G., 1991, A review of the role of temperate forests in the global CO<sub>2</sub> balance. *Journal of the Air and Waste Management Association* 41, 798–807.
- Murray, B.C.–Prisley, S.P.–Birdsey, R.A.–Sampson, R.N., 2000, Carbon sink in the Kyoto Protocol – potential relevance for us foresters. *J. For.*, 6–11.
- Norman, J.M.–Kucharik, C.J.–Gower, S.T.–Baldocchi, D.D.–Crill, P.M.–Rayment, M.B.–Savarage, K.–Striegl, R.G., 1997, A comparison of six methods for measuring soil – surface carbon dioxide fluxes. *Journal of Geophysical Research* 102, 28773–28777.
- Pavelka, M.–Acosta, M.–Marek, M.V.–Kutsch, W.–Janouš, D., 2007, Dependency of the Q<sub>10</sub> values on the depth of soil temperature measuring point. *Plant and Soil*, 292, 171–179.
- Raich, J.W.–Schlesinger, W.H., 1992, The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. In: *Tellus* 44B, 81–99.
- Raich, J.W.–Potter, Ch.P., 1995, Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. In: *Global biogeochemical cycles* 9, 23–36.

- Raich, J.W.–Tufekcioglu, A., 2000, Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. In: Biogeochemistry 48, 71–90.*
- Scott-Denton, L.E.–Sparks, K.L.–Monson, R.K., 2003, Spatial and temporal controls of soil respiration rate in a high – elevation, subalpine forest. Soil Biology and Biochemistry 35, 525–534.*
- Schlesinger, W.H., 1990, Evidence from chronosequence studies for a low carbon – storage potential of soils. Nature 348, 232–234.*
- Singh, J.S.–Gubta, S.R., 1977, Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. The Botanical Review 43, 449–528.*
- Stoyan, H.–De-Polli, H.–Böhm, S.–Robertson, G.P.–Paul, E.A., 2000, Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale. In: Plant and Soil 222, 203–214.*
- Sundquist, E., 1993, The global carbon dioxide budget. Science 259, 934–941.*
- Šály, R., 1998, Pedológia. TU Zvolen. 177s.*

# VPLYV VYBRANÝCH FAKTOROV POČASIA NA VÝVOJ VLHKOSTI ENERGETICKÝCH ŠTIEPOK PRI ICH SKLADOVANÍ

JOZEF SUCHOMEL<sup>1</sup>, JÁN HORÁK<sup>2</sup>, BERNARD ŠIŠKA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Katedra lesnej ťažby a mechanizácie, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, suchomel@vsl.d.tuzvo.sk

<sup>2</sup> Katedra biometeorológie a hydrológie, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, jan.horak@uniag.sk

<sup>3</sup> Katedra ekológie, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Mariánska 10, 949 01 Nitra, bernard.siska@uniag.sk

*Present economy situation in the field of energy production in Slovakia leads to more frequent discussions about the possibilities of forest biomass as an alternative source of energy. Within the context of forest biomass as alternative fuel it is necessary to deal with the problem of wood chips storage and the influence of storage on the degradation of the biomass (wood chips). The aim of this report is to evaluate the influence of chosen weather factors on the moisture level of wood chips during their storage period. Wood chips from different wood species were analyzed: Common Aspen (*Populus tremula*), Common Beech (*Fagus sylvatica*) and Spruce (*Picea Abies*). From each wood species fresh biomass, biomass stored in a half shaded area and biomass stored on a grass field (open area) were used for the chips production. The measurement of relative moisture was performed by means of sample drying. The ambient relative humidity influenced the course of the relative humidity of Aspen samples coming from the top of the pile. The influence on beech chips was less substantial and trivial on spruce chips.*

*Aktuálna situácia v hospodárení v sfére energetiky na Slovensku speje k čoraz častejším diskusiám o možnostiach využívania drevných biomasy ako alternatívneho zdroja energie. V súvislosti s využívaním drevných štiepok na energetické účely je potrebné riešiť otázku skladovania štiepok a analyzovať vplyv skladovania na ich degradáciu. Cieľom príspevku je vyhodnotiť vplyv vybraných faktorov počasia na vývoj vlhkosti energetických štiepok pri ich skladovaní. Predmetom analýzy boli štiepky vyrobené z drevin: topoľ osikový (os), buk lesný (bk), smrek obyčajný (sm). Z každej dreviny bola na výrobu štiepok použitá biomasa uskladnená v polotieni, na lúke a čerstvá biomasa. Meranie relatívnej vlhkosti bolo realizované metódou sušenia vzoriek. Relatívna vlhkosť vzduchu ovplyvňovala priebeh relatívnej vlhkosti štiepok najmä v hornej časti hromád dreviny topoľ osikový. Menej významná závislosť sa prejavila u štiepok vyrobených z dreviny buk a triviálna u štiepok vyrobených z dreviny smrek.*

**Keywords:** biomass, wood chips storage, chosen weather factors, relative moisture

## ÚVOD

V súvislosti s cieľom Slovenska splniť požiadavky Kjótskeho protokolu, čoraz častejšími katastrofami v dôsledku nepriaznivých prírodných činiteľov, rastúcim podielom náhodných ťažieb, zvyšovaním cien energie a samozrejme klesajúcimi zásobami zdrojov fosílnych palív, bude narastať dopyt a spotreba obnoviteľných zdrojov energie. Drevo má v súčasnosti v rámci využívania biomasy veľký význam. Vidiek disponuje na základe prirodzených podmienok dôležitým potenciálom pre využívanie dreva ako energetického nosiča v rôznych jeho formách (Lieskovský a kol., 2004). Riešeniu otázky skladovania drevných štiepok využívaných na energetické účely sa preto venuje, a v budúcnosti bude venovať, čoraz väčšia pozornosť (Suchomel a Belanová, 2009; Suchomel a kol., 2009; Lieskovský a kol., 2009).

Dlhodobé skladovanie energetických štiepok prináša aj požiarno-bezpečnostné riziká. Štiepky na energetické využitie sa môžu uskladňovať na voľnej hromade bez preskladovania najviac 60 dní. V hromade štiepok je potrebné vykonávať merania teploty v hĺbke 1,5 m minimálne raz

za deň, pričom ak teplota v hromade prekročí 50 °C alebo ak sa zvyšuje teplota o viac ako 3 °C za 24 hodín, musia sa štiepky a piliny prehádzať alebo rozhrnúť (Trenčiansky a kol., 2007).

Medzi najlacnejšie varianty skladovania energetických štiepok patrí skladovanie na voľnej ploche. Je to zároveň najjednoduchší spôsob, avšak vplyv poveternostných podmienok je najpreukázateľnejší. Dochádza pri ňom k najväčším stratám na sušine a k energetickým stratám, čo vedie k hodnotovo najvyšším stratám pri skladovaní (Dupaj, 2008).

Z klimatických faktorov vplyva na degradáciu skladovaných štiepok predovšetkým teplota a relatívna vlhkosť vzduchu a množstvo zrážok. Odtok dažďovej vody z „plášťa“ hromady nie je jednoduchý, a hromada štiepok sa správa skôr ako špongia, ktorá dažďovú vodu vstrebáva. Pri dlhších obdobiach sucha je presušovaná vrstva do hĺbky cca 10 cm, a v „plášti“ hromady v hĺbke od 10 do približne 60 cm je prostredie výrazne vlhkejšie, pričom tam dochádza aj k zvyšovaniu teploty z dôvodu rozkladu dreva (Lieskovský a kol., 2010).

Čerstvé drevo má približne 50 % vlhkosť, ktorá môže byť pri skladovaní dreva znížená. Vo vhodných skladovacích priestoroch môže byť vlhkosť znížená na približne 30 % počas niekoľkých mesiacov. Znížením vlhkosti sa výhrevnosť štiepok zvyšuje. Navyše, riziko napadnutia plesňou je tiež znížené. Avšak, samovznieteniu, príp. procesu mineralizácie sa môžeme úplne vyhnúť len ak je vlhkosť nižšia ako 25 %. Ideálne miesto na skladovanie je dostatočne prevzdušnené, umiestnené na slnku a na suchom podklade, ktoré je prístupné po celý rok (Röser, 2007).

Lieskovský a kol. (2010) hodnotili vplyv expozície na vlhkosť skladovaných štiepok. Sledovaná relatívna vlhkosť bola pri odobratých vzorkách z odberných miest sever a vrch hromady vyššia ako pri čerstvo dovezenej hmote na začiatku meraní. Taktiež konštatujú úbytok na energetickej hodnote.

Huber (2009) uvádza, že pri skladovaní energetických štiepok na voľnej ploche dochádza za 12 mesiacov k strate energetického potenciálu vplyvom zvýšenej vlhkosti a degradácie dreva o 25 až 55 %. Thoernquisit a Lundstroem (1982) konštatujú 20 % stratu na energetickej hodnote po dobe jedného roku skladovania biomasy.

Balsari, Manzone (2010) hodnotia rôzne technológie skladovania a zmenu vlastností skladovaného materiálu. Výsledky poukázali, že čím je systém skladovania jednoduchší (hromady bez pokrytia), tým sú nižšie skladovacie náklady, ale vyššie straty sušiny, zatiaľ čo prikrývky nepripustné pre vodu, aj keď sú schopné zaručiť menšie straty sušiny, neumožňujú nevyhnutné vysychanie biomasy.

Cieľom príspevku je poukázať na vplyv vybraných faktorov počasia na vlhkosť skladovaného materiálu a prispieť tak k riešeniu problematiky optimalizácie výrobného procesu energetických štiepok vrátane ich skladovania.

## MATERIÁL A METÓDY

Pre účely analýzy podmienok pri skladovaní štiepok a vplyvu vybraných faktorov počasia na ich degradáciu bola založená pokusná plocha – pokusné hromady v priestoroch Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen. Ako vstupný materiál na výrobu energetických štiepok boli vybrané tri druhy drevín: topoľ osikový (os), buk lesný (bk), smrek obyčajný (sm). Z každej dreviny boli pripravené tri hromady biomasy: biomasa drevín z vegetačného obdobia, ktorá bola rozdelená na dve časti. Jedna hromada

tohto druhu biomasy bola uskladnená na voľnej ploche a druhá hromada bola umiestnená v polotieni vedľa porastu. Tretie hromady biomasy boli pripravené z drevín, ktorých ťažba prebehla v období vegetačného pokoja.

Na základe takto pripravenej biomasy a jej následného spracovania na energetické štiepy, boli vytvorené základné predpoklady pre realizáciu vedeckého experimentu. Podstavu hromád tvorila štvorcová drevená základňa s pôdorysom 4 x 4 m. Štiepy boli sypané, resp. hromady boli upravené do tvaru ihlana.

Na analýzu vývoja vlhkosti energetických štiepok pri ich uskladňovaní sú priebežne (1x za tri týždne v období vegetačného pokoja, potom v dvojtýždňovom intervale počas vegetačného obdobia) odoberané 3 vzorky z každej hromady a skladované v nepriedušných igelitových vrecákoch až do odváženia. V troch (v dvoch prípadoch v dvoch úrovniach) výškových úrovniach: 0,5 m, 1,0 m a 1,5 m, sú umiestnené plastové rúry s uzáverom, určené na odber týchto vzoriek.

Meranie relatívnej vlhkosti bolo realizované metódou sušenia. Vzorky boli vysušené pri teplote  $104\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do konštantnej hmotnosti. Po prevážení na laboratórnych váhach s presnosťou 0,1 g boli vypočítané hodnoty relatívnej vlhkosti na jednotlivých odberných miestach. Relatívna vlhkosť dreva je pomer hmotnosti vody, ktorú obsahuje drevo k hmotnosti vlhkého dreva, vyjadrený v %.

Výsledky meraní relatívnej vlhkosti v sledovaných hromadách boli spracované v grafickej forme pre každú drevinu a druh štiepok (štiepy z biomasy skladovanej na lúke, na JJV expozícii - vyrobenej ťažbovou metódou „na tabak“, štiepy z biomasy skladovanej v polotieni (približne 4 mesiace) a štiepy z čerstvej biomasy) zvlášť. Pri diskontinuálnej metóde výroby štiepok „na tabak“ sa v praxi používa u tvrdých listnatých drevín nasledujúci výrobný postup: Stromy sa vyťajú na začiatku vegetačného obdobia a neodvetvené sa ponechajú ležať na mieste ťažby tak dlho, až lístie celkom uschne („na tabak“). Spílené stromy sa odvetvia a ďalej spracujú až po úplnom zaschnutí lístia. Pre jednoduchšie vyhodnotenie a interpretáciu vplyvu počasia na vývoj vlhkosti skladovaných energetických štiepok boli vybrané meteorologické faktory integrované do grafov spolu s údajmi o vlhkosti štiepok. Údaje ohľadom množstva zrážok, relatívnej vlhkosti vzduchu a priemerných teplôt boli zosumarizované z podkladov Slovenského hydrometeorologického ústavu, konkrétne z meraní meteorologickej stanice Sliach.

**Obrázok 1.**  
**Pokusné hromady energetických štiepok.**

*Figure 1.*  
*Experimental piles of energy chips.*



## VÝSLEDKY

V prvom grafe (Obr. 2) je zobrazený vývoj relatívnej vlhkosti energetických štiepok v hromade zhotovenej z biomasy topoľa osikového uskladnenej na lúke – vyrobenej ťažbovou metódou „na tabak“. Na obrázku je troma spojnicami bodov znázornený vývoj vlhkosti v troch výškových úrovniach. Najvyššia relatívna vlhkosť bola zaznamenaná vo výške 1 m, teda v strede hromady a pri poslednom meraní dosiahla hodnotu 55 %. Zvýšenie relatívnej vlhkosti v strede hromady je spôsobené rozkladnými procesmi. Posledný väčší úhrn zrážok bol zaznamenaný 19. 2. 2011 a priemerná teplota vzduchu dosahovala od 6. 2. 2011 hodnoty okolo 0 °C, relatívna vlhkosť vzduchu začiatkom marca poklesla za sledované obdobie najviac. Uvedené skutočnosti mohli ovplyvniť vývoj relatívnej vlhkosti v hromade meranej vo výškovej úrovni 1,5 m. Priebeh vlhkosti v spodnej časti hromady – 0,5 m má podobný charakter ako priebeh vlhkosti vo vrchnej časti hromady. Necelý mesiac po založení hromád bol zaznamenaný pokles vlhkosti o približne 4 %, následne bol zaznamenaný jej nárast s ďalším relatívne vyrovnaným priebehom v dôsledku procesov prebiehajúcich počas skladovania štiepok v hromade.

Vývoj relatívnej vlhkosti energetických štiepok vyrobených z biomasy buka, ktorá bola skladovaná na lúke na JJV expozícii je graficky znázornený na obrázku 3. V hromade sú vytvorené dve odberné miesta (plastové rúry) na odber vzoriek. Hodnoty relatívnej vlhkosti uvedených štiepok buka sa najviac odlišujú pri druhom meraní (11. 1. 2011), približne o 8,5 %. Mierne kolísanie relatívnej vlhkosti štiepok rozhodujúcou mierou ovplyvnil výskyt zrážok a vývoj teploty i relatívnej vlhkosti vzduchu. Pokles vlhkosti v hromade pri poslednom meraní môže byť spôsobený minimálnym výskytom zrážok v období posledných troch týždňov.

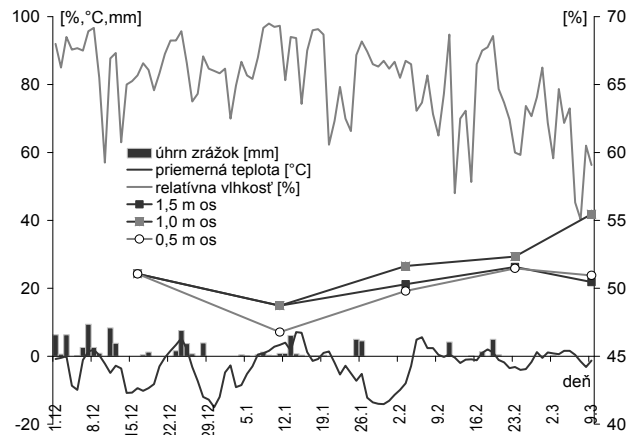
Relatívna vlhkosť v hromade smrekových štiepok, vyrobených z biomasy celých stromov skladovanej na JJV expozícii – na lúke počas obdobia štyroch mesiacov, je zobrazená na obrázku 4. Vlhkosť zistená vo výške 1,0 a 1,5 m má približne rovnaký priebeh. Pri poslednom meraní bol zaznamenaný nárast relatívnej vlhkosti štiepok. Táto skutočnosť môže byť spôsobená výskytom zrážok v období od 11. 2. do 20. 2. 2011.

Avšak, pri predchádzajúcom grafe, ktorý znázorňuje vývoj vlhkosti v hromade bukových štiepok, je trend práve opačný, a v prípade hromady štiepok z dreveniny topoľa osikový je vývoj výrazne odlišný. Nárast vlhkosti smrekových štiepok môže byť ovplyvnený absorpčnou schopnosťou asimilačných orgánov, ktoré majú schopnosť nasať a udržať vlhkosť.

Ako najvyššia počiatočná relatívna vlhkosť, ktorá bola zaznamenaná v deň výroby štiepok sa preukázala vlhkosť smrekových štiepok (62 %). Energetické štiepy vyrobené z dreva topoľa osikového mali vlhkosť 51 % a bukové štiepy 39 %. Jedným z faktorov, ktorý rozhodujúcou mierou ovplyvnil relatívnu vlhkosť jednotlivých drevín je samotný druh dreveniny, a z toho vyplývajúca hustota dreva a ďalšie vlastnosti drevín.

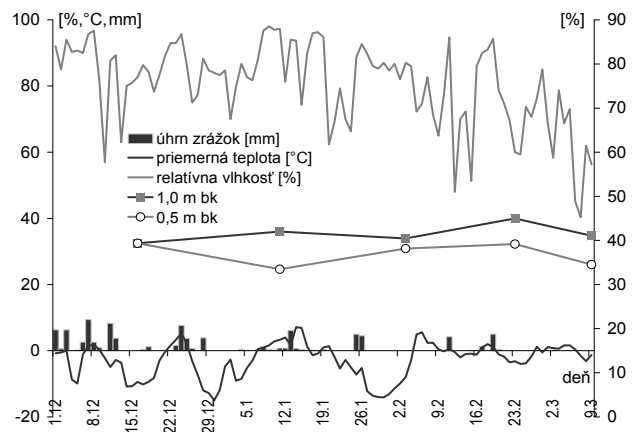
**Obrázok 2. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy topoľa osikového uskladnenej na lúke (voľnej ploche).**

Figure 2. Development of relative humidity of chips produced from Aspen biomass stored on a grass field (open area).



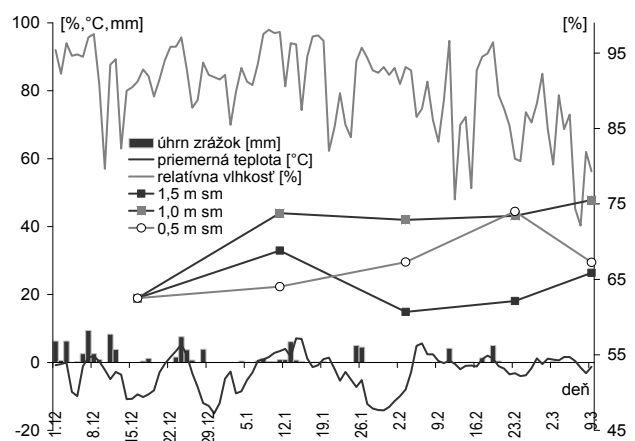
**Obrázok 3. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy buka lesného uskladnenej na lúke (voľnej ploche).**

Figure 3. Development of relative humidity of chips produced from Beech biomass stored on a grass field (open area).



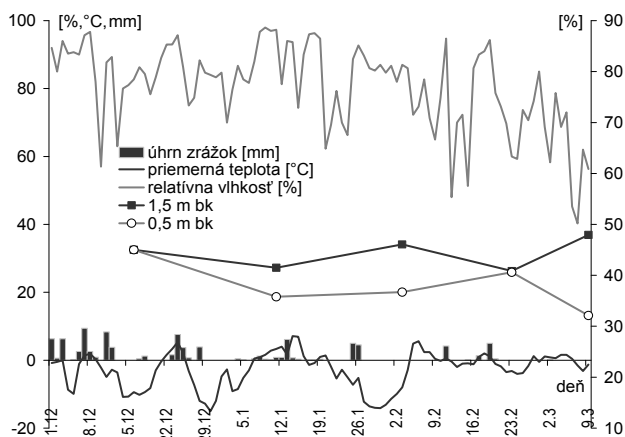
**Obrázok 4. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy smreka obyčajného uskladnenej na lúke (voľnej ploche).**

Figure 4. Development of relative humidity of chips produced from Spruce biomass stored on a grass field (open area).



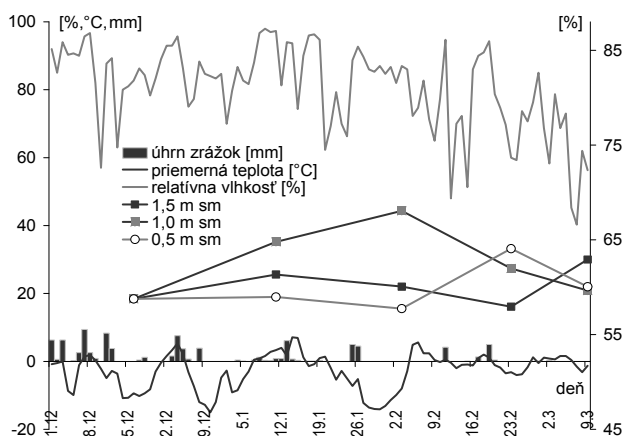
**Obrázok 5. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok vyrobených z čerstvej biomasy buka lesného.**

Figure 5. Development of relative humidity of chips produced from the Beech fresh biomass.



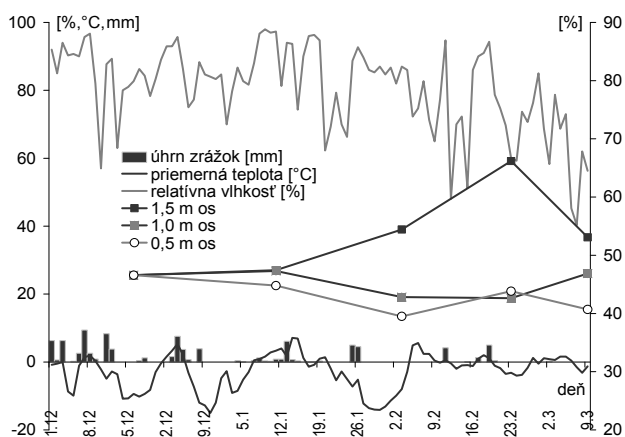
**Obrázok 6. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok vyrobených z čerstvej biomasy smreka obyčajného.**

Figure 6. Development of relative humidity of chips produced from the Spruce fresh biomass.



**Obrázok 7. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok vyrobených z čerstvej biomasy topoľa osikového.**

Figure 7. Development of relative humidity of chips produced from the Aspen fresh biomass.



Na obrázku 5 je graficky vyhodnotená relatívna vlhkosť zaznamenaná v dvoch úrovniach v hromade energetických štiepok vyrobených z čerstvej bukovej biomasy. Vývoj vlhkosti je až do tretieho merania relatívne podobný. Od tohto bodu naberá vlhkosť vo vrchnej časti hromady klesajúci trend a po zrážkach v tomto období opäť narastá. Výskyt zrážok ovplyvnil vývoj vlhkosti v spodnej časti hromady triviálne.

Obrázok 6 prezentuje priebeh relatívnej vlhkosti v hromade smrekových štiepok. Energetické štiepky uvedenej dreviny boli vyrobené z biomasy, ktorá bola vyrobená z celých stromov. Pri porovnaní vývoja vlhkosti v spodnej a vrchnej úrovni môžeme konštatovať rovnako ako v predchádzajúcom prípade, že priebeh je do tretieho merania vlhkosti relatívne podobný. Vlhkosť zaznamenaná v strednej časti hromady rapídne stúpa a dňa 3. 2. 2011 dosiahla hodnotu 68 %. V tomto období bola zaznamenaná aj vysoká relatívna vlhkosť vzduchu, čo mohlo mať vplyv na uvedenú skutočnosť. Priebeh vlhkosti v spodnej časti hromady v podstate zodpovedá priebehu relatívnej vlhkosti vzduchu, ktorá súvisí s výskytom zrážok a teplotou vzduchu.

Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok vyrobených z čerstvej biomasy topoľa osikového znázorňuje obrázok 7. Priebeh vlhkosti vzoriek, ktoré boli odobrané zo spodnej časti hromady korešponduje s priebehom vlhkosti zaznamenananej v spodnej časti predchádzajúcich dvoch prípadov: smrekovej a bukovej hromady z čerstvej biomasy. Vývoj vlhkosti vo vrchnej časti hromady má odlišný priebeh vo všetkých troch porovnávaných hromadách zhotovených z čerstvej biomasy drevín. Maximálnu hodnotu relatívnej vlhkosti (66 %) dosahuje pri predposlednom meraní, ktoré bolo vykonané dňa 23. 2. 2011. Následne vlhkosť v tejto časti hromady výrazne klesá až na hodnotu 53 % (údaje zo dňa 9. 3. 2011). Priebeh relatívnej vlhkosti vo výške 1,5 m u tejto dreviny je veľmi pravdepodobne ovplyvnený relatívnou vlhkosťou vzduchu.

Priebeh vlhkosti v hromade štiepok z topoľa osikového uskladňovanej pred štiepkovaním v polotieni (Obr. 8) zodpovedá relatívnej vlhkosti vzduchu. Najnižšia vlhkosť bola nameraná v spodnej časti hromady (koncom februára), najvyššia v strednej časti. Najvyššie vlhkosti vo všetkých úrovniach boli zaznamenané začiatkom februára. Vlhkosť jednotlivých vzoriek z rôznych častí hromady počas celého obdobia skúmania bola relatívne vyrovnaná. Vlhkosť vzoriek odobratých v marci v porovnaní s predchádzajúcimi odbermi sa navzájom najmenej odlišuje. Vlhkosť vzorky zo spodnej časti hromady na rozdiel od ostatných pri poslednom odbere stúpla.

Na obrázku 9 je znázornený priebeh vlhkosti v hromade štiepok z buka uskladňovaného pred štiepkovaním v polotieni. Najnižšia vlhkosť bola nameraná vo vrchnej časti hromady, najvyššia v strednej časti (obe koncom februára). Najvyššia vlhkosť v úrovni 0,5 m bola zaznamenaná začiatkom januára, vo vrchnej časti hromady vlhkosť od začiatku pozorovania klesala. Vlhkosť jednotlivých vzoriek zo spodnej a vrchnej časti

hromady počas celého obdobia skúmania bola relatívne vyrovnaná. Vlhkosť vzoriek odobratých od februára zo strednej časti hromady zodpovedá relatívnej vlhkosti vzduchu. Podobne ako pri predchádzajúcej drevine, vlhkosť vzorky zo spodnej časti hromady pri poslednom odbere stúpala, tiež mierne stúpala i vlhkosť vzorky z vrchnej časti hromady, nedosiahla však hodnotu nameranú v decembri.

Priebeh vlhkosti v hromade štiepok z kmeňovej časti smreka uskladňovaného pred štiepkovaním v polotieni je znázornený na obrázku 10. Najnižšia vlhkosť bola nameraná vo vrchnej časti hromady (začiatkom februára), najvyššia v spodnej časti (koncom februára). Najvyššia vlhkosť v strednej úrovni bola zaznamenaná rovnako koncom februára. Vo vrchnej časti hromady vlhkosť od začiatku pozorovania klesala, vo februári začala stúpať a najvyššiu hodnotu dosiahla v marci. Vlhkosť jednotlivých vzoriek počas celého obdobia skúmania bola relatívne vyrovnaná. Vlhkosť vzoriek odobratých v marci z jednotlivých úrovní sa navzájom priblížila.

## ZÁVER

Cieľom príspevku bolo analyzovať vplyv vybraných klimatických podmienok na vývoj relatívnej vlhkosti sledovanej v hromadách energetických štiepok vybraných drevín.

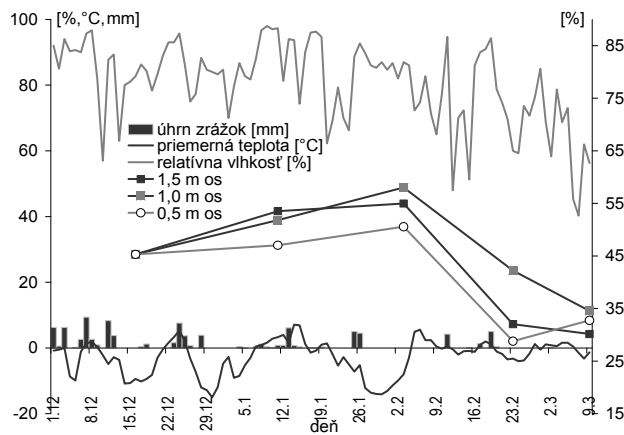
Pri porovnaní relatívnej vlhkosti energetických štiepok vybraných drevín v rámci použitej výrobnéj technológie – sekanie čerstvej biomasy, sa prejavila ako biomasa s najvyššou vlhkosťou smreková biomasa, ktorej vlhkosť kolísala od 59 do 63 %. Druhá najvyššia vlhkosť bola zistená pri drevine topoľ osika, relatívna vlhkosť sa pohybovala v rozpätí od 47 do 53 %. Najnižšia relatívna vlhkosť bola zistená u buka lesného, dosahovala hodnoty od 45 do 48 percent.

Ako najvyššia počiatočná relatívna vlhkosť, ktorá bola zaznamenaná v deň výroby štiepok z biomasy „na tabak“ sa preukázala vlhkosť smrekových štiepok (62 %). Energetické štiepky vyrobené z dreva topoľa osikového mali vlhkosť 51 % a bukové štiepky 39 %. Jedným z faktorov, ktorý rozhodujúcou mierou ovplyvnil relatívnu vlhkosť jednotlivých drevín je samotný druh dreviny, z toho vyplývajúca hustota dreva a ďalšie vlastnosti drevín.

Počas sledovania relatívna vlhkosť štiepok osiky kolísala v rozmedzí 29–66 %, čo bolo z troch drevín najviac. Relatívna vlhkosť osiky skladovanej na lúke bola zaregistrovaná len medzi 47 % a 55 %, najväčšie rozdiely medzi jednotlivými meraniami boli v strednej časti hromady – 7 %, ostatné časti sa odlišovali okolo 4 %. Osika čerstvá dosahovala vlhkosť 40–66 %, najväčšie rozdiely sme zistili vo vrchnej časti hromady – 20 %, ostatné časti sa líšili do 8 %. Osika skladovaná v polotieni mala vlhkosť 29 % až 58 %, najväčšie rozdiely boli rovnako vo vrchnej časti hromady – 25 %, ostatné časti sa líšili okolo 22 %. Najväčšie rozdiely v rámci jednej hromady boli zistené práve u osiky skladovanej v polotieni.

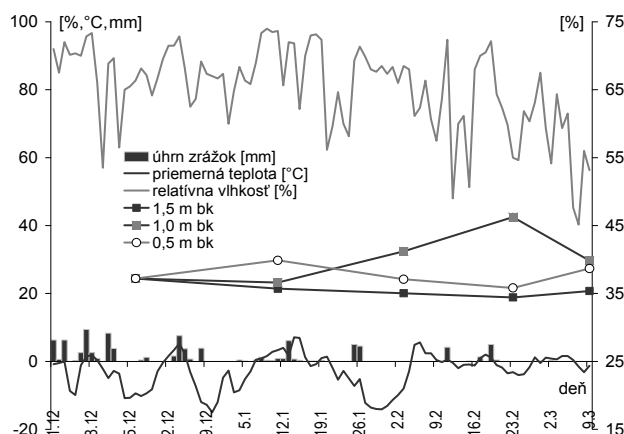
**Obrázok 8. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy topoľa osikového uskladnenej v polotieni.**

Figure 8. Development of relative humidity of chips produced from Aspen biomass stored in a half shaded area.



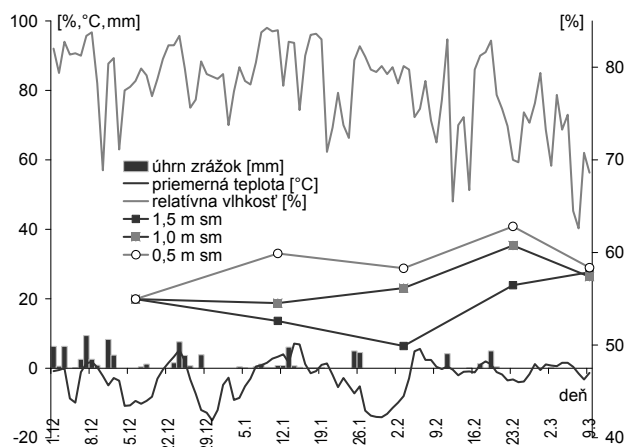
**Obrázok 9. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy buka lesného uskladnenej v polotieni.**

Figure 9. Development of relative humidity of chips produced from Beech biomass stored in a half shaded area.



**Obrázok 10. Vývoj relatívnej vlhkosti štiepok z biomasy smreka obyčajného uskladnenej v polotieni.**

Figure 10. Development of relative humidity of chips produced from Spruce biomass stored in a half shaded area.



Relatívna vlhkosť štiepok smreka kolísala v intervale 50 %–76 %. Vlhosť smreka skladovaného „na tabak“ bola zaznamenaná v rozmedzí 60–76 %, najväčšie rozdiely medzi jednotlivými meraniami boli v strednej časti hromady – 13 %, ostatné časti sa odlišovali do 11 %. Smrek čerstvý nadobúdala vlhkosť 58–68 %, najväčšie rozdiely sme zistili v strednej časti hromady – 9 %, ostatné časti sa líšili okolo 6 %. Smrek skladovaný v polotieni mal vlhkosť 50 % až 63 %, najväčšie rozdiely boli rovnako vo vrchnej časti hromady – 8 %, ostatné časti sa líšili okolo 7 %.

Relatívna vlhkosť štiepok buka kolísala len medzi 32 % a 48 %, čo bolo z troch drevín najmenej. Vlhosť buka skladovaného „na tabak“ bola zaznamenaná v rozmedzí 33–45 %, rozdiely medzi jednotlivými meraniami boli do 6 %. Štiepky vyrobené z čerstvého buka mali vlhkosť 32–48 %, rozdiely medzi meraniami neprekročili 13 %. Štiepky buka skladovaného v polotieni nadobúdali vlhkosť 34 % až 46 %, najväčšie rozdiely boli v strednej časti hromady – 10 %, ostatné časti sa líšili okolo 3 %. Najmenšie rozdiely v rámci jednej hromady boli zaregistrované u buka skladovaného v polotieni.

Výskum procesov výroby energetických štiepok je na Slovensku relatívne „nová vedecká oblasť“. Je ešte málo vedeckých poznatkov, na základe ktorých by sme mohli stanoviť správanie sa a vývoj kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností tejto komodity pri jej skladovaní. Je preto dôležité venovať tejto problematike primeranú pozornosť. Poznanie priebehu vlhkosti štiepok počas ich skladovania má osobitný význam pre určenie miery zdravotných a hygienických rizík, ktorým sú vystavení pracovníci pri ich skladovaní, spracovaní a manipulácii s nimi.

### Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0420-09 Analýza bezpečnostných, zdravotných a hygienických rizík pri spracovaní lesnej biomasy na energetické účely, Ministerstvom školstva Slovenskej republiky v rámci riešenia grantu VEGA 1/0764/10 - Výskum princípov a metód precízneho lesníctva, COST Action FP 0902 Development and harmo-

nization of new operational research and assessment procedures for sustainable forest biomass supply a 1/0886/10 Proposal of adaptive measures to reduce negative climate change impacts on agricultural landscape of Danubian lowland.

### LITERATÚRA

- Balsari, P.–Manzone, M., 2010, *Evaluation of different wood chips storage techniques. FORMEC 2010. Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment. July 11–14, 2010, Padova - Italy.*
- Dupaj, D., 2008, *Technicko-ekonomické hodnotenie výroby štiepok na OZ Levice. TU Zvolen, 68 s.*
- Huber, G., 2009, *Wesentliche Holzparameter und deren Einfluss auf die Lagerung & Verbrennung, Vortrag zum Heizwärterstammtisch, Obereggen, 8. Mai 2009.*
- Lieskovský, M.–Trenčiansky, M.–Grosse W., 2004, *Potenciál obnoviteľných zdrojov na Slovensku, Alternatívni energie 6/2004, CEMC Praha, 10–11.*
- Lieskovský, M.–Suchomel, J.–Belanová, K., 2009, *Analýza vplyvu počasia na skladovanie energetických štiepok a ich degradáciu. In: Multioperačné výrobné technológie pri ťažbe a spracovaní dendromasy na energetické a priemyselné využitie, ISBN 978-80-228-2033-2: 23–29.*
- Lieskovský, M.–Trenčiansky M.–Gömöryová, E.–Gallay, I.–Belanová, K., 2010, *Zhodnotenie možností pestovania rýchlorastúcich drevín v podmienkach VŠLP TU Zvolen. TU Zvolen. 72 s.*
- Röser, D., 2007, *Storage and quality of woodchips. Storage & quality. Infocard 10. Idealmainos 8/07.*
- Suchomel, J.–Belanová, K., 2009, *Projekt APVV LPP-0420-09. In: Multioperačné výrobné technológie pri ťažbe a spracovaní dendromasy na energetické a priemyselné využitie, ISBN 978-80-228-2033-2: 165–168.*
- Suchomel, J.–Vlčková, M.–Belanová, K.–Lieskovský, M., 2009, *Riziká pri výrobe a skladovaní štiepok. In: Multioperačné výrobné technológie pri ťažbe a spracovaní dendromasy na energetické a priemyselné využitie, ISBN 978-80-228-2033-2: 57–62.*
- Thoernquist, T.–Lundstroem, H., 1982, *Health hazards caused by fungi in stored wood chips. F. prod. J. (32): 11–12.*
- Trenčiansky, M.–Lieskovský, M.–Oravec, M., 2007, *Energetické zhodnotenie biomasy, NLC Zvolen, ISBN 978-80-8093-050-9, 147 s.*



# MOŽNOSTI VYUŽITIA METÓDY ŠKÁLOVANIA ZRÁŽOK NA LOKÁLNY A REGIONÁLNY ODHAD NÁVRHOVÝCH INTENZÍT KRÁTKODOBÝCH DAŽĎOV

MÁRTA BARA<sup>1</sup>, KAROLÍNA ZEHELÓVÁ<sup>2</sup>, SILVIA KOHNOVÁ<sup>2</sup>, LADISLAV GAÁL<sup>2</sup>, JÁN SZOLGAY<sup>2</sup>, KAMILA HLAVČOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied, Račianska 75, 831 02 Bratislava 3, bara@uh.savba.sk

<sup>2</sup> Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, STU, Račlinského 11, 813 68 Bratislava 1, xzechelova@is.stuba.sk, silvia.kohnova@stuba.sk

*The presented work is a combination of two commonly used methodologies for estimation of rainfall design values, i.e. regional frequency analysis and simple scaling, with the aim of estimating design values of short-term rainfall in Slovakia. For the analysis 56 raingauge stations with automated measurements were selected, which were separated into five homogenous regions according to a former regionalization of 1-day precipitation totals by Gaál (2006). For each region, several verification stations were chosen, which were treated as locations without observations. In each region, the regional scaling exponents were calculated. For the verification stations, the design values of 1-day maximum rainfall intensities were estimated both by a regional and local approach. Consequently, the intensity-duration-frequency curves for selected durations were assessed by the simple scaling method. The downscaled design values were compared to the values estimated by Šamaj and Valovič (1973). The study approved the possibility of using the simple scaling method for regional estimation of design values of short-term rainfall intensities in Slovakia.*

*Prezentovaná práca predstavuje kombináciu dvoch zaužívaných metód určovania návrhových hodnôt zrážok, regionálnej frekvenčnej analýzy, resp. jednoduchého škálovania, s cieľom získať odhady návrhových intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Pre analýzu bolo vybraných 56 ombrografických staníc, ktoré boli rozdelené do piatich homogénnych regiónov na základe regionalizácie jednodenných úhrnov zrážok Gaála (2006). Pre každý región sa zvolili testovacie (verifikačné) stanice, ktoré boli považované za lokality bez pozorovania. Údaje z týchto staníc do analýzy neboli priamo zahrnuté, ale slúžili na overenie vhodnosti použitej metodiky. Pre jednotlivé oblasti sa odvodili regionálne škálovacie exponenty. Vo verifikačných staniaciach sa určili návrhové intenzity maximálnych jednodenných zrážok, regionálnym aj lokálnym prístupom. Následne sa metódou škálovania stanovili návrhové hodnoty zrážkových intenzít pre vybrané trvania. Návrhové hodnoty určené škálovaním sa porovnali s návrhovými hodnotami stanovenými Šamajom a Valovičom (1973). Štúdiou bola potvrdená možnosť využitia metódy jednoduchého škálovania na regionálny odhad návrhových intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku.*

**Keywords:** regionalization, rainfall intensity, simple scaling, design values of rainfall, 1-day precipitation

## ÚVOD

Zaznamenávaniu a analýze zrážok sa v hydrometeorológii venuje neustále veľká pozornosť. Pozorované úhrny zrážok slúžia na priame i nepriame určovanie odtoku v povodí, dimenzovanie kanalizačných sietí a vodohospodárskych objektov. Z inžinierskeho hľadiska sú významné dažde s pomerne krátkym trvaním, ale veľkou výdatnosťou. Tieto krátkodobé extrémne dažde sa vyskytujú zriedka, sú miestami rozdielne a dosahujú vysoké intenzity. Môžu preťažiť kanalizačné siete a spôsobiť privalové povodne. Preto je dôležité poznať návrhové hodnoty zrážok s rôznym trvaním a pravdepodobnosťou výskytu zrážok – tzv. IDF vlastnosti zrážok (IDF = *intensity-duration-frequency*, t.j. intenzita-trvanie-periodicita). Na Slovensku sa spracovaniu ombrografických záznamov a odvodeniu návrhových hodnôt zrážok venovali, napr. Dub (1957), Šamaj a Valovič (1973), Urci-

kán a Imriška (1986). Výsledky týchto prác sú dodnes používané vo vodohospodárskej praxi. V posledných rokoch sa však požiadavky na analýzu intenzít krátkodobých dažďov rozširujú, a preto treba pristúpiť k novým postupom ich spracovania. Základnou potrebou v súčasných analýzach je stanovenie neurčitosti v odhadnutých návrhových hodnotách a zostavenie matematických modelov s čo najužšími intervalmi spoľahlivosti vypočítaných hodnôt *N*-ročných úhrnov zrážok. Sledujúc tento celosvetový trend, v posledných rokoch vznikali aj na Slovensku nové práce zaoberajúce sa analýzou mimoriadnych denných a viacdenných úhrnov ako aj intenzít zrážok, napr. práce Faško a Lapin (1998), Faško et al. (2000, 2006), Cebulak et al. (2000), Gaál a Lapin (2002), Gaál et al. (2004), Kohnová et al. (2005), Gaál (2006; 2009), Bara et al. (2010a,b). Problematike celoplošnej analýzy krátkodobých zrážok sa v poslednej dobe začali venovať na rôznych vedecko-výskumných

pracoviskách SR (Slovenský hydrometeorologický ústav, Katedra meteorológie a klimatológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Ústav hydroológie Slovenskej akadémie vied, Katedra vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity).

Pre vodohospodárske účely sú často potrebné dáta s väčším časovým rozlíšením, avšak väčšina zrážkomerných prístrojov na Slovensku stále nie je schopná kontinuálne registrovať úhrny zrážok, t.j. poskytuje záznamy jednodenných zrážkových úhrnov v intervale od 7.00 h do 7.00 h stredného miestneho času. Jednou z možností, ako preklenúť priepasť medzi požadovaným, resp. dostupným množstvom informácií o intenzite zrážok s krátkym trvaním, môže byť aplikácia matematicko-štatistických postupov, akým je napr. metóda jednoduchého škálovania zrážok (*simple scaling*). Táto metóda umožňuje určiť návrhové hodnoty zrážok pre trvania kratšie ako deň a pre zvolenú dobu opakovania využitím denných záznamov o úhrnoch zrážok. Metóda sa osvedčila vo viacerých oblastiach sveta ako vhodná na vyjadrenie vzťahov medzi intenzitou, trvaním a periodicitou zrážok (napr. Menabde et al., 1999; Yu et al., 2004; Molnár a Burlando, 2005). Na základe výsledkov týchto štúdií sme v našej práci prijali postupy metódy jednoduchého škálovania, pričom sme ich rozvinuli aj regionálnym aspektom, nakoľko pre praktické účely často potrebujeme určiť návrhové intenzity dažďov aj v miestach bez priamych meteorologických pozorovaní.

## METÓDA ŠKÁLOVANIA ZRÁŽOK

Väčšina zrážkomerných prístrojov dáva informácie o jednodenných zrážkových úhrnoch, avšak pre vodohospodárske účely sú často potrebné aj údaje s väčším časovým rozlíšením. Vhodnou metódou na získanie takýchto údajov môže byť aplikácia matematicko-štatistických postupov, napr. metódy jednoduchého škálovania zrážok (*simple scaling*). Táto metóda umožňuje určiť návrhové hodnoty zrážok pre trvania kratšie ako deň a pre zvolenú dobu opakovania využitím denných záznamov o úhrnoch zrážok. Metóda bola aplikovaná vo viacerých oblastiach Európy, ako i zámoria, a osvedčila sa ako vhodná na vyjadrenie vzťahov medzi intenzitou, trvaním a periodicitou zrážok (napr. Menabde et al., 1999; Yu et al., 2004; Molnár a Burlando, 2005).

Na základe empirických dôkazov intenzita zrážok  $I_d$  trvania  $d$  má nasledovnú škálovaciu vlastnosť (Burlando a Rosso, 1996; Menabde et al., 1999; Yu et al., 2004):

$$I_d^{dist} = (d/D)^{-\beta} I_D^{dist}, \quad (1)$$

kde rovnosť  $=^{dist}$  je chápaná v zmysle rovnosti pravdepodobnostných rozdelení, pričom  $\beta$  predstavuje škálovací exponent a  $I_D$  je intenzita zrážok pre trvanie  $D$ . Pomer  $D/d$  je škálovací pomer, ktorý umožňuje prevod doby trvania  $d$  na  $D$  (vyjadrené väčšinou v hodinách), pričom  $D$  predstavuje známe (namerané, modelované) trvanie zrážok a  $d$  je trvanie pre zvolenú časovú jednotku, pre ktorú chceme

určiť návrhové hodnoty zrážok (Menabde et al., 1999). Táto vlastnosť je v literatúre označovaná ako „jednoduché škálovanie v prísnom slova zmysle“ (*simple scaling in the strict sense*) (Gupta a Waymire, 1990).

Jednoduché škálovanie vyjadrené vzťahom (1) predpokladá, že ak obe premenné majú konečné momenty  $q$ -tého rádu, tak majú aj rovnaké rozdelenie pravdepodobnosti a teda aj rovnaké momenty. Upravením obidvoch strán rovnice (1) získame vzťah medzi  $q$ -tými momentmi oboch premenných (Menabde et al., 1999; Yu et al., 2004):

$$E[I_d^q] = (d/D)^{-\beta_q} E[I_D^q], \quad (2)$$

kde  $\beta_q$  predstavuje škálovací exponent  $q$ -tého rádu. Aby sme získali hodnotu  $\beta_q$ , rovnicu (2) zlogaritmuje:

$$\log E[I_d^q] = \log E[I_D^q] + \beta_q \log(d/D). \quad (3)$$

Hodnotu škálovacieho exponentu  $\beta_q$  môžeme odhadnúť pomocou lineárnej regresie zo sklonu medzi zlogaritmovanými hodnotami momentov ( $\log E[I_D^q]$ ) a škálovacieho pomeru ( $\log(d/D)$ ) pre rôzne rády momentov ( $q$ ). Vlastnosť, keď medzi škálovacím exponentom a rádom momentu existuje lineárna závislosť sa v literatúre označuje ako „jednoduché škálovanie v širšom zmysle“ (*wide sense simple scaling*). Ak spomenutá lineárna závislosť neexistuje, tak treba uvážiť použitie metódy viacnásobného škálovania (napr. Gupta a Waymire, 1990).

## VSTUPNÉ ÚDAJE

Prezentovaná metodika je zlúčením dvoch oblastí problematiky odhadu návrhových zrážok: regionálnej frekvenčnej analýzy úhrnov zrážok, resp. škálovania intenzít zrážok. K obidvom metódam sa viažu rozdielne súbory staníc a prislúchajúce údaje. Zhodou okolností sa obidve metódy zakladajú na súbore 56-56 staníc. Aby sme predišli nedorozumeniam, v práci sa budeme držať nasledujúcej konvencie: stanice a prislúchajúce údaje, ktoré vystupujú v metodike škálovania (t.j. v rámci problematiky intenzít zrážok) budeme nazývať **ombrografickými** stanicami (údajmi), kým stanice (údaje) objavujúce sa v metóde regionalizácie budeme označovať **zrážkomernými** stanicami (údajmi).

### Ombrografické stanice

Pre metódu jednoduchého škálovania sú potrebné údaje o ročných maximálnych zrážkových intenzitách, ktoré sa určujú z minútových záznamov zrážkových úhrnov. Na Slovensku však nie sú k dispozícii dlhé rady pozorovania takýchto údajov. Preto sme pre účely škálovania využili návrhové hodnoty maximálnych intenzít zrážok, ktoré určili Šamaj a Valovič (1973). Autori spracovali zrážkové intenzity namerané v mesiacoch V–IX, pre trvania 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 a 180 minút pre rôzne periodicity. Z celkového počtu 68 analyzovaných ombrografických staníc sa pre potreby tejto analýzy vybralo 56 staníc z celého územia SR. Údaje sa doplnili dennými maximálnymi

zrážkovými intenzitami, ktoré sa získali spracovaním denných úhrnov zrážok, ktoré sa nachádzajú v zrážkomerných výkazoch v archíve SHMÚ.

### Zrážkomerné stanice a vytváranie homogénnych regiónov

Ombrografické stanice sa pre účely regionálneho odhadu návrhových hodnôt 1-dňových úhrnov zrážok v teplom polroku zaradili do homogénnych regiónov. Pri rozdelení ombrografických staníc do homogénnych regiónov sme vychádzali z regionálnej analýzy maximálnych úhrnov zrážok Gaála (2006), v ktorej sa homogénne regióny zrážkomerných staníc vymedzili pomocou zhlukovej analýzy. Širší zoznam staničných atribútov pre účely zhlukovej analýzy pozostával z nasledujúcich 9 charakteristík:

- 3 geografické charakteristiky (zemepisná šírka, zemepisná dĺžka, nadmorská výška),
- 3 charakteristiky popisujúce dlhodobé zrážkové pomery stanice (priemerný ročný úhrn zrážok, priemerný počet dní v roku so zrážkami, priemerný počet dní v roku s denným úhrnom zrážok nad 1,0 mm), resp.
- 3 charakteristiky popisujúce vnútroročnú variabilitu mesačných alebo sezónnych úhrnov zrážok (podiel dlhodobého úhrnu zrážok za teplý polrok a chladný polrok, Lapinov index vplyvu Stredomoria, Lapinov index kontinentality – pre definíciu a stručnú charakteristiku posledných dvoch charakteristík pozri Gaál, 2005).

Následná korelačná analýza mala za úlohu redukovať multikolinearitu atribútov vstupujúcich do zhlukovej analýzy, t.j. znížiť počet charakteristík, ktoré boli v príliš tesnom vzájomnom vzťahu. Najpriateľnejším výsledkom zhlukovej analýzy bol súbor 5 regiónov, ktoré sa vytvorili na základe 5 charakteristík (zemepisná šírka, zemepisná dĺžka, priemerný ročný úhrn zrážok, podiel dlhodobého úhrnu zrážok za teplý/chladný polrok a Lapinov index vplyvu Stredomoria). Podrobný opis výsledkov klastrovej analýzy a klimatologická charakteristika jednotlivých regiónov sú uvedené v Gaál (2006).

Pre škálovacie účely a odvodenie návrhových hodnôt zrážkových intenzít sa ombrografické stanice rozdelili do 5 homogénnych regiónov Gaála (2006). V tabuľke 1 sú uvedené ombrografické stanice, ich počet v jednotlivých regiónoch, ako aj pozorované obdobie a počet pozorovaných rokov v jednotlivých staniaciach.

### Výber verifikačných ombrografických staníc

V každom regióne boli vybrané ombrografické stanice, ktoré slúžili na verifikáciu. V regiónoch 1, 2 a 3 sme vybrali po troch staniaciach, a v regiónoch 4 a 5 sa vybrala iba jedna ombrografická stanica, nakoľko v týchto regiónoch nebol dostatok údajov pre výber viacerých verifikačných staníc. Napriek tomu, že pre verifikačné stanice boli k dispozícii zrážkomerné merania, sa tieto dáta do výpočtov regionálnych ukazovateľov (škálovacie koeficienty, čiara prekročenia) nezaradili. Verifikačné stanice sa vyberali na základe troch kritérií:

- zastupujú geografické oblasti s rôznou charakteristikou,
- približne reprezentujú priemerný, minimálny a maximálny škálovací exponent v danom regióne,
- v súbore dát, na základe ktorého bola vykonaná regionálna frekvenčná analýza (Gaál, 2006) existuje obdobná zrážkomerná stanica.

Verifikačné stanice pre jednotlivé regióny sú uvedené v tabuľke 2.

## VÝSLEDKY PRÁCE

### Určenie škálovacích exponentov

Po spracovaní a úprave vstupných údajov sme pristúpili k určeniu škálovacích exponentov a k samotnému škálovaniu zrážok. Určili sa škálovacie exponenty momentov zrážkových intenzít z 56 ombrografických staníc z celého Slovenska. Rozsah škálovacích koeficientov momentov bol 0,6350 až 0,7978, s priemernou hodnotou 0,7364.

Na regionálny odhad návrhových intenzít zrážok sa pre 5 homogénnych regiónov odvodili regionálne škálovacie koeficienty, ktoré sa určili ako aritmetický priemer škálovacích koeficientov jednotlivých ombrografických staníc v regióne. Údaje z verifikačných staníc sa z výpočtov vylúčili. Výnimkou boli regióny 4 a 5, v ktorých sa verifikačné stanice do výpočtu zaradili pre malý počet ombrografických staníc v týchto regiónoch. Hodnoty škálovacích koeficientov pre verifikačné stanice a regionálne škálovacie koeficienty sú uvedené v tabuľke 3.

### Určenie návrhových hodnôt zrážok jednoduchým škálovaním vo vybraných staniaciach

Pomocou škálovacích exponentov je možné z jednodenných zrážok určiť čiary IDF pre ľubovoľné trvanie a pre zvolenú dobu opakovania. Rozdielne výsledky sa však môžu získať na základe rozdielnych metód odhadu neznámych atribútov škálovacej rovnice (1), t.j. škálovacieho exponentu  $\beta$  a návrhových hodnôt  $I_d$  pre trvanie  $d$ . K určeniu IDF čiar sa v tejto práci použili dve metódy:

- lokálny odhad – v tejto metóde sa škálovací exponent aj návrhové intenzity zrážok získajú lokálnym prístupom, t.j. bez využitia dodatočných informácií z regiónu, kde sa stanica záujmu nachádza;
- regionálny odhad – škálovací exponent aj návrhové intenzity zrážok sa odhadujú regionálnym prístupom. Regionálny škálovací exponent sa pre každú stanicu záujmu (t.j. pre verifikačnú stanicu) určuje spôsobom opísaným v predchádzajúcom odstavci. Pre určenie regionálnych odhadov intenzít zrážok sa aplikuje metóda indexovej hodnoty (Hosking a Wallis, 1997), ktorá pozostáva z dvoch krokov: (i) pre analyzované regióny sa odvodí bezrozmerná regionálna čiara prekročenia jednodenných maximálnych úhrnov zrážok v teplom polroku, a (ii) pre verifikačné stanice sa metódou indexovej hodnoty odhadnú lokálne návrhové hodnoty pre rôzne významné doby opakovania  $T$ , resp. periodicity  $P$ .

**Tabuľka 1.**  
**Zoznam**  
**analyzovaných**  
**ombrografických**  
**staníc.**

Table 1.  
List of  
the analyzed  
stations.

Región	Počet staníc v regióne	Stanica	Počet pozorovaných rokov	Pozorované obdobie
1	25	Banská Bystrica	18	1946–1954, 1957–1965
		Banská Štiavnica	14	1952–1965
		Bratislava - VÚ	43	1922–1944, 1946–1965
		Hliník nad Hronom	17	1949–1965
		Holíč	18	1946–1949, 1951–1961, 1963–1965
		Hurbanovo	64	1901–1938, 1940–1965
		Ilava	22	1944–1965
		Kšinná	12	1931–1940, 1943–1944
		Kuchyňa	21	1934–1937, 1946–1949, 1951–1955, 1958–1965
		Malé Bielice	13	1948–1949, 1955–1965
		Modra	20	1925–1939, 1941–1944, 1946
		Motešice	14	1931–1944
		Motyčky	18	1946, 1948–1955, 1957–1965
		Nitra	21	1933–1943, 1949–1951, 1959–1965
		Nitrianske Pravno	17	1925–1941
		Nový Tekov	13	1952–1955, 1957–1965
		Piešťany	13	1949, 1951–1959, 1963–1965
		Prievidza	14	1951–1961, 1963–1965
		Svätuša	12	1953–1964
		Štúrovo	17	1949–1965
		Tesárske Mlyňany	14	1951–1965
		Trenč. Biskupice	12	1940–1943, 1946–1952, 1955
		Trnava	22	1930–1952
		Valašská Belá	16	1949, 1951–1965
		Zvolen (+Sliač)	32	1927–1941, 1943, 1947–1957, 1962–1966
2	9	Čadca	17	1949–1965
		Liptovský Hrádok	32	1931–1944, 1948–1965
		Oravská Lesná	16	1944, 1946–1949, 1952–1954, 1956–1957, 1960–1965
		Oravský Podzámok	14	1944–1948, 1951, 1953, 1955, 1957–1962
		Oravská Polhora	23	1930–1952
		Skalnaté pleso	17	1944–1960
		Štrbské Pleso	42	1922–1944, 1948–1965
Veľké Rovné	27	1935–1938, 1940–1944, 1946–1953, 1956–1965		
Žilina	19	1946–1949, 1951–1965		
3	12	Brezno	19	1946–1949, 1951–1965
		Číž	12	1954–1965
		Dobšinská ľad. jaskyňa	21	1930–1948, 1950–1951
		Hrachovo	15	1945–1949, 1951–1960
		Jarabá	32	1924–1930, 1932–1944, 1947–1952, 1960–1965
		Ladzany	16	1950–1965
		Lom nad Rimavicou	27	1924–1926, 1929–1944, 1946–1953
		Lučenec	28	1931–1938, 1946–1965
		Nenince	16	1950–1965
		Štós	24	1929–1937, 1950, 1952–1965
		Švermovo (Telgárt)	14	1947–1951, 1957–1965
		Víglaš - Pstruša	16	1949–1958, 1960–1965
4	4	Gelnica	29	1935–1944, 1947–1965
		Liptovská Teplička	19	1925–1930, 1932–1944
		Poprad - letisko	20	1946–1965
		Starý Smokovec	43	1923–1965
5	6	Humenné	24	1937–1943, 1947–1948, 1951–1965
		Košice - Bankov	13	1923–1935
		Košice - letisko	20	1946–1965
		Papín	13	1923–1929, 1933–1938
		Prešov - letisko	18	1946–1956, 1959–1965
		Trebišov	16	1949–1963, 1965

**Tabuľka 2.** Verifikačné ombrografické stanice v jednotlivých regiónoch.

Table 2. Verification stations in the regions.

Región	Stanica	Nadmorská výška [m]
1	Banská Bystrica	355
	Hurbanovo	115
	Trnava	155
2	Oravská Polhora	532
	Štrbské Pleso	1354
	Veľké Rovné - Podivor	514
3	Lom nad Rimavicou	1018
	Lučenec	195
	Štós	575
4	Poprad - letisko	694
5	Humenné	163

**Tabuľka 3.** Škálovacie koeficienty vo verifikačných staniciach a regionálne škálovacie koeficienty.

Table 3. Scaling exponents at the verification stations and regional scaling exponents.

Región	Stanica	Škálovací koeficient vo verifikačných staniciach	Regionálny škálovací koeficient
1	Banská Bystrica	0,7657	0,7620
	Hurbanovo	0,7719	
	Trnava	0,8138	
2	Oravská Polhora	0,7008	0,7434
	Štrbské Pleso	0,7376	
	Veľké Rovné - Podivor	0,7926	
3	Lom nad Rimavicou	0,7702	0,7700
	Lučenec	0,8064	
	Štós	0,7370	
4	Poprad - letisko	0,7421	0,7494
5	Humenné	0,7768	0,7636

Treba poznamenať, že aj keď verifikačné stanice sme považovali za miesta bez priamych pozorovaní, zrážkomerné údaje z týchto staníc sme predsa využili k určeniu návrhových intenzít zrážok na týchto stanicích. Takýto predpoklad odzrkadľuje situáciu, kedy návrhové zrážky v mieste bez priamych pozorovaní je možné získať, napr. interpoláciou z odpovedajúcich máp.

Návrhové zrážkové intenzity pre vybrané trvania zrážkových oddielov pre verifikačné stanice sa stanovili zoškálovaním jednodenných maximálnych zrážok rôznych periodicít, ktoré boli určené regionálnym aj lokálnym prístupom. Metódou jednoduchého škálovania sa z odvodených denných údajov určili návrhové hodnoty pre rôzne trvania dažďových oddielov s väčším časovým rozlíšením (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 min) pre periodicity 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02 a 0,01 vo všetkých verifikačných stanicích. Na grafickú ukážku sme vybrali z každého regiónu jednu stanicu.

Na obrázku 1a-e sú zobrazené IDF čiary vo verifikačných stanicích v jednotlivých regiónoch, zoškálované z maximálnych denných špecifických výdatností zrážok, ktoré boli odhadnuté regionálnym prístupom.

Na obrázku 2a-e sú zobrazené IDF čiary vo verifikačných stanicích v jednotlivých regiónoch, zoškálované z maximálnych denných špecifických výdatností zrážok, ktoré boli odhadnuté lokálnym prístupom.

Z uvedených grafov je zrejmé, že stanovené návrhové hodnoty klesajú smerom od najmenej periodicity a najkratšieho trvania (5 min) k najväčšej periodicite a najdlhšiemu trvaniu (180 min). Takéto správanie je charakteristické pre návrhové zrážkové intenzity v závislosti od periodicity a trvania dažďov, čo potvrdzuje, že metóda jednoduchého škálovania môže byť vhodná na odhad návrhových hodnôt zrážok na Slovensku.

### Porovnanie referenčných návrhových hodnôt zrážok a návrhových hodnôt určených škálovaním

Návrhové hodnoty určené metódou jednoduchého škálovania zrážok sa porovnali s referenčnými údajmi. Ako referenčné údaje sa použili návrhové špecifické výdatnosti zrážok určené autormi Šamaj a Valovič (1973) pre jednotlivé analyzované stanice. S referenčnými údajmi sa porovnávali návrhové hodnoty stanovené z 1-denných zrážok, ktoré boli určené regionálnym, ako aj lokálnym prístupom.

Na porovnanie výsledkov sme vybrali z každého regiónu jednu stanicu. Na obrázku 3a-e sú porovnané návrhové hodnoty určené jednotlivými prístupmi: výsledky Šamaja a Valoviča (1973), návrhové hodnoty zoškálované z 1-denných zrážok určených regionálnym odhadom a návrhové hodnoty zoškálované z 1-denných zrážok určených lokálnym odhadom. Pre porovnanie bola zvolená periodicita 0,05, na základe dĺžky pozorovania v jednotlivých stanicích.

Výsledky ukázali, že oproti návrhovým hodnotám, ktoré boli odvodené autormi Šamaj a Valovič (1973), návrhové hodnoty určené metódou jednoduchého škálovania v prípade regionálneho aj lokálneho prístupu sú vo všeobecnosti podhodnotené. Pri zrážkových oddieloch kratšieho

trvania (5 a 10 min) však tento poznatok neplatí, čo môže znamenať, že hypotéza jednoduchého škálovania nie je ideálna a treba uvážiť použitie modelu viacnásobného škálovania zrážok (napr. Veneziano a Furcolo, 2002).

Následne sa zisťovala relatívna odchýlka medzi referenčnými návrhovými hodnotami a medzi návrhovými hodnotami určenými metódou jednoduchého škálovania z 1-denných údajov odvodených regionálnym aj lokálnym prístupom. Na určenie relatívnej odchýlky (RO) sa použil nasledovný vzťah:

$$RO = \frac{q_x - q_y}{q_y} \cdot 100 \quad [\%], \quad (4)$$

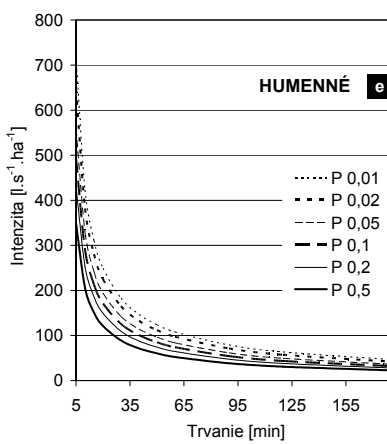
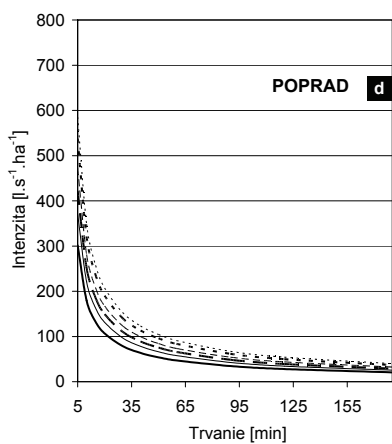
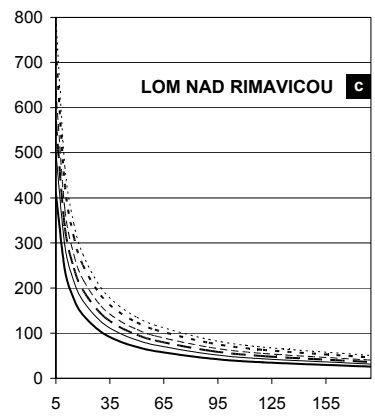
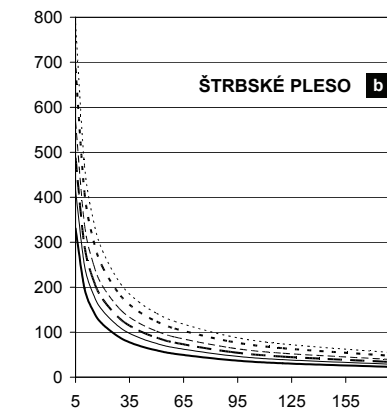
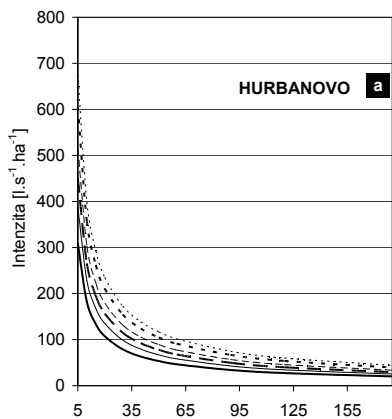
kde  $q_x$  je návrhová hodnota špecifickej výdatnosti zrážok [ $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] určená metódou jednoduchého škálovania a  $q_y$  je referenčná návrhová hodnota [ $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ].

V tabuľke 4 je uvedený priemerný, minimálny a maximálny percentuálny rozdiel (v absolútnej hodnote) medzi návrhovými hodnotami určenými pomocou škálovacích koeficientov a medzi referenčnými návrhovými hodnotami, a to nezávisle od trvania zrážkových oddielov.

**Tabuľka 4. Priemerný, minimálny a maximálny percentuálny rozdiel (v absolútnej hodnote) medzi návrhovými hodnotami určenými pomocou škálovacích koeficientov a medzi referenčnými návrhovými hodnotami Šamaja a Valoviča (1973).**

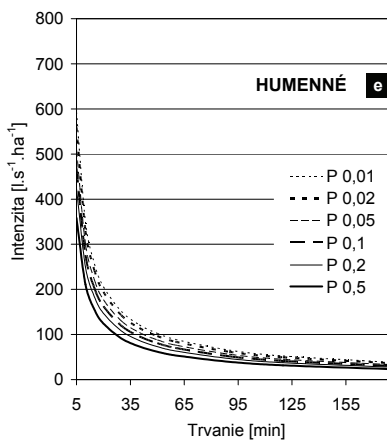
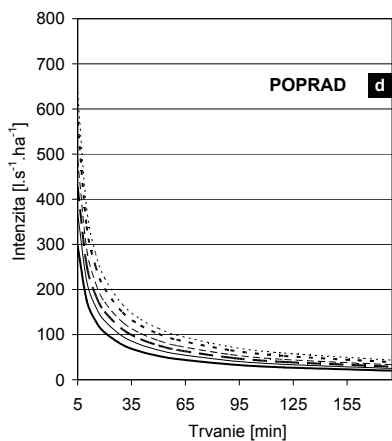
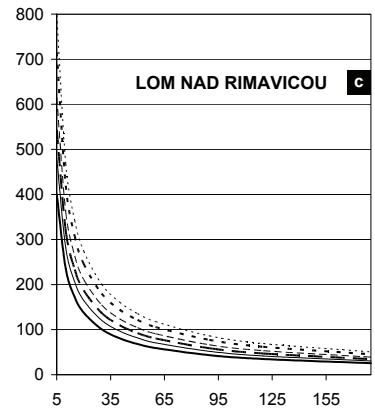
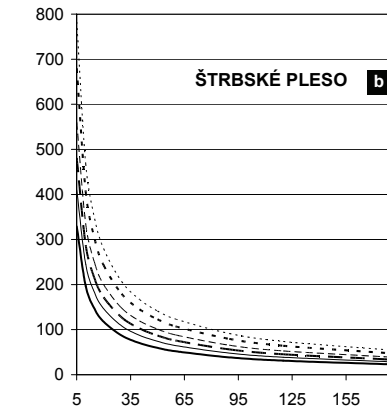
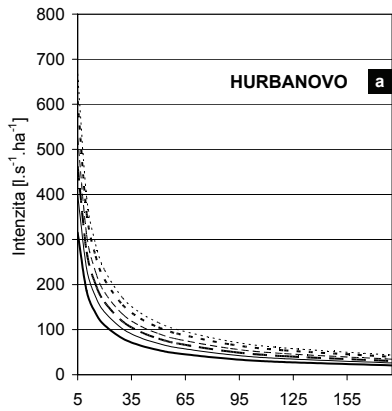
Table 4. Average, minimum and maximum deviation (in percentage and in absolute sense) between the design values assessed by the simple scaling method and the design values of Šamaj and Valovič (1973).

Región	Stanica	Štatistika	Relatívna odchýlka [%]	
			Regionálny prístup	Lokálny prístup
1	Banská Bystrica	priemer	10,81	13,49
		minimum	0,15	0,19
		maximum	74,80	87,64
	Hurbanovo	priemer	6,67	5,84
		minimum	0,04	0,13
		maximum	22,41	20,96
	Trnava	priemer	11,53	10,88
		minimum	0,06	0,55
		maximum	20,02	20,41
2	Oravská Polhora	priemer	6,64	6,88
		minimum	0,08	0,18
		maximum	32,06	16,46
	Štrbské Pleso	priemer	10,11	10,56
		minimum	0,03	0,02
		maximum	48,31	46,80
	Veľké Rovné - Podivor	priemer	17,77	21,16
		minimum	0,59	6,32
		maximum	25,28	30,07
3	Lom nad Rimavicou	priemer	7,03	7,89
		minimum	0,13	0,22
		maximum	31,62	26,68
	Lučenec	priemer	19,58	18,16
		minimum	0,44	0,13
		maximum	29,38	24,89
	Štós	priemer	14,73	14,37
		minimum	0,08	0,54
		maximum	48,15	58,42
4	Poprad - letisko	priemer	10,04	9,75
		minimum	0,67	0,06
		maximum	38,46	40,15
5	Humenné	priemer	25,97	27,86
		minimum	1,60	0,17
		maximum	38,34	43,66



**Obrázok 1a-e.**  
 IDF čiary vo vybraných verifikačných staniách, zoškálované z maximálnych denných intenzít zrážok, ktoré boli odhadnuté regionálnym prístupom.

Figure 1a-e.  
 IDF curves in the selected verification stations, downscaled from maximum daily rainfall intensities, estimated by a regional approach.



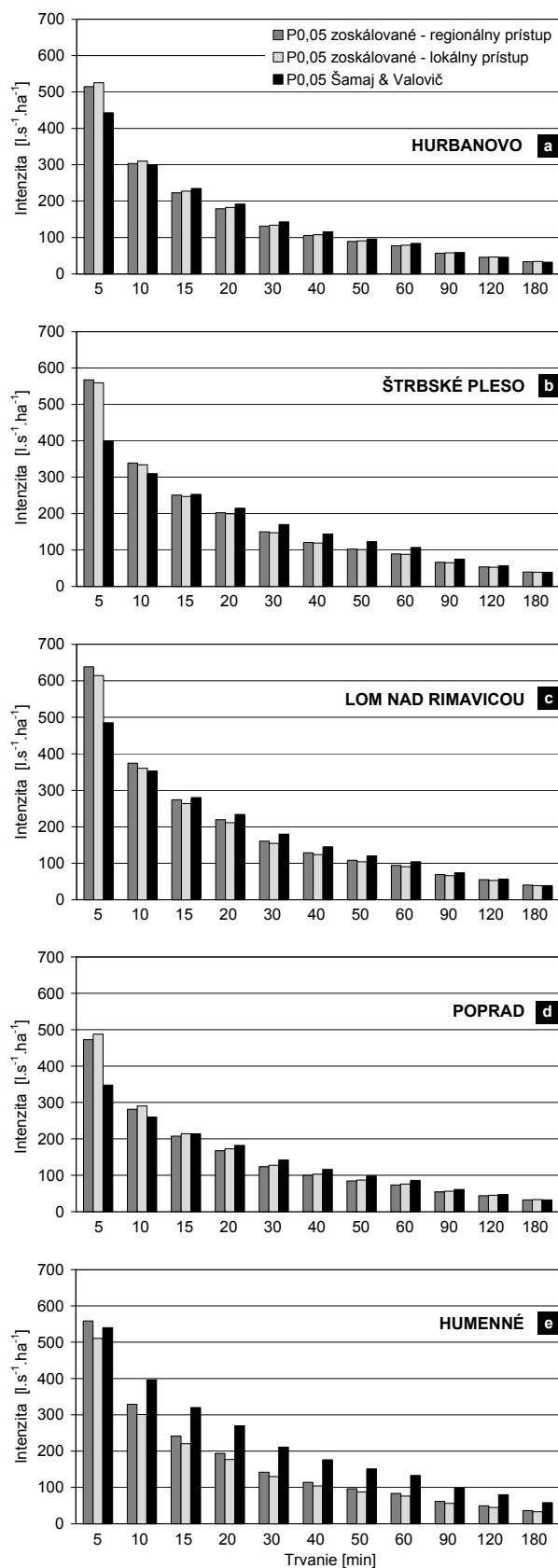
**Obrázok 2a-e.**

**IDF čiary vo vybraných verifikačných staniách, zoškálované z maximálnych denných intenzít zrážok, ktoré boli odhadnuté lokálnym prístupom.**

Figure 2a-e.  
 IDF curves in the selected verification stations, downscaled from maximum daily rainfall intensities, estimated by a local approach.

**Obrázok 3a-e. Porovnanie návrhových hodnôt určených jednotlivými prístupmi vo vybraných verifikačných stanicích.**

Figure 3a-e. Comparison of design values estimated by different approaches in selected verification stations.



Z výsledkov vyplýva, že na výsledné IDF čiary majú veľký vplyv odhady denných úhrnov zrážok, z ktorých boli zoškálované návrhové hodnoty pre kratšie trvania. Nedá sa jednoznačne povedať, pri ktorom odhade 1-denných zrážok (lokálnom alebo regionálnom) boli prijateľnejšie výsledky, t.j. menšie odchýlky zoškálovaných návrhových hodnôt od referenčných údajov. Pri porovnaní návrhových hodnôt určených jednoduchým škálovaním s referenčnými údajmi bola priemerná relatívna odchýlka medzi týmito odhadmi okolo 12–13 %, v prípade škálovania 1-denných zrážok stanovených regionálnym aj lokálnym prístupom.

## ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo aplikovať metódu jednoduchého škálovania zrážok na spracovanie intenzít (resp. špecifických výdatností) krátkodobých dažďov na Slovensku a overenie možnosti využitia regionálnych škálovacích koeficientov na odhad návrhových zrážkových intenzít pre miesta bez priamych pozorovaní. Pre tento účel bola použitá metóda jednoduchého škálovania zrážok, ktorá umožňuje určiť návrhové hodnoty zrážok pre ľubovoľné trvanie a zvolené periodicity využitím odvodených charakteristík, napr. jednodenných úhrnov zrážok, ktorých dostupnosť je neporovnateľne lepšia než dostupnosť ombrografických záznamov.

Ombrografické stanice sa zaradili do jedného z piatich homogénnych regiónov, ktoré vyčlenil Gaál (2006) na základe regionalizácie jednodenných úhrnov zrážok. Pre každý región boli vybrané verifikačné ombrografické stanice. Po lokálnom určovaní škálovacích exponentov sa v jednotlivých regiónoch vypočítali priemerné škálovacie exponenty regiónu (s vylúčením verifikačných staníc). Pre jednotlivé regióny sa regionálnym a lokálnym prístupom určili jednodenné maximálne intenzity zrážok pre vybrané periodicity. Metódou jednoduchého škálovania sa potom odhadli návrhové hodnoty zrážok pre trvania 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 a 180 minút. Výsledky sa porovnali s návrhovými hodnotami stanovenými Šamajom a Valovičom (1973) pre tieto lokality.

Výsledky ukázali, že oproti návrhovým hodnotám, ktoré boli odvodené autormi Šamaj a Valovič (1973), návrhové hodnoty určené metódou jednoduchého škálovania pre trvania väčšie ako 15 min sú v prípade regionálneho aj lokálneho prístupu podhodnotené, a pri kratších trvaniach (5 a 10 min) nadhodnotené, čo môže byť spôsobené nelineárnymi vlastnosťami extrémnych krátkodobých zrážok. Celkovo, priemerná relatívna odchýlka medzi zoškálovanými a referenčnými návrhovými hodnotami bola okolo 13 %.

Štúdia potvrdila možnosť aplikácie metódy jednoduchého škálovania na Slovensku, ako aj možnosť využívania regionálnych škálovacích koeficientov na odhad návrhových hodnôt zrážkových intenzít.

## Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0274-10 a projektom VEGA č. 1/0103/10. Autori týmto ďakujú za podporu projektov.

## LITERATÚRA

- Bara, M.–Gaál, L.–Kohnová, S.–Szolgay, J.–Hlavčová, K., 2010a, *On the use of the simple scaling of heavy rainfall in a regional estimation of IDF curves in Slovakia. Journal of Hydrology and Hydromechanics* 58(1): 49–63.
- Bara, M.–Kohnová, S.–Gaál, L.–Szolgay, J.–Hlavčová, K., 2010b, *Škálovanie intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Key Publishing, Ostrava, 74 p.*
- Burlando, P.–Rosso, R., 1996, *Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. Journal of Hydrology* 187: 45–64.
- Cebulak, E.–Faško, P.–Lapin, M.–Šťastný, P., 2000, *Extreme precipitation events in the Western Carpathians. In: Images of Weather and Climate. Prace Geograficzne, fasc. 108. Institute of Geography of the Jagellonian University, Cracow, 117–124.*
- Dub, O., 1957, *Hydroológia, hydrografia, hydrometria. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava.*
- Faško, P.–Gaál, L.–Lapin, M.–Pecho, J.–Šťastný, P., 2006, *Príspevok k problematike odhadu návrhových hodnôt denných úhrnov zrážok. In: Zborník zo slávnostného kolokvia k nedožitým osemdesiatinám profesora Milana Dzubáka. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 19–26.*
- Faško, P.–Lapin, M., 1998, *Hodnotenie výskytu mimoriadnych úhrnov atmosférických zrážok na Slovensku. Bulletin SMS pri SAV* 9(3): 20–24.
- Faško, P.–Lapin, M.–Šťastný, P.–Vivoda, J., 2000, *Maximum daily sums of precipitation in Slovakia in the second half of the 20th century. In: Images of Weather and Climate. Prace Geograficzne, fasc. 108. Institute of Geography of the Jagellonian University, Cracow, 131–138.*
- Gaál, L., 2005, *Introduction of Lapin's indices into the cluster analysis of maximum k-day precipitation totals in Slovakia. Meteorological Journal* 8(2): 85–94.
- Gaál, L., 2006, *Metódy výpočtu štatistických charakteristík návrhových hodnôt krátkodobých až viacdenných úhrnov zrážok. [Dizertačná práca]. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 228 p.*
- Gaál, L., 2009, *Metódy výpočtu štatistických charakteristík návrhových hodnôt úhrnov zrážok na Slovensku. Key Publishing, Ostrava, 224 p.*
- Gaál, L.–Lapin, M., 2002, *Extreme several day precipitation totals at the Hurbanovo observatory (Slovakia) during the 20th century. Contributions to Geophysics and Geodesy* 32(3): 197–213.
- Gaál, L.–Lapin, M.–Faško, P., 2004, *Maximálne viacdenné úhrny zrážok na Slovensku. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (Eds.): Sborník abstraktů – Seminář „Extrémny počasí a podněbí“, 11.3.2004, Brno. Česká bioklimatologická společnost, Brno, 15 p.*
- Gupta, V.K.–Waymire, E. 1990, *Multiscaling properties of spatial and river flow distributions. Journal of Geophysical Research*, 95, D3, 1999–2009.
- Hosking, J.R.M.–Wallis, J.R., 1997, *Regional frequency analysis: an approach based on L-moments. Cambridge University Press, Cambridge, 224 p.*
- Kohnová, S.–Gaál, L.–Szolgay, J.–Hlavčová, K., 2005, *Analýza maximálnych úhrnov zrážok v povodí horného Hrona. Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. 1. vyd. 120 p.*
- Menabde, M.–Seed, A.–Pegram, G., 1999, *A simple scaling model for extreme rainfall. Water Resources Research* 35(1): 335–339.
- Molnár, P.–Burlando, P., 2005, *Preservation of rainfall properties in stochastic disaggregation by a simple random cascade model. Atmospheric Research* 77: 137–151.
- Šamaj, F.–Valovič, Š., 1973, *Intenzity krátkodobých dažďov na Slovensku. Zborník prác HMÚ č. 5. SPN Bratislava.*
- Urcikán, P.–Imriška, L., 1986, *Stokovanie a čistenie odpadových vôd. Tabuľky na výpočet stôk. ALFA-SNTL, Bratislava.*
- Veneziano, D.–Furcolo, P., 2002, *Multifractality of rainfall and scaling of intensity-duration-frequency curves. Water Resources Research* 38(12), 1306, doi: 10.1029/2001WR000372.
- Yu, P.–Sh.–Yang, T.–Ch.–Lin, Ch.–Sh., 2004, *Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. Journal of Hydrology* 295(1-4): 108–123.



# INFORMÁCIE INFORMATION

## PRACOVNÉ STRETNUTIE RIEŠITEĽOV PROJEKTU H-SAF

V dňoch 8. až 10. marca 2011 sa v Helsinkách konalo pracovné stretnutie riešiteľov projektu H-SAF (Hydrological SAF, s presnejším názvom SAF for support to operational hydrology and water management). Projekt H-SAF je v poradí ôsmym a zatiaľ posledným projektom členských krajín EUMETSAT-u, ktorý rieši aplikovanie družicových údajov v meteorológii. Kým prvé projekty začali svoje aktivity ešte koncom deväťdesiatych rokov minulého storočia, H-SAF bol spustený až 1. septembra 2005. Keďže ide o vývojové projekty, s hlavným cieľom uvádzania aplikácií a produktov na báze družicových údajov do operatívneho používania, všetky už prešli fázou vývoja, ktorá spravidla trvala prvých 5 rokov. Po tejto fáze nasledovali u každého projektu rôzne dlhé vývojovo-operatívne fázy. Pre zjednodušenie manažmentu sa EUMETSAT rozhodol tieto projekty zosynchronizovať, a tak k februáru 2012 ukončia všetky súčasne, tzv. prvú vývojovo-operatívnu fázu (CDOP1 – Continuous Development and Operational Phase), aby od marca 2012 vstúpili spoločne do novej 5-ročnej fázy CDOP2.

Projekt H-SAF pozostáva zo štyroch pracovných skupín, z ktorých prvé tri riešia vývoj produktov pre detekciu zrážok, pôdnej vlhkosti a snehovej pokrývky, štvrtá rieši hydrologickú validáciu vytvorených produktov. SHMÚ je spoluriešiteľom v skupine pre detekciu zrážok, kde rieši kalibráciu produktov a ich vyhodnocovanie, a v skupine hydrologickej validácie, kde rieši hydrologickú validáciu produktov. Je potrebné dodať, že v poslednom období sa začala formovať širšia pracovná skupina pre vyhodnocovanie všetkých produktov H-SAF (zrážky, sneh, pôdna vlhkosť), ktorej cieľom je zjednotiť validačnú metodológiu.

Stretnutie riešiteľov projektu H-SAF v Helsinkách bolo rozdelené do dvoch blokov. V prvom bloku dňa 8. 3. 2011 sa SHMÚ zúčastnil ako spoluriešiteľ validácie produktov zrážok pod vedením lídra validačnej skupiny Silvie Puca z DPC Taliansko (Dipartimento della Protezione Civile Centro Funzionale Centrale, Roma, Italy), a v druhom bloku ako člen projektového tímu. Stretnutie projektového

tímu viedol manažér projektu Prof. Luigi de Leonibus (Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica, Roma, Italy).

Silvia Puca v úvode zdôraznila význam tohto stretnutia, na ktorom je potrebné dohodnúť sa na doplnení chýbajúcich výsledkov validácie z niektorých krajín (validácie sa zúčastňujú priebežne Belgicko, Maďarsko, Nemecko, Poľsko, Slovensko, Taliansko a Turecko). V krátkej diskusii k programu konštatovali členovia skupiny pre validáciu snehových produktov, že požiadavky užívateľov pre snehové produkty sú ťažko dosiahnuteľné, je potrebné ich preskúmať a navrhnúť adekvátne úpravy. Ďalej sme sa dohodli, že diskusia k medzníku projektu - ORR (Operational Rediness Review) sa uskutoční až na záver mítingu.

Eszter Lábó z Maďarska a Angelo Rinollo z Belgicka prezentovali porovnanie rôznych verzií produktov H01, H02, H03 a H05 pokrývajúcich obdobie rokov 2008–2010. Porovnávali strednú chybu ME, bias, koreláciu, strednú kvadratickú odchýlku RMSE a štatistické parametre POD, FAR a CSI. Porovnanie ukázalo, že paradoxne hodnoty RMSE pre novšiu verziu produktu H01 vzrástli. Pre produkt H02 urobili podobné porovnanie, podľa ktorého hodnoty strednej chyby nad územím Maďarska sa pohybujú okolo nuly v oboch verziách produktov. Korelácie sa významne nezmenili oproti predchádzajúcej verzii produktov. Parameter POD vykazoval výrazný ročný chod, ale zlepšil sa v novej verzii produktu. Produkt H03 vykazoval veľmi nízke hodnoty korelácie (do 0,2), a v Maďarsku nebolo pozorované výrazné zlepšenie v novej verzii tohto produktu. Ďalej v prezentácii potvrdili, že vo všeobecnosti v meteorologických situáciách vrstevnatého charakteru sú intenzity zrážok zo satelitných údajov zvyčajne nadhodnotené, kým v situáciách konvektívnych väčšinou podhodnotené, avšak plošne priradené neprímerane veľkému územiu (efekt detekcie studenej nákovy búrkových oblakov satelitnými meraniami).

Silvia Puca prezentovala všeobecne dosiahnuté výsledky v celej validačnej skupine. Povedala, že je potrebné v rámci projektu poskytnúť súhrnné informácie o pozemných údajoch, ktoré sa používajú pre validáciu, najmä

ohodnotenie ich presnosti a kvality. Preto v nasledujúcom pracovnom období bude hlavnou úlohou všetkých riešiteľov pripraviť popis zdrojov chýb údajov z pozemných meraní zrážok, snehovej pokrývky aj pôdnej vlhkosti, a ohodnotiť možné vplyvy preškálovacích algoritmov. Pre SHMÚ to znamená ohodnotiť chyby meraní zrážok sieťou rádiolokátorov a zrážkomerov.

V nasledujúcej prezentácii Angelo Rinollo predstavil status prác vo validačnej skupine WG4, ktorej úlohou je validácia produktu H06. Táto skupina pripravila nový preškálovací softvér, ktorý je potrebné nainštalovať a testovať v každej krajine. Zatiaľ testovanie prebehlo iba v Belgicku. V prípade, že pozemné údaje (radar) majú vyššie rozlíšenie, zhodli sme sa na postupe preškálovania do H06 gridu aritmetickým priemerovaním. Preškálovací softvér pozostáva z dvoch súčastí:

Program „Lookup-table“ pre projekciu radarových údajov do satelitnej projekcie, ktorý sa používa iba v prípade zmeny definície územia. Samotný preškálovací program sa potom spúšťa rutinne na produkty H06.

Účastníci stretnutia sa zhodli na tom, že okrem softvéru je dôležitá dokumentácia metodológie. Táto je k produktu H06 už tiež vypracovaná, požaduje ju tiež komisia EUMETSAT-u pre posudzovanie stavu riešenia SAF projektov (Review Board). Silvia Puca odporučila začať používanie nového softvéru pre validáciu H06 produktu čo najskôr.

Za SHMÚ som prezentoval stav riešenia úloh v rámci pracovnej skupiny WG3, ktorej náplňou je validácia H-SAF produktov s využitím merania zrážok rádiolokátormi a zrážkomermi, ktoré sú integrované systémom INCA. Účastníkov sme oboznámili zo základnými informáciami o nowcastingových systémoch typu INCA (napr. INCA-CE, Radolan v Nemecku) pre integráciu rôznych zdrojov údajov o meraní zrážok. Informácie o týchto systémoch sme získali formou dotazníka, ktorý ukázal, že v princípe tieto systémy poskytujú produkty zrážok kompatibilné s HSAF produktmi, a teda je možné využiť ich pri validácii. Nemecký systém Radolan je limitovaný iba na použitie hodinových kumulovaných zrážok, kým INCA-CE poskytuje aj intenzity zrážok s minimálnym krokom 5 minút. Či však takýto systém poskytuje lepšie informácie o skutočnom rozložení zrážok, môžu ukázať až ďalšie prípadové štúdie a štatistická verifikácia. V našej prezentácii sme na prípadovej štúdií z 15.8.2010 ukázali, že INCA systém dokáže doplniť radarové pole zrážok v prípadoch, keď je radarový signál čiastočne utlmený prechodom hustou oblačnosťou alebo čiastočne tieneny orografiou. Na záver prezentácie nás Silvia Puca požiadala, aby sme uskutočnili štatistické vyhodnotenie INCA produktov pomocou klimatologických údajov pre vybrané obdobia. Ako najvhodnejšie pre tento účel sa ukazuje spracovanie letných mesiacov roku 2011.

Status pracovnej skupiny WG-2 - radary prezentovala Eszter Lábó z Maďarska. Tiež prezentovala výsledky dotazníka, ktorého cieľom bolo zozbierať informácie o radaroch, ktoré sa používajú pri validácii H-SAF produktov. Dotazník bol zameraný najmä na kvalitu a možnosť odhadu chýb rádiolokačných meraní. Následne som za SHMÚ prezentoval možnosť modelovania rádiolokačného horizontu pomocou digitálneho modelu terénu a uvažovanie parametra minimálnej viditeľnej výšky ako jedného zo základných

zdrojov chýb radarových meraní intenzity zrážok. Dohodli sme sa, že bude vhodné urobiť experiment, pomocou ktorého možno ukázať, či je možné kvantifikovať závislosť chyby RL merania od minimálnej viditeľnej výšky nad terénom.

Pracovná podskupina pre validáciu snehu prezentovala výsledky validácie produktov pre detekciu snehovej pokrývky za obdobie september 2009 až august 2010. Do tohto validačného procesu poskytol pozemné merania snehovej pokrývky (výška a vodná hodnota) aj SHMÚ. Zvlášť sa validujú produkty v horských, a zvlášť v nížinných alebo rovinatých oblastiach. Ukázalo sa, že produkty sú kvalitnejšie v rovinatých oblastiach, kde produkt nie je zaťažený chybami masky horského terénu, jeho sklonom voči oslneniu, nadmorskou výškou a rozdielnym zalesnením. Preto aj nad územím Slovenska výsledky validácie dopadli lepšie v rovinatých oblastiach. Nakoľko rozloha Slovenska je relatívne malá v porovnaní s inými krajinami, výsledky validácie na našom území vykazujú väčší štatistický rozptyl.

V Turecku pri validácii snehových produktov realizovali porovnanie výsledkov validácie produktov snehu na dátach z viacerých krajín - Poľska, Slovenska, Talianska a Turecka.

Bulharsko je novým členom konzorcia HSAF od 1. septembra 2010. V Bulharsku validovali v uplynulom období produkty SN-OBS-3 (vodná hodnota snehu) a PR-OBS-5 (kumulované zrážky). Podľa nich je praktická využiteľnosť H-SAF produktov najmä v letnom období počas výskytu intenzívnych zrážok.

Stefan Hasenauer z TU Viedeň prezentoval súčasný stav prác na vývoji a validovaní produktov pôdnej vlhkosti H08 „small scale“ (SM-OBS-2), H16 „large scale“ (SM-OBS-3) a a H14 (SM-ASS-2 na báze globálneho NWP).

V dňoch 9. a 10. 3. 2011 pokračovalo pracovné stretnutie riešiteľov projektu H-SAF (Project Team, PT) za účasti manažmentu projektu. Prítomní boli manažér Luigi de Leonibus (PM), Emiliano Agosta a Flavio Gattari z Talianska.

Projektový manažér informoval o účasti pracovníkov CNMCA na medzinárodnom workshope o altimetrii (meranie výšky hladiny vody – moria, oceány, jazerá). Ďalej informoval o statuse priebežných správ pracovných skupín projektu (WP status report) a zdôraznil požiadavku EUMETSAT-u, aby boli správy obnovované a predkladané na posúdenie dvakrát ročne.

Lídri jednotlivých pracovných skupín projektu (Precipitation, Soil Moisture, Snow, Hydrovalidation) prezentovali status vývoja algoritmov produktov. Stefan Hasenauer z TU Viedeň konštatoval, že málo krajín v rámci H-SAF konzorcia validuje produkty pôdnej vlhkosti, a okrem toho sú to prevažne iba krajiny, ktoré tieto produkty súčasne aj vyvíjajú. Je dôležité, aby sa v budúcnosti o tieto produkty začali zaujímať ďalšie členské krajiny konzorcia.

Líder skupiny Precipitation Francesco Zauli informoval, že pri generovaní produktu H03 (15-minútové intenzity zrážok IR+MW blending) sa začal používať prescreening na báze masky oblačnosti a oblačných typov. Táto informácia je preberaná z NWCSAF produktov. Produkt H04 (IR+MW morfing) je stále vo fáze vývoja. Nový produkt H15 (PR-OBS-6) – „Blended SEVIRI convection crea /LEO MW convective precipitation“ je tiež vo vývoji.

Status produktov snehovej pokrývky prezentovali Fínsko (J. Puliainen). Predpokladá sa, že produkty pre detekciu snehu môžu nadobudnúť status „Pre-operational“ v rámci ORR1 – časť 2. (Operational Readiness Review).

Na záver PT mítingu informovala prítomných Silvia Puca o najnovších výsledkoch validácie produktov zrážok, snehovej pokrývky a pôdnej vlhkosti. Informácia bola podaná v zmysle záverov validačného mítingu, ktorý sa konal v predchádzajúcom dni, 8. marca 2011. Zdôraznila hlavný cieľ - pripraviť jednotnú validačnú metodológiu a softvér, ktoré umožnia jednoduchšie porovnávanie výsledkov validácie podľa definovaných požiadaviek užívateľov. Navyše, v budúcnosti by mali byť validované touto metodológiou aj niektoré produkty z iných SAF projektov, ktoré sú podobné produktom H-SAF alebo môžu byť využité v hydrológii, napr. produkty NWC SAF Total precipitable Water, Land SAF Snow cover a ďalšie.

Ďalšie pracovné stretnutie riešiteľov projektu H-SAF je plánované na jeseň v roku 2011 a zásadným míľnikom bude v poradi už 3. workshop H-SAF, plánovaný na jar 2012.

*Ján Kaňák  
SHMÚ, Bratislava*

### **3. EXPERTNÉ STRETNUTIE K REVÍZII UNFCCC ANNEX I REPORTINGOVÝCH GUIDELINES PRE PODÁVANIE INVENTÚR POD DOHOVOROM OSN O ZMENE KLÍMY (UNFCCC)**

Táto informácia nadväzuje na informáciu uverejnenú v Meteorologickom časopise č. 2-3/2010 a preto nebude obsahovať všetky podrobnosti, ktoré boli opísané v predchádzajúcej informácii. Druhého workshopu k revízii reportingových UNFCCC Annex I GL sa zástupcovia SR nezúčastnili. Tretí expertný workshop sa uskutočnil v Bonne, v dňoch 24–25. marca 2011.

#### **Popis priebehu rokovaní**

Na 16. konferencii zúčastnených strán v Cancúne (Mexiko) v decembri 2010, požiadala SBSTA sekretariát UNFCCC o zorganizovanie tretieho a štvrtého workshopu k revízii UNFCCC Annex I reportingových GL, a zároveň požiadala sekretariát, aby pripravil na tretí workshop anotovanú verziu týchto manuálov (GL). Sekretariát UNFCCC poslal predmetný materiál deň pred začiatkom workshopu, a preto nebola možná príprava a prediskutovanie materiálu. Napriek tomu bol materiál detailne rozobratý na workshope a všetky pripomienky zúčastnených expertov za krajiny boli zohľadnené. Vyčistený draft materiálu obsahujúci len sporné znenie jednotlivých paragrafov a tabuliek ako možností (1, 2, 3, atď.) bude predložený na ďalšie rokovanie SBSTA pre ich definitívne schválenie. Zmyslom tretieho workshopu bolo rozdiskutovať materiál na expertnej úrovni do takého štádia kompletnosti, ako je to možné pri rozličných názoroch zúčastnených krajín. Ďalší (štvrtý) workshop bude nasledovať po júnovom rokovaní SBSTA v Bonne na jeseň 2011, účasť zástupcov všetkých členských štátov je žiaduca.

### **Závěry a odporúčania pre Národný inventarizačný systém Slovenskej republiky pod Kjótskym protokolom**

Vzhľadom na štrukturálne rozsiahle zmeny reportingových nástrojov (CRFReporter programu a CRF tabuliek, ako aj Národnej inventarizačnej správy) je potrebné vyčleniť dodatočné finančné prostriedky na práce spojené s/so:

- modifikáciou výstupov z databázy NEIS v sektore energetika a prispôbenie súčasných vstupných údajov pre prípravu inventarizácie emisií skleníkových plynov ako aj stupňa disagregácie údajov od roku 2012,
- zosúladiť vstupných údajov za sektory energetika a priemysel s údajmi podnikov zahrnutých do schémy obchodovania s emisnými kvótami (NAPII a NAPIII),
- modifikáciou ostatných národných databáz vstupných údajov podľa 2006 IPCC sektorov (hlavne poľnohospodárske a lesné hospodárstvo),
- zavedením archivačného systému pre vstupné údaje na úrovni softvérovej databázy s funkciou sledovania zmien.
- vytvorením expertnej pracovnej skupiny pre prípravu technických podkladov a kapacitných špecifikácií na zavedenie štrukturálnych zmien do reportingu vstupných údajov pre prípravu emisnej inventúry skleníkových plynov za rok 2012 podľa IPCC 2006 GL a podľa anotovaných UNFCCC Annex I reportingových GL v priebehu prvého polroku 2011,
- účasťou na rokovaní SBSTA v Bonne v júni 2011 a rovnako sa zúčastniť na štvrtom workshope na jeseň 2011 (termín bude spresnený po júnovom zasadnutí SBSTA).

Podrobnosti a materiály sú uverejnené na stránke: [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/reporting\\_requirements/items/5333.php#4](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/reporting_requirements/items/5333.php#4).

*Janka Szemesová  
SHMÚ, Bratislava*

### **XVI. KONGRES SVETOVEJ METEOROLOGICKEJ ORGANIZÁCIE**

V poradí 16. Kongres Svetovej meteorologickej organizácie (Cg-XVI) sa uskutočnil v dňoch 16. mája až 3. júna 2011 v Ženeve. Svetová meteorologická organizácia (WMO) združuje v súčasnosti 183 štátov a 6 teritórií. Na Cg-XVI sa zúčastnilo viac ako 600 delegátov z národných meteorologických a hydrologických služieb, zástupcovia meteorologických a hydrologických organizácií zo 169 krajín a 30 medzinárodných organizácií. Podľa konvencie WMO je kongres najvyšším orgánom organizácie, schádza sa len raz za 4 roky a prijímajú sa tam rozhodnutia, ktoré určujú priority a ďalšie smerovanie organizácie.

Vzhľadom na to, že stály zástupca SR vo WMO sa na zasadnutí nezúčastnil, delegáciu SR viedol jeho prvý zástupca, veľvyslanec Stálej misie SR pri úradovni OSN, pán Fedor Rosocha. Členmi delegácie boli ďalej: Vladimír Pastirčák, vedeckovýskumný pracovník pre meteorológiu SHMÚ, ktorý bol zároveň druhým zástupcom vedúceho delegácie, riaditeľka úseku Hydrologická služba SHMÚ

Jana Poárová, Pavol Nejedlík poverený výkonom funkcie generálneho riaditeľa SHMÚ a 1. tajomník Stálej misie SR pri OSN pán Anton Frič. V. Pastirčák sa zúčastnil všetkých plenárnych zasadaní a zasadaní pracovnej skupiny C. Na zasadnutiach pracovných skupín A a B sa V. Pastirčák zúčastnil, keď neprebíhali súčasne so zasadnutiami pracovnej skupiny C. J. Poárová sa zúčastnila len zasadaní počas 2 dní súvisiacich s témami sekcie Hydrológia a P. Nejedlík záverečných zasadaní v posledných 4 dňoch kongresu. F. Rozocha a A. Frič sa zúčastňovali na zasadnutiach tak, ako im dovoľovali iné pracovné povinnosti.

Kongres prerokoval a schválil príspevok WMO ku Globálnemu rámcu pre klimatické služby, Global Framework for Climate Services (GFCS), čím vyjadril prioritu pomôcť najzraniteľnejším a najchudobnejším krajinám využívať klimatické informácie, údaje a služby. Tým sa vytvorila predpoklady na realizáciu efektívnych adaptačných opatrení na klimatické zmeny. Okrem iného pôjde aj o vzdelávanie a školenie a budovanie infraštruktúry v najzraniteľnejších oblastiach. V príhovoroch na segmente na najvyššej úrovni bolo zdôrazňované, že odhadnuté ročné náklady minimálne vo výške 75 mil. USD umožnia efektívne využiť potenciál biliónov USD, ktoré už boli investované a pomôžu k záchrane miliónov ľudských životov a majetku.

Významnou témou, ktorá bola na kongrese diskutovaná, bolo budovanie globálneho integrovaného pozorovacieho systému, WMO Integrated Global Observing System (WIGOS) a budovanie informačného systému WMO, WMO Information System (WIS). Všetky členské krajiny, vrátane Slovenska, budú jednak dodávať údaje do systému, ale aj využívať meteorologické, klimatické, hydrologické informácie a údaje z príbuzných vedných disciplín, ktoré sa zaoberajú pozorovaním Zeme. Tieto systémy budú zahŕňať najmodernejšie pozemné a vesmírne monitorovacie prístroje a zariadenia, a najmodernejšie komunikačné a informačné technológie. Uvedenie do operatívnej prevádzky bude maximalizovať návratnosť finančných prostriedkov, ktoré boli investované do meteorologickej a hydrologickej infraštruktúry v poslednom období. Očakáva sa, že systémy umožnia vydávať výstrahy na nebezpečné poveternostné a klimatické javy s väčším predstihom.

Ďalšou témou, ktorá patrí k prioritám WMO, bolo posilnenie programu redukcie vplyvu prírodných katastrof. V období rokov 1980–2007 bolo zhruba 90 % katastrof na celom svete spôsobených meteorologickými, hydrologickými, či klimatickými javmi, ako suchá, povodne, tropické cyklóny, zosuvy pôdy. Podľa informácií IPCC sa očakáva vzrastajúca pravdepodobnosťou výskytu extrémnych poveternostných javov a povodní v súvislosti s klimatickou zmenou.

Kongres vyzdvihol ako jednu z priorit aj podporu programu leteckej meteorológie, najmä zvýšenie kvality poskytovaných služieb, vzhľadom na ich veľkú dôležitosť pre leteckú dopravu.

Už dlhodobo kladie WMO dôraz na vzdelávanie a školenie meteorologického a hydrologického personálu. V schválenom strategickom pláne sa táto téma objavila ako ďalšia priorita. Okrem budovania materiálnych zdrojov a infraštruktúry v rozvojových krajinách, aj rozvoj ľudských zdrojov má prispieť k začleneniu týchto krajín do plnej spolupráce v rámci WMO.

Zo sprievodných podujatí, ktoré sa konali v priebehu kongresu, treba spomenúť výstavu meteorologických a hydrologických prístrojov a zariadení METEORHYDEX 2011, ktorá sa v dňoch 23–25. mája 2011 konala v priestoroch kongresového centra. Z 88 vystavovateľov boli 3 slovenské firmy. Zaujímavé boli prezentácie týkajúce sa solárnych búrok a skúseností, ktoré získala japonská meteorologická agentúra po zemetrasení v Japonsku. Solárne búrky ohrozujú sektor energetiky, fungovanie bezdrôtovej komunikačnej technológie a leteckú dopravu. WMO bude rizikám vyvolaným solárnymi búrkami venovať v najbližšom období zvýšenú pozornosť. Skúsenosti z Japonska ukazujú, že v budúcnosti bude potrebné užšie prepojenie a koordinácia medzi meteorologickými službami a ostatnými orgánmi krízového riadenia.

Na kongrese sa uskutočnili voľby prezidenta a viceprezidentov WMO. Nominačná komisia predložila kongresu troch kandidátov na funkciu prezidenta WMO. V abecednom poradí to boli:

- David Grimes (Kanada) RA IV,
- Ali-Mohammed Noorian (Irán) RA II,
- Tyrone Suthreland (Britské karibské teritória) RA IV.

Na funkcie viceprezidentov predložila nominačná komisia nasledovných kandidátov:

- Prvý viceprezident Antonio Divino Moura (Brazília) RA III,
- Druhý viceprezident Mieczyslaw S. Ostojki (Poľsko) RA VI,
- Tretí viceprezident Abdalah Mokssit (Maroko) RA I.

Kongres zvolil za prezidenta p. Davida Grimesa (Kanada), za prvého viceprezidenta p. Antonia Divina Moura (Brazília), za druhého viceprezidenta p. Mieczysława S. Ostojkiego (Poľsko) a za tretieho viceprezidenta p. Abdalaha Mokssita (Maroko).

Na kongrese bol volený generálny tajomník. Nominačná komisia predložila tri návrhy na generálneho tajomníka. Kandidovali: p. Mehmet Caglar (Turecko), p. Michel Jarraud (Francúzsko) a p. Geoffrey B. Love (Austrália). Vo voľbách získal M. Jarraud hneď v prvom kole 105 hlasov a následne bol menovaný za generálneho tajomníka WMO na ďalšie štyri roky.

Uskutočnili sa aj voľby do Výkonného výboru WMO. Výkonný výbor organizácie má 37 členov. Pomerne zložitá volebná procedúra zaisťuje zastúpenie všetkých Regionálnych asociácií vo Výkonnom výbore minimálne štyrmi a maximálne deviatimi predstaviteľmi. Členmi Výkonného výboru sa stávajú automaticky prezident a traja viceprezidenti a prezidenti šiestich Regionálnych asociácií. Priamo je volených zostávajúcich 27 členov. Kongres zvolil nasledujúcich riaditeľov národných meteorologických alebo hydrometeorologických služieb členských štátov organizácie za členov výkonného výboru: M. A. Abdel Gadir (Sudán), Gerhard Adrian (Nemecko), Anthony C. Anuforum (Nigéria), Gregory Peter Ayers (Austrália), Alexander I. Bedritskiy (Ruská Federácia), Mr Seok-Joon Cho (Kórejská republika), Héctor Horacio Ciappesoni (Argentína), Costante de Simone (Taliansko), Juan Carlos Fallas Sojo

(Kostarika), Ricardo García Herrera (Španielsko), Mitsuhiko Hatori (Japonsko), John L. Hayes (USA), John Hirst (Veľká Británia), François Jacq (France), Camille Loumouamou (Kongo), Linda Makuleni (Južná Afrika), Saad Mohamad S. Mohalfi (Saudská Arábia), Joseph Romanus Mukabana (Keňa), Carlos Naranjo Jacome (Ekvádor), Mactar Ndiaye (Senegal), Jacob Nkomoki (Zambia), Tyrone Sutherland (Britské karibské teritórium), Petteri Taalas (Fínsko), Ajit Tyagi (India), Alipate Waqaicelua (Fidži), Yap Kok Seng (Malajzia), Zheng Guo Guang (Čína)

Kongres bol ukončený v piatok 3. júna 2011 o 18:27. Nasledujúci XVII. Kongres sa uskutoční v Ženeve, v čase od 25. mája 2015 do 12. júna 2015.

Kompletná sada dokumentov z Cg-XVI, je k dispozícii na serveri WMO na adrese: <ftp://ftp.wmo.int/Documents/SESSIONS/Cg-XVI>.

*Vladimír Pastirčák  
SHMÚ, Bratislava*

## **AKTIVITY IWAC PRI HODNOTENÍ STAVU VÔD CEZHRANIČNÝCH RIEK, JAZIER A PODZEMNÝCH VÔD**

Poslaním Medzinárodného centra na hodnotenie vôd Európskej hospodárskej komisie OSN (The International Water Assessment Centre UNECE – IWAC) je pomáhať vládám zmluvných strán dohovoru o vodách pri implementácii dohovoru v praxi. Dohovor o vodách má za cieľ právne záväzným spôsobom zaviesť efektívnu spoluprácu ohľadom vody, aby sa spoločné vody využívali v súlade so záujmami dotknutých krajín. Priestor EHK OSN zahrnuje celú Európu, USA, Kanadu, Izrael a všetky nástupnícke krajiny Sovietskeho zväzu. Dodatok k dohovoru umožňuje pripojiť sa k tejto spolupráci aj všetkým ostatným štátom OSN, hlavne susediacim so štátmi priestoru EHK. Pripomeňme, že legislatíva EÚ ide do hĺbky v oblasti kvality vody, má veľké ekonomické nároky, ale necháva stranou, resp. posúva do budúcnosti ochranu pred povodňami, manažment sucha a následkov klimatickej zmeny. Dohovor o vodách je komplexnejší, zahrňuje tieto aktivity. Nejde príliš do sofistikovanej ekológie, ktorá by bola prekážkou na účinnú medzinárodnú spoluprácu v konfliktných alebo menej vyspelých oblastiach.

Na implementáciu dohovoru o vodách bola vytvorená štruktúra spolupráce a štruktúra pracovných skupín, ktorým IWAC asistuje. Centrum IWAC má v pláne práce viaceré špecifikované aktivity, a ďalej priestor na vyhľadávanie novej spolupráce hlavne v oblastiach, kde štáty nespolupracujú, sú v konfliktných situáciách. Týmto sa sleduje cieľ ustanoviť prvé kroky spolupráce, aby sa zabránilo škodám pri extrémnych hydrologických a vodohospodárskych situáciách. Zavedením spolupráce v oblasti vôd sa zároveň sleduje ako jeden z prvých krokov na zavedenie spolupráce doteraz nijako nespolupracujúcich štátov. Hlavnými cieľovými oblasťami je juhovýchodná a východná Európa, Kaukaz a stredná Ázia. Pripomeňme si spoluprácu SHMÚ s Rakúskom v časech najtvrdšej studenej vojny, bola možná.

Viaceré pilotné projekty, ktoré IWAC zabezpečuje, sú sústredené na kľúčové konfliktné oblasti. Vo východnej Európe je to povodie Dnestra, ktoré zdieľa Ukrajina a Moldavsko a taktiež tzv. Transdnesterská republika, ktorú zatiaľ nikto neuznal, kde sú ale vojenské sily Ruskej federácie a ekonomické aktivity nelegálneho charakteru. Ďalej je to povodie Neman, ktoré zdieľa Bielorusko, Litva a Ruská federácia s Kaliningradskou oblasťou. Projekt v povodí Pripjat na vybudovanie povodňového varovného systému je na Ukrajine a v Bielorusku. V strednej Ázii sa po rozpade Sovietskeho zväzu spolupráca úplne zastavila, národné služby nepokračovali v monitorovaní, výmena informácií nie je, bezpečnosť priehrad sa nesleduje. V poslednom období sa tieto aktivity zavádzajú iba v malom rozsahu. IWAC asistuje pri týchto začiatkoch, podporuje zavedenie spolupráce hydrologických služieb a vo vodnom hospodárstve, asistuje napr. v povodiach riek Chu (v ňom leží hlavné mesto Kyrgyzstanu Biškek) a rieky Talas, s významnou oblasťou Kazachstanu.

Na Kaukaze a v strednej Ázii je typická konfliktná situácia, vyššie ležiace horské štáty majú obrovské priehrady vybudované za Sovietskeho zväzu, ktoré potrebujú pre energetické účely hlavne v zime. Nižšie ležiace štáty potrebujú vodu v lete na zavlažovanie. Vyššie ležiace štáty znečisťujú vodu, ktorú nižšie ležiace štáty potrebujú aj na pitné účely. O tom, koľko a akej vody sa posúva dole povodím, nie je žiadna zhoda. Kvôli vode na zavlažovanie prerušil Uzbekistan dodávku elektriny z Turkménska do Tadžikistanu cez svoje územie, v zime sa v hlavnom meste Dušanbe nesvietilo a nekúrilo niekoľko týždňov. V typickej vnútrozemskej oblasti býva extrémna zima.

IWAC v rámci projektu na posilnenie manažmentu databáz v povodiach Aralského mora zabezpečuje spoluprácu krajín Kyrgyzska, Tadžikistanu, Uzbekistanu, Turkménska, Kazachstanu a Afganistanu pri vytvorení meta - databázy zdrojov informácií a ich užívateľov. Využíva grant vlády Francúzska. Hlavným zdrojom financií na činnosti IWAC je z úlohy SHMÚ vyčlenenej pre IWAC zo štátneho rozpočtu a z výnosov ústavu. NATO v rámci programu Vedou za mier a bezpečnosť financuje projekt Pripjat. V súčasnosti sa schvaľuje jeho pokračovanie. Ďalšie prostriedky poskytuje UNDP. Väčšina finančnej podpory ide priamo od donorov na jednotlivé projekty, ktoré majú vlastnú štruktúru manažmentu a kde IWAC je v riadiacich orgánoch a asistuje.

Najdôležitejšou prácou IWAC bola doteraz príprava Druhej hodnotiacej správy o cezhraničných riekach, jazeroch a podzemných vodách, ktorá bola schválená na konferencii ministrov životného prostredia Životné prostredie pre Európu, v Astane, v Kazachstane 21. až 23. septembra 2011. Slovensko (ako partner Fínska) predložilo jednu z troch správ na schválenie. Minister životného prostredia SR zorganizoval osobitné stretnutie ohľadom hodnotiacej správy, správa bola schválená a vysoko hodnotená. IWAC pripravoval materiály na hodnotenie vôd zo zdrojov informácií, ktoré jednotlivé štáty zaslali do medzinárodných organizácií, pripravil podklady na rokovanie zástupcov štátov, viedol rokovania o sporných otázkach a navrhol a prerokoval výsledné znenie hodnotenia jednotlivých povodí. Oproti Prvej hodnotiacej správe, ktorú zorganizovalo Holandsko, ktoré hostilo IWAC predtým, IWAC Slovensko dosiahlo

výrazný pokrok, čo odznelo explicitne na konferencii ministrov v Astane.

Čo je ďalším cieľom IWACu – pokračovať v asistencii vládam zmluvných strán dohovoru pri implementácii dohovoru; pripraviť zapojenie organizácií SR vo vodnom hospodárstve na prácach v zahraničí. Slovensko sa vstupom do EÚ zaviazalo na rozvojovú pomoc, Slovensko sa v rámci integračných zoskupení bude zapojovať na ochranu svojich strategických záujmov v susedných krajinách, a v oblastiach strategického záujmu. Slovensko tiež nemá inú možnosť ako využiť a udržať svojich odborníkov ich zapojením do aktivít v medzinárodnom meradle. Rozvojová pomoc SR sa môže uskutočňovať aj v iných oblastiach, ale v oblasti vód máme jedinečnú situáciu. Odborná úroveň, podobné predpisy, znalosť mentality, kultúry, podobné historické dedičstvo dáva Slovákom neobyčajne väčšiu perspektívu dobrej spolupráce v krajinách regiónov EHK OSN oproti starým členským štátom EÚ. Toto sa už potvrdilo v praxi. Musíme sa poučiť od Holandska, Dánska a iných menších štátov, ktoré zistili, že ich odborníkov môžu udržať v činnosti len ak ich zapoja do tých istých aktivít v iných štátoch s finančným krytím z rozvojových zdrojov (domácich a medzinárodných). Slovensko nemá šancu udržať si špičkových odborníkov prácami pre malé Slovensko. Do spolupráce v strednej Ázii, na Kaukaze môže napr. SHMÚ zapojiť odborníkov, technikov na hydrometrovanie, na tvorbu posudkov, návrhu a prevádzkovanie monitorovacích sietí a podobne, mnohých radových zamestnancov. Existuje potenciál, že práce SHMÚ môžu byť realizované v rozsahu desiatok percent rozpočtu SHMÚ, v Holandsku, Dánsku Fínsku je to v súčasnosti viac ako polovica. Motivácia pracovníkov za vyššie mzdy ohodnotenia by mala spätný pozitívny účinok na kvalitu prác na Slovensku. Pripomeňme si socialistickú Polytechnu v Československu, teraz sú však radikálne lepšie možnosti, existuje podpora fondov EÚ, program Susedstvo.

*Boris Minárik  
SHMÚ, Bratislava*

## **PRVÉ AGROMETEOROLOGICKÉ OBSERVATÓRIUM V UHORSKU A EURÓPE VZNIKLO NA PONITRÍ PRED 130 ROKMI**

Tento rok si pripomínáme 130. výročie vzniku prvého agrometeorologického observatória v Európe.

V roku 1866 Gregor Friesenhof založil v Nedanovciach pri Topoľčanoch meteorologickú stanicu (ďalej MS), ktorá bola v roku 1873 zaradená do siete meteorologických staníc v Uhorsku. Jej technické vybavenie umožňovalo meranie tlaku, vlhkosti a teploty vzduchu, intenzity žiarenia, zrážok, smeru a rýchlosti vetra a teploty pôdy. Zvláštna pozornosť bola venovaná búrkam a optickým úkazom a javom v atmosfére.

V roku 1880 bolo na medzinárodnej konferencii poľnohospodárskej meteorológie



(agrometeorológie) vo Viedni prijaté uznesenie na prebudovanie MS na agrometeorologické observatórium.

Toto začalo svoju činnosť 1. 1. 1881 ako prvé nielen v Uhorsku, ale aj v Európe. V roku 1883 bolo observatórium presťahované do Krásna (1 km od Nedanoviec). Tým ale rozvoj agrometeorológie v tomto regióne bol ešte stále iba v začiatkoch.

G. Friesenhof za podpory Hospodárskeho spolku pre údolie Nitry vybudoval sieť 28 meteorologických staníc, aby získal podklady pre klimatické hodnotenie tohto územia. Na území Uhorska sa mu podarilo zriadiť na pozorovanie búrok sieť až 600 meteorologických staníc. Žiaľ, pre neporozumenie ministerstva pôšt v oblasti financovania správ, táto sieť sa neskôr postupne redukovala. G. Friesenhof veľkú pozornosť venoval predpovediam počasia, ku ktorým vydával dvojtýždňový poveternostný kalendár. Aj ostatné výsledky svojich rozsiahlych činností všestranne popularizoval a publikoval.

Kto vlastne bol Gregor Friesenhof? Narodil sa v Petrohrade v roku 1840. Tu jeho otec (barón) pôsobil ako rakúsky diplomat, jeho matka Natalia Ivanovna bola sestričnou Puškinovej manželky. Už za detstva mladého Gregora kúpil otec zámok s hospodárskou usadlosťou v Brodzanoch, kde sa rodina usadila.

V rokoch 1861–1863 študoval právo na viedenskej univerzite, a v rokoch 1863–1865 poľnohospodárstvo na hospodárskej akadémii v Magyarövari, hospodáril na hospodárstvach v Nedanovciach a Krásne. Tu aj v roku 1913 zomrel.

Jeho záujmy hýrili pestrosťou. No nepochybne patrí medzi najpozoruhodnejšie osobnosti, ktoré majú mimoriadnu zásluhu na rozvoji agrometeorológie ale aj agronómie na Slovensku v 2. polovici 19. storočia. Ako praktik aplikoval zásady racionálneho hospodárenia na svojich majetkoch. Ako publicista, vedec a organizátor, nadšene propagoval a šírili nové poznatky prírodných vied.

Z publikovaných prác aspoň tie najvýznamnejšie:

- 1884–1887 časopis: „Mesačné správy agrometeorologického observatória v Krásne Hospodárskeho spolku údolia Nitry“;
- 1888–1903 časopis: „Laubfrosch“ (Rosnička),
- 1893–1894 časopis: „Időjárás“ (Počasie),
- 1879 knižná publikácia „Náuka o počasí, alebo praktická meteorológia podaná populárne“;
- 1872–1913 publikoval viac ako 150 vedeckých prác v najvýznamnejších európskych časopisoch.

Jeho aktivity účinne zasahovali aj do iných oblastí ľudských činností: písal básne, zaujímal sa o geológiu, archeológiu, organizoval dobrovoľnú protipožiarnu ochranu, bol členom prvého výboru Matice Slovenskej.

Záverom možno len konštatovať, že jeho dielo je u nás ešte stále nedocenené.

*František Špánik*

**Gregor Friesenhof, uhorský meteorológ  
a zakladateľ Agrometeorologického  
observatória v Nedanovciach**

# PERSONÁLIE

## PERSONALS

### ŽIVOTNÉ JUBILEUM

doc. RNDr. JÁNA OTRUBU, CSc.

V tomto roku si pripomíname významné životné jubileum, dosiahnutie veku 90 rokov, významného slovenského meteorológa, dlhoročného vedeckého pracovníka Geofyzikálneho ústavu SAV, člena Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV a Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti pri SAV, nestora slovenskej meteorologickej obce, doc. RNDr. Jána Otrubu, CSc.

Jubilant sa narodil 29. júla 1921 v Zázrivej na Orave. Po maturite v Dolnom Kubíne a absolvovaní vysokoškolského štúdia v Bratislave pracoval v Ústave pre meteorológiu a klimatológiu prírodovedeckej fakulty Slovenskej univerzity v Bratislave, neskôr na Katedre astronómie, geofyziky a meteorológie PFUK v Bratislave, odkiaľ v roku 1963 odišiel do Ústavu meteorológie a klimatológie SAV v Bratislave, kde od roku 1964 pôsobil vo funkcii vedúceho oddelenia horskej meteorológie. Na tomto pracovisku zotrval, aj po jeho včlenení do Geofyzikálneho ústavu SAV, až do odchodu do dôchodku.

Výskumná práca jubilanta bola zameraná hlavne na problematiku cirkulačných pomerov v hraničnej vrstve atmosféry, zvlášť na orografické deformácie poľa prúdenia vzduchu v horských oblastiach. Dosiahnuté výsledky zverejnil v značnom počte pôvodných vedeckých prác, publikovaných doma i v zahraničí. Je autorom monografie „Veterné pomery na Slovensku“, ktorá vyšla v roku 1964 vo vydavateľstve SAV VEDA a ktorú v r. 1969 vydalo v angličtine vydavateľstvo NOLIT v Belehrade. Autorsky sa zúčastnil aj na vydaní monografií „Klíma Tatier“ a „Klíma a bioklíma Bratislavy“.

Zvlášť sa žiada vyzdvihnúť dlhoročnú vedecko-pedagogickú činnosť jubilanta, ktorý dlhé roky pôsobil ako externý učiteľ pre odborné štúdium meteorológie a klimatológie na Univerzite Komenského v Bratislave, a tiež sa podieľal na výchove mladých vedeckých pracovníkov ako školiteľ ašpirantov, aj ako predseda Komisie pre obhajoby kandidátskych dizertačných prác v odbore meteorológia a klimatológia.

Počas dlhoročnej práce v odbore meteorológia a klimatológia sa doc. Otruba v širokej miere podieľal na praktickej aplikácii vedeckých výsledkov vypracovaním mnohých odborných expertíz a posudkov. Nezanedbával ani popularizáciu meteorológie medzi širokou verejnosťou, na čo využíval aj svoje členstvo vo vedeckých spoločnostiach pri SAV.

Práca jubilanta bola vo svojej podstate celkom nenápadná a nenašla široký priestor v mienkotvorných médiách. Napriek tomu, jubilant získal viacero ocenení výsledkov svojej zásluhnej vedeckej a pedagogickej činnosti. Tvorivý život a výsledky práce jubilanta ocenilo aj Predsedníctvo SAV, ktoré ho v roku 2001 oficiálne zaradilo medzi významné osobnosti SAV.

V mene všetkých priateľov a bývalých spolupracovníkov si dovoľujem poďakovať jubilantovi za jeho dlhoročnú prácu pre rozvoj slovenskej meteorológie a popriať mu hlavne veľa zdravia a pokojný život v rodinnom kruhu.

*František Matejka*

### JUBILANT Ing. OTAKAR MALÝ

Toho roku sme si pripomenuli jeho už osemdesiate piate jubileum Ing. Otakara Malého. Narodil sa 11. mája 1926 v Nitre, ako šesťročný sa s rodičmi presťahoval do Bratislavy a nášmu mestu zostal verný po celý čas. Jeho podrobný životopis sme pre čitateľov Meteorologického časopisu priniesli pred piatimi rokmi.

Napriek tomu by sme radi opätovne pripomenuli dve jeho veľké životné méty: vybudovanie modernej hydrologickej služby na Slovenskom hydrometeorologickom ústave, a to od novej pozorovacej siete podzemných vôd, prebudovania a moderného prístrojového vybavenia všetkých hydrologických sietí, zavedenia snímkovania snehovej pokrývky a stanovovania jej vodnej hodnoty, ako aj celoplošného nasadenia modernej výpočtovej techniky pri hromadnom spracovaní údajov, až po podporu riešenia aplikačných výskumných úloh a projektov nielen doma ale aj v zahraničí. Hydrológovia po Ing. Malom prevzali dobrý a zdravý grunt.

S vodou sa spája aj jeho druhá celoživotná láska, láska k športu. Vo svojich pätnástich rokoch začínal ako plavec, neskôr bol trénerom plavcov a dlhé desaťročia sa venoval jachtingu. Byť viac ako 50 rokov členom výboru Yacht Clubu SLOVAN Bratislava znamená skutočnú vernosť tomuto športu. A mladším kolegom určite stojí za pripomenutie, že v roku 1952 viedol ako tréner československých plavcov na Olympijských hrách v Helsinkách.

Už aj nezlomného Ing. Otakara Malého sa dotkli plynúce roky. Aj keď s paličkou, ale za volantom svojho tátoša, čas od času príde, aby sa s nami pozdravil, aby zistil, čo máme nové. Jeho návštevy sú pre nás vždy sviatkom. Radi by sme mu, aj cez náš časopis, zapriali dobré zdravie, spokojnosť a krásne okamihy pri „jeho“ vode.

*Oľga Majerčáková  
SHMÚ, Bratislava*

## **ŽIVOTNÉ JUBILEUM RNDr. ZLATY ČABAJOVEJ, CSc.**

Začiatkom tohto roku oslávila prvá dáma slovenskej bioklimatológie RNDr. Zlata Čabajová, CSc. významné životné jubileum.

Narodila sa 4. januára 1941 v Kláštore pod Znievom. Gymnaziálne štúdium absolvovala v Trenčíne. Po maturite nastúpila na Prírodovedeckú fakultu UK v Bratislave, kde sa špecializovala na meteorológiu a klimatológiu. V roku 1963 úspešne štúdium ukončila, v roku 1971 obhájila rigoróznú prácu, neskôr dizertačnú prácu, a v roku 1984 jej bol priznaný vedecký kvalifikačný stupeň samostatný vedecký pracovník. Ako jedna z mála špecialistov na Slovensku sa venovala humánnej bioklimatológii. Táto problematika bola aj náplňou jej prednášok na Ústave pre doškoľovanie lekárov a zdravotných pracovníkov a na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave.

Od ukončenia vysokoškolského štúdia pracovala vo Výskumnom ústave humánnej bioklimatológie v Bratislave až do jeho zániku v roku 1994. Niektoré aktivity zrušeného výskumného ústavu čiastočne prevzalo nešťátne zdravotnícke zariadenie Eurorehab v Bratislave, kde niekoľko rokov pôsobila aj jubilantka. Tu pokračovala v odborných bioklimatologických aktivitách, pripravovala a vydávala medicínsko-meteorologické prognózy. Humánnej bioklimatológii a biometeorológii sa neprestala venovať ani po odchode z EUROREHABu, v súčasnosti vedie portál [www.biopocasia.sk](http://www.biopocasia.sk), ktorý denne poskytuje aj individuálne medicínsko-meteorologické predpovede. Táto stránka sa stala dennou neoddeliteľnou súčasťou mnohých záujemcov o vplyv počasia na človeka.

Svoju vedecko-výskumnú a pedagogickú činnosť sústredila na problematiku vplyvu vonkajších prírodných činiteľov, najmä poveternostných faktorov, na zdravotný stav človeka, sledovanie meteosenzitivity, skúmanie bioklimatologických a biometeorologických podmienok rôznych lokalít a územných celkov Slovenska z hľadiska klimatického, na otázky tepelného komfortu a diskomfortu v podmienkach mikro-, mezo- a makroklimy, horskej a vysokohorskej bioklimatológie a čiastočne aj speleoklima-

tológie. Vo svojich vedeckých prácach poukázala na vplyv atmosférických, geomagnetických a solárnych dejov na kardiovaskulárne a respiračné ochorenia (infarkt myokardu, náhle cievne mozgové príhody, hypertenzné krízy, astmu bronchiale, atď.), na ich sezonalitu, ročný a denný chod. Podieľala sa na výskume speleoterapie a patrí jej prvenstvo v bývalej ČSSR v riešení otázok vonkajšieho tepelného komfortu a diskomfortu.

V rámci Národného klimatického programu SR urobila analýzu zmien a variability ekvivalentnej teploty na našom území a modelový výpočet tejto charakteristiky do roku 2025. Výsledky svojej rozsiahlej vedeckej činnosti publikovala v 140 vedeckých a odborných článkoch, z toho 15 v zahraničí, predniesla viac ako 100 referátov, z toho 29 na kongresoch a medzinárodných konferenciách v zahraničí a doma. V roku 1993 publikovala v spoluautorstve monografiu „Trápi Vás počasie?“, kde populárnou formou vysvetľuje vplyv počasia na činnosť človeka. Je jednou z autorov monografie „Bioklimatologicko-fenologická charakteristika Záhorskej nížiny a priľahlých svahov Malých Karpát“, Bratislava, 1995.

Je spoluautorkou vysokoškolských skrípt Agrometeorológia a bioklimatológia (1994) a monografie „Termoterapia, hydroterapia, balneoterapia a klimatoterapia“ (2005). Vysoko treba oceniť jej pedagogickú činnosť hlavne na Prírodovedeckej fakulte UK a Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave, kde už mnoho rokov prednáša, na Trnavskej Univerzite, Univerzite Konštantína Filozofa v Nitre, na Vysokej škole zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety v Bratislave. Je oponentkou, konzultantkou, školiteľkou a vedúcou bakalárskych, diplomových a rigorózných prác z biometeorológie a bioklimatológie.

Je spoluzakladateľka Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti pri SAV, kde dlhé roky pôsobila ako vedecká tajomníčka, a v súčasnosti je čestnou členkou hlavného výboru a predsedníčkou humánnej sekcie. Osobitne treba hodnotiť jej prácu spojenú s propagáciou a popularizáciou humánnej biometeorológie v rôznych médiách, jej vedecko-populárnu činnosť v televízii, rozhlase, tlačí aj na internete.

Do ďalších rokov života si dovoľujeme touto cestou RNDr. Čabajovej zo srdca popriať pevné zdravie, dostatok optimizmu, elán v práci a spokojnosť v osobnom živote.

*Viera Horecká  
SHMÚ, Bratislava*

## **RNDr. MARIAN OSTROŽLÍK, CSc. SA DOŽÍVA 70 ROKOV**

Dňa 16. marca 2011 v zdraví a duševnej sviežosti naplnil 70 rokov svojho života tvorivou výskumnou prácou bývalý spolupracovník a priateľ, RNDr. Marian Ostrožlík, CSc. Jubilant sa narodil v Úľanoch nad Žitavou. Po skončení stredoškolských štúdií si podal prihlášku na Prírodovedeckú fakultu Univerzity Komenského v Bratislave, kde v roku 1963 promoval.

Po skončení vysokoškolského štúdia nastúpil do práce na Ústav meteorológie a klimatológie SAV, ktorý v tých časoch sídlil v budove Predsedníctva SAV na Štefánikovej



ulici v Bratislave. Jubilant zostal verný tomuto pracovisku po celý život, až kým tesne pred svojimi sedemdesiatimi neodišiel do zaslúženého dôchodku, aj keď sa ústav postupne presťahoval do nových priestorov na Patrónke, a neskôr bol včlenený do Geofyzikálneho ústavu SAV.

Hlavnou náplňou jeho celoživotnej výskumnej činnosti bolo štúdium tvorby a výskytu námrazy. Tejto problematike sa venoval už od obdobia internej aspirantúry, ktorú úspešne ukončil v roku 1971. V poslednom období svojej vedeckej práce, keď pôsobil ako vedúci Oddelenia horskej meteorológie Geofyzikálneho ústavu SAV, rozšíril okruh bádania o aktuálne problémy horskej klimatológie, akými sú polia teploty a vlhkosti vzduchu, ako aj cirkulačné pomery v horských oblastiach. Dosiahnuté výsledky publikoval v domácich i zahraničných vedeckých časopisoch a na významných meteorologických konferenciách.

Dlhé roky sa ako člen i funkcionár aktívne zapájal do práce Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV a Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti pri SAV, podieľal sa aj na organizácii významných medzinárodných konferencií poriadaných týmito organizáciami.

Jubilant sa dožíva svojich sedemdesiatin v dobrom zdraví a so záujmom o dianie vo svojom okolí. K jeho životnému jubileu mu prajem, nech mu pevné zdravie vydrží, nech jeho záhrada rozkvitá a nech ho naďalej tešia milé „dedkovské“ povinnosti.

*František Matejka*

## JUBILANTKA

### RNDr. GABRIELA BABIAKOVÁ, CSc.

K tohtoročným významným slovenským hydroológom – jubilantom patrí aj RNDr. Gabriela Babiaková, CSc. Uvádzame niekoľko z jej osobných údajov. RNDr. Gabriela Babiaková, CSc. sa narodila 2. júna 1941 v Prievidzi. Maturovala v roku 1958 v Bánovciach nad Bebravou a vysokoškolské štúdiá na Prírodovedeckej fakulte UK v odbore geografia ukončila v roku 1963. Tu si zvolila špecializáciu hydroológia - klimatológia.

Po štúdiách nastúpila na Ústav hydrologie a hydrauliky SAV, kde pôsobila do roku 1992. Potom prešla na Slovenský hydrometeorologický ústav, kde bola až do roku 2010.

V roku 1971 obhájila titul RNDr. a svoju vedeckú právu zamerala na hydrologiu snehu. V roku 1974 obhájila dizertačnú prácu na tému: Vplyv lesa na formovanie snehových zásob. Po úspešnej obhajobe riešila viaceré úlohy štátneho plánu základného výskumu a technického rozvoja. Z nich možno spomenúť napríklad „Regulovanie odtoku pre potreby hospodárenia s vodou“, ktorá bola ocenená cenou ČSAV. V roku 1985 sa začala venovať otázkam procesu znečistenia snehovej pokrývky.

Po príchode na SHMÚ sa RNDr. Babiaková venovala najmä práci v hydroprognózne službe. Vzťah k vedeckej práci v nej však zostal, a tak sa zapojila do medzinárodného projektu Mapovanie kritických úrovní a kritických záťaží územia. Riešila aj viaceré expertné úlohy hydroprognózy, venovala sa hydrologii snehu, rozbiehala viaceré medzinárodné projekty.

Okrem odbornej práce sa venovala aj pedagogickej činnosti, viedla študentov a doktorandov pri ich prácach, často bola a je oponentkou diplomových a doktorandských prác. Významná je aj jej činnosť v profesionálnych združeniach a organizáciách - v Slovenskom výbore pre hydrologiu alebo Medzinárodnej asociácii hydrologických vied. SHMÚ ju nominovalo ako experta ICPDR, EFAS a Dunajskej komisie, je členkou GWP Slovensko. Jubilantka má za sebou aj pomerne bohatú publikačnú činnosť. V odbornej domácej a zahraničnej tlači jej vyšlo viac ako 90 správ, referátov a článkov.

Významnou časťou jej profesionálnej kariéry bola aj organizátorská práca, napríklad pri príprave 4. a 6. hydrologických dní, 20. konferencie dunajských štátov, medzinárodnej konferencie „Účasť žien v meteorológii, operatívnej hydrologii a príbuzných disciplínach“, a mnohých ďalších zaujímavých podujatí.

Mimo pracoviska spolupracovala s Britskou radou a v rámci Phare programu „Ženy spolu - partnerstvo pre demokraciu“ sa zúčastnila zakladania MVO - Profesionálne ženy, v ktorej stále aktívne pôsobí. K jej osobným koníčkom patrí história Bratislavy a záujemcom vie fundovane a pútavo priblížiť všetky pamätihodnosti nášho hlavného mesta.

Odborná a spoločenská angažovanosť Gabiky Babiakovej je stále veľmi bohatá a dynamická. Chcela by som jej pri príležitosti okrúhlych narodenín zapriať dobré zdravie, spokojnosť, a nám, aby táto nevšedná žena zostala s nami v obohacujúcom kontakte.

*Ol'ga Majerčáková  
SHMÚ, Bratislava*

## AKADEMIK DUŠAN PODHORSKÝ – SEDEMDESIATROČNÝ

Dňa 5. júna 2011 oslávil svoje sedemdesiate narodeniny Akademik RNDr. Dušan Podhorský, DrSc., rodák z Bratislavy, významný meteorológ, klimatológ, hydroológ a predovšetkým človek. Jeho mladistvý životný a pracovný elán ho sprevádzal počas celého plodného života.

Po ukončení štúdií v Bratislave (Prírodovedecká fakulta UK, špecializácia hydrologia a klimatológia) v roku 1963, nastúpil do Slovenského hydrometeorologického ústavu a pracoval ako synoptický a letecký meteorológ. Neustále hľadal nové cesty, čo ho doviedlo k rozvoju rádiolokačnej a družicovej meteorológie na Slovensku a k vzniku rádiolokačného a družicového pracoviska na Malom Javorníku, ktoré viedol ako riaditeľ do roku 1984. Do roku 1990 bol námestníkom riaditeľa SHMÚ pre meteorológiu. Počas svojho pôsobenia v SHMÚ sa neustále venoval vzdelávaniu mladých meteorológov a hydroológov - externe prednášal na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK, na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave a na Matematicko-fyzikálnej fakulte KU v Prahe, viedol a konzultoval diplomové a dizertačné práce v Československu i v zahraničí. Odborne spolupracoval s Geofyzikálnym ústavom SAV a Ústavom fyziky atmosféry ČSAV. Viedol množstvo odborných výskumných projektov. Napísal množstvo vedeckých prác a je spoluautorom dvoch monografií. Výsledkom jeho mimoriadnej

vedeckej činnosti bolo získanie vedeckej hodnosti doktor technických vied na Akadémii vied ZSSR v roku 1990. Za svoju vedeckú činnosť a propagáciu vedy a techniky bol Dušan Podhorský ocenený zlatou medailou Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností, získal čestnú plaketu Aurela Stodolu udelenú SAV a Čestnú plaketu k 50. výročiu SAV.

Dušan Podhorský významne rozvíjal medzinárodnú vedeckú spoluprácu v rámci svetovej meteorologickej organizácie WMO a aj v rámci Rady vzájomnej hospodárskej pomoci (RVHP). V rokoch 1978–1984 pracoval ako spravodajca WMO pre rádiolokačnú meteorológiu, a v rokoch 1984–1990 pôsobil ako predseda pracovnej skupiny WMO pre veľmi krátkodobú predpoveď počasia a tiež ako riaditeľ Centra aktivity pre nowcasting. V rokoch 1985–1989 viedol expertný tím RVHP pre automatizáciu meteorologických pozorovaní, zabezpečujúcich leteckú dopravu. Pod jeho vedením v 80. rokoch získali projekty „Kybernetický informačný systém KIS životného prostredia SHMÚ“ a „Automatizovaný rádiolokačný meteorologický systém ARMS“ zlaté medaily na výstave INCHEBA a na Medzinárodnom strojárskom veľtrhu v Brne.

V ďalších rokoch pôsobil ako predseda predstavenstva a generálny riaditeľ SLOV AIR, a.s. (TATRA AIR Group, a.s. 1992–1997) a ako predseda Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR (1998–2005). Pod jeho vedením úrad vypracoval návrhy zákonov o skúšobníctve a metrológii. V roku 1999 bol vládou poverený vedúcim slovenskej delegácie v Stálej medzinárodnej komisii pre skúšky ručných palných zbraní – C.I.P.V. a v roku 2000 bol zvolený za prezidenta tejto celosvetovej organizácie. V rokoch 2005–2011 pôsobil Dušan Podhorský ako veľvyslanec SR pre Kazašskú republiku, s pôsobnosťou aj pre Kirgizskú republiku.

Pri príležitosti významného okrúhleho životného jubilea prajeme Dušanovi Podhorskému veľa dobrého zdravia, optimizmu a tvorivých síl do ďalšej práce, ktorou nás, ako ho poznáme, určite prekvapí.

*Dagmar Kotláriková  
SHMÚ, Bratislava*

## **ŽIVOTNÉ JUBILEUM doc. RNDr. DUŠANA ZÁVODSKÉHO, CSc.**

Významná osobnosť v oblasti ochrany ovzdušia na Slovensku, doc. RNDr. Dušan Závodský, CSc., dlhoročný pracovník Slovenského hydrometeorologického ústavu a dlhoročný člen Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV, v tomto roku oslávil svoje sedemdesiate narodeniny.

Jubilant sa narodil 8. 6. 1941 v Bratislave. Svoje vysokoškolské štúdiá absolvoval na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave, kde bol v roku 1963 promován v odbore fyzika, špecializácia – meteorológia a klimatológia. Jeho prvým pracoviskom sa stala na krátky čas Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre. V roku 1964 nastúpil do pracovného pomeru na Slovenský hydrometeorologický ústav. V roku 1971 obhájil na Geofyzikálnom ústave SAV kandidátsku dizertačnú prácu a získal vedeckú

hodnosť kandidáta fyzikálno-matematických vied. Na základe dosiahnutých odborných výsledkov bol v roku 1980 preradený za samostatného vedeckého pracovníka, a v roku 1997 na vedúceho vedeckého pracovníka, v odbore meteorológia a klimatológia.

Krátko po nástupe na SHMÚ sa stal vedúcim laboratória pre rádioaktivitu ovzdušia. Postupne zastával rôzne funkcie, počnúc vedúcim odboru znečistenia ovzdušia, zástupcom riaditeľa, a na začiatku 90. rokov bol krátko poverený aj vykonávaním funkcie riaditeľa ústavu. Od roku 1993 do roku 2007 na SHMÚ pracoval ako vedúci vedecký pracovník.

Svoje bohaté odborné vedomosti a skúsenosti odovzdával študentom, budúcim odborníkom v rámci pedagogickej činnosti. Bol vedúcim dvoch doktorandských a takmer dvadsiatich diplomových prác. Ako externý vysokoškolský učiteľ pracoval na Katedre meteorológie a klimatológie MFF UK už od roku 1972, kde bol aj v príslušnom odbore v roku 1993 po úspešnom habilitačnom konaní vymenovaný za docenta. Je členom štátnicových komisií pre meteorológiu a klimatológiu a pre fyzikú životného prostredia, člen spoločných odborových komisií pre doktorandské štúdium vo vedných odboroch 11-55-9 Meteorológia a klimatológia a 28-95-9 Chémia a technológia životného prostredia. Pozoruhodným rysom osobnosti jubilanta je bohatá publikačná činnosť, vysoko nadpriemerná po kvalitatívnej aj kvantitatívnej stránke. Aj v tejto oblasti pôsobenia doc. Závodského sa prejavili jeho typické vlastnosti: dôkladnosť, svedomitosť, vysoké pracovné nasadenie, mimoriadne široký prehľad v problematike, schopnosť reflektovať moderný vývoj a koncepcnosť v myslení. Uverejnil viac ako dvesto odborných publikácií, z ktorých viaceré mali medzinárodný ohlas. Jeho publikácie majú široký záber v oblasti ochrany kvality ovzdušia a meteorológie. Okrem odborných publikácií v domácich a zahraničných periodikách, príspevkov v zborníkoch, bol spoluautorom desiatich monografií a vysokoškolských skrípt a vyše päťdesiatich výskumných správ a štúdií, vrátane atlasu životného prostredia ČSR, atlasu krajiny SR a 11 STN. Je editorom 1. a 2. národnej správy o implementácii FCCC. Vzhľadom na špičkovú odbornú úroveň jeho prác je len samozrejmosťou, že je najviac citovaným domácim autorom v danom odbore.

Jubilant si pri svojich vedeckých, odborných a pedagogických aktivitách našiel čas aj na prácu v rôznych spoločnostiach, radách a komisiách. V rokoch 1991 a 1992 bol členom poradného zboru ministra – predsedu FVŽP ČSFR. Zastával funkciu predsedu Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV (1993–95), predsedu vedeckej rady SHMÚ (1997–2000), predsedu redakčnej rady Meteorologického časopisu (1998–2007). Bol členom vedeckej rady MFF UK (3 funkčné obdobia), poradného zboru TANAP, podpredsedom vedeckého kolégia SAV pre vedy o Zemi a Vesmíre a Technicko-normalizačnej komisie SÚTN č. 28. Bol redaktorom SMS Bulletinu pri SAV, členom redakčných rád Acta Meteorologica UK, časopisu Ochrana ovzdušia a maďarského časopisu Időjárás.

Bol zodpovedným riešiteľom aj koordinátorom mnohých výskumných úloh v rámci programov P-16 a A-12 životné prostredie (1970–1889), dlhodobého projektu „Za-

bezpečenie medzinárodných záväzkov ČSFR, resp. SR - hodnotenie znečistenia ovzdušia a jeho globálnych rizík“ (1990–1999), Národného klimatického programu SR, vedúcim viacerých grantov GAV resp. VEGA, zahraničných programov a projektov (US Country Study, ETEX, Kritické úrovne a záťaže, PTL/AE, PTL/AQ a Leonardo). Významne sa angažoval v úlohách ktoré súviseli s budovaním laboratórií a monitorovacích sietí kvality ovzdušia, atmosférickou rádioaktivitou, chemizmom atmosféry a ozónom, matematickým modelovaním rozptylu znečisťujúcich látok v atmosfére, resp. diaľkovým prenosom. Spolupracoval pri tvorbe legislatívy a noriem v oblasti ochrany ovzdušia. Ako oprávnený posudzovateľ MŽP SR svojou posudkovou a expertíznou činnosťou významne prispel k riešeniu problémov ochrany ovzdušia na Slovensku.

Vysoké odborné vedomosti a charakterové vlastnosti jubilanta boli zárukou pre úspešnú reprezentáciu našej krajiny v oblasti ochrany ovzdušia v rámci zahraničnej spolupráce. V minulosti bol zástupca v RGMÁZA v rámci bývalého RVHP, bol národným expertom pre EMEP, vedúcim NRC SR pre mapovanie kritických úrovni a záťaží v rámci EHK OSN (1995–2007) a zástupcom SR v Komisii pre atmosférické vedy Svetovej meteorologickej organizácie (1992–2006).

Za dlhé roky obetavej práce doc. RNDr. Dušan Závodský, CSc., získal mnoho priateľov, a to nielen pre jeho vysoké odborné znalosti, o ktoré sa príslovečne rád podelí so svojimi spolupracovníkmi, ale aj pre jeho družnú povahu a ľudskosť.

Je ťažkou úlohou v krátkosti zhodnotiť osobnosť doc. Závodského pri príležitosti jeho jubilea vo všetkých aspektoch. Ak však berieme do úvahy jeho mnohostranné pôsobenie v uplynulých rokoch, môžeme ho označiť za jednu z kľúčových zakladateľských a budovateľských osobností Slovenského hydrometeorologického ústavu v druhej polovici 20. storočia. S jeho osobou je spojený vznik a rozvoj environmentálnych aktivít na SHMÚ, čím prispel zásadným spôsobom k formovaniu nášho ústavu ako rešpektovaného subjektu v oblasti životného prostredia v Slovenskej republike. So znalosťou jeho diela si trúfam konštatovať, že jeho odborné a profesionálne pôsobenie je aj dobrým príkladom pre novú generáciu meteorológov, hydroológov a environmentalistov nielen na našom ústave. Za jeho celoživotnú vedeckú a pedagogickú prácu ho právom považujeme za gestora ochrany kvality ovzdušia na Slovensku.

Za svoje aktivity získal viaceré ocenenia ako Medaila primátora Bratislavy za ochranu životného prostredia v roku 1983, Čestné uznanie ČMS pri ČSAV Praha v roku 1991, Strieborná medaila MFF UK v roku 2001 a Pamätná medaila ministra ŽP SR v roku 2005. Vedenie SHMÚ, pri príležitosti jeho jubilea, ocenilo jeho celoživotný prínos v roku 2001 udelením Zlatej medaily SHMÚ za zásluhy o rozvoj hydrologie a meteorologie.

Je šťastím pre nás, jeho priateľov a bývalých spolupracovníkov, že sa dožíva svojich sedemdesiatin v dobrom zdraví a so záujmom o dianie u nás a vo svete. Jubilantovi prajem do ďalších rokov pevné zdravie, mnoho tvorivých myšlienok, optimizmus a spokojnosť v živote.

*Gabriel Szabó*

## Ing. DUŠAN JAKUBÍK 65-ROČNÝ

Dňa 15. januára 2011 oslávil v plnom pracovnom nasadení svoje 65. narodeniny náš kolega a priateľ, Ing. Dušan Jakubík.

Narodil sa v Hrnčiarovciach nad Parnou, v okrese Trnava. Po absolvovaní strednej priemyselnej školy elektrotechnickej v Bratislave, pokračoval v štúdiu na Elektrotechnickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej (dnes STU), ktoré úspešne ukončil v roku 1969 ako inžinier elektrotechnik. Po skončení štúdia sa zamestnal na Slovenskom hydrometeorologickom ústave, kde pracuje až dodnes. Napriek tomu, že jeho pracovná pozícia viackrát zmenila názov, vždy bola úzko spätá s meteorologickými prístrojmi. Dlhé roky zastával funkciu vedúceho prístrojového oddelenia.

V 80. a 90. rokoch minulého storočia stál pri začiatkoch automatizácie meteorologických meraní na SHMÚ, pričom už vtedy úspešne uplatňoval svoje bohaté vedomosti a dlhoročnú prax z oblasti technickej klimatológie. Jeho „rukopis“ nesie azda každá zo súčasných 34 existujúcich automatických meteorologických staníc a letiskových systémov, kde sa aktívne zúčastňoval buď pri ich výstavbe alebo pri údržbe. Svoje znalosti obohatil návštevami niektorých významných meteorologických služieb európskych krajín a privátnych firiem z oblasti prístrojovej techniky. Postupne sa tak vypracoval na jedného z najväčších odborníkov na túto problematiku na ústave. Dnes pôsobí na pozícii špecialistu pre monitorovacie systémy, na ktorej sa jeho aktivity sústreďujú na riešenie mnohorakých problémov a činností pri udržiavaní chodu najmä automatických meteorologických staníc.

Jubilant je stále aktívnym športovcom, každoročne prekonáva stovky kilometrov v okolí Bratislavy, v lete na bicykli, v zime na bežkách. Za dobrú kondíciu zaiste je vďačný aj manželke, profesorke medicíny, s ktorou už spoločne žije vyše 40 rokov a majú jedného syna.

Do budúcich rokov želáme jubilantovi najmä pevné zdravie a veľa síl pre ich aktívne a spokojné prežitie v kruhu spolupracovníkov a rodiny.

*Branislav Chvíla  
SHMÚ, Bratislava*

## K ŽIVOTNÉMU JUBILEU RNDr. OLGY MAJERČÁKOVEJ, CSc.

15. januára 2011 sa v dobrom zdraví a v pohode dožila významného životného jubilea popredná slovenská hydrologička, propagátorka hydrologie a zanietená organizátorka súťaží mladých hydroológov a adeptov na túto krásnu vednú disciplínu, RNDr. Oľga Majerčáková, CSc.

Je rodenou Bratislavčankou, v rodnom meste vychodila základnú školu a v roku 1969 maturovala na vtedajšej SVŠ. Vysokoškolské štúdium absolvovala na prírodovedeckej fakulte v Bratislave, ktoré završila v roku 1974 štátnou záverečnou skúškou v odbore geografia, špecializácia hydrologia a klimatológia. V roku 1981 po absolvovaní štátnej rigoróznejšej skúšky získala titul RNDr., a v roku 1984 jej bola udelená vedecká hodnosť kandidát technických vied. Témou

jej dizertačnej práce bola „Intercepcia ako komponent vplývajúci na tvorbu odtoku zo zrážok v lesných biómoch“. Medzitým absolvovala aj medzinárodný kurz UNESCO v Prahe v odbore hydrológie.

Tak ako jej študijné aktivity, aj profesijné zameranie je úzko späté s hydrológiou. Po vysokoškolskom štúdiu pracovala 10 rokov na Ústave hydrológie a hydrauliky SAV, Bratislava (dnešný Ústav hydrológie), od roku 1985 až podnes pracuje na Slovenskom hydrometeorologickom ústave. RNDr. Oľga Majerčáková pôsobila predovšetkým v oblasti výskumu hydrológie a bola aj vedúcou Odboru. V rokoch 1997 až 1999 bola námestníčkou úseku hydrológie. Od roku 2000 je vedeckou tajomníčkou SHMÚ.

Medzi hlavné odborné oblasti, ktorými sa jubilantka vo svojej bohatej činnosti zaoberala, patrí predovšetkým téma minimálnych prietokov a Národný klimatický program. Pri spracovaní hydrologických charakteristík za obdobie 1931–1980 bola zodpovednou riešiteľkou úlohy N-ročné minimálne prietoky. Zaoberala sa aj pravdepodobnostným hodnotením minimálnych prietokov a otázke hydroekologických limitov a regionálnou analýzou malej vodnosti. V oblasti NKP sa venovala výberu staníc pre NKP, analýze stacionarity hydrologických radov a dôsledkami vplyvu klimatických zmien na hydrologickú bilanciu. Jej pozornosti však neušli ani prívodové povodne, pre Atlas krajiny SR vypracovala vybrané hydrologické mapy a pracovala aj na projekte POVAPSYS, v čase jeho zrodu. Podieľala sa na riešení projektov APVT Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v SR dôsledku klimatickej zmeny a Prognózovanie vplyvu zmien využívania krajiny na kvantitu a kvalitu vody v tokoch pre potreby integrovaného vodohospodárskeho plánovania. Rovnomenná monografia k prvému projektu získala aj zásluhou Oľgy Majerčákovovej príemiu Literárneho fondu za vedeckú a odbornú literatúru za rok 2005.

V rámci medzinárodných aktivít sa zapojila do projektu UNESCO stredo- a východoeurópskych krajín, do spolupráce na projekte FRIEND a spolupráce na projekte Country Study SR. V rokoch 1999 až 2000 viedla trilaterálny projekt „Zdokonalenie predpovedania povodní v povodí stredného úseku Dunaja“, za spoluúčasti maďarských a rakúskych hydrológov.

Pochopiteľne, že tak širokému záberu odbornej činnosti odpovedá aj rozsah publikácií, ktorý u jubilantky tvorí viac ako 130 titulov. Oľga Majerčáková je členkou Slovenského výboru pre hydrológiu, Slovenskej meteorologickej spoločnosti, Asociácie hydrológov Slovenska a Slovenskej akadémie poľnohospodárskych vied. Bola, resp. je členkou komisií pre obhajoby diplomových prác a doktorandského štúdia pre hydrológiu a vodné hospodárstvo.

Je aj členkou redakčných rád Vodohospodárskeho časopisu, Meteorologického časopisu, Vodohospodárskeho spravodajcu a Národného klimatického programu Slovenskej republiky.

Za bohatú odbornú činnosť a organizátorskú činnosť sa jubilantke dostalo aj morálnych ocenení, z nich spomenieme Čestné uznanie ÚH SAV za významný prínos k rozvoju hydrológie Slovenska, Čestné uznanie ministra životného prostredia za dlhoročný prínos starostlivosti o životné prostredie a Plaketu akademika Duba od SvF STU.

Olinka, dovoľ za všetkých kolegov, priateľov a známych, zaželať Ti do ďalších rokov veľa zdravia, tvorivé nápady pri napredovaní hydrológie, mnoho spokojnosti v rodinnom živote, predovšetkým radosť z ďalšej generácie Majerčákovcov.

Peter Škoda  
SHMÚ, Bratislava

## JUBILANT RNDr. JÁN HRVOĽ, CSc.

RNDr. Ján Hrvol, CSc. sa 24. 6. 2011 dožil pekného životného jubilea 60 rokov. Jeho doterajší život je úzko spätý s meteorológiou a klimatológiou. Okrem vlastného vzdelávania v tejto oblasti sa venuje výchove študentov a propagácii tohto vedného odboru medzi našou mládežou.

Narodil sa v Moste pri Bratislave. Po ukončení základnej a strednej školy absolvoval v rokoch 1969 až 1974 vysokoškolské vzdelanie v odbore meteorológia a klimatológia, na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave. Téma jeho diplomovej práce mala názov „Porovnanie výskytu dní s prízemnou inverziou a hmlou na letisku Poprad“. Po ukončení štúdia sa zamestnal na Meteorologickom a klimatologickom ústave PF UK. Na Univerzite Komenského pracuje až dodnes. Názvy pracovísk sa ale menili. Od 1. 9. 1980 pracoval na Matematicko-fyzikálnej fakulte na Katedre astronómie, geofyziky a meteorológie, neskôr na Katedre meteorológie a klimatológie, a v súčasnosti na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky, na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie. V roku 1979 získal titul RNDr. V roku 1986 za prácu zameranú na antropogénne vplyvy na intenzitu slnečného žiarenia získal titul CSc. Od roku 1995 je zaradený do kategórie samostatný vedecký pracovník (IIa).

Vo vedeckej oblasti riešil a rieši množstvo projektov, ktorých hlavné zameranie sa týka toku slnečného žiarenia k rôzne orientovaným skloneným plochám, výpočtu zložiek energetickej bilancie povrchu, vplyvu znečistenia atmosféry na zložky celkovej bilancie žiarenia povrchu a projektov orientovaných na klimatické zmeny. Výstupmi z vedeckej práce nášho jubilanta je vyše 90 článkov, monografií a kapitol v monografiách, na ktoré má viac ako 100 citácií. Môžeme spomenúť také práce ako Atlas krajiny Slovenskej republiky, Hniezdna biológia lastovičky domovej (*Hirundo rustica*), Occurrence of dry and wet periods in altitudinal vegetation stages of West Carpathians in Slovakia: Timeseries analysis 1951–2005, Optical properties of urban aerosols in the region Bratislava-Vienna-II: Comparisons and results, Possible impacts of climate change on hydrologic cycle in Slovakia and results of observations in 1951–2007 a mnohé ďalšie. Okrem spomínaných článkov je aj spoluautorom vysokoškolských skrípt „Žiarenie v atmosfére“.

Počas svojho pôsobenia na univerzite viedol prednášky, semináre, praktická a cvičenia tak pre študentov Prírodovedeckej fakulty, ako aj pre študentov Fakulty matematiky, fyziky a informatiky. Môžeme spomenúť tieto: Základy meteorológie a klimatológie, Meteorologické prístroje a pozorovacie metódy, Žiarenie v atmosfére, Optické a elektrické javy v atmosfére, Zvláštnosti mestskej klímy, Životné prostredie, Diplomový seminár a Praktikum z meracích a po-

zorovacích metód v meteorológii. Bol vedúcim mnohých diplomových prác a prác ŠVOČ, oponoval a recenzoval množstvo publikovaných prác. Je výkonným redaktorom zborníka *Acta Meteorologica Universitatis Comenianae*, vydávaného na Univerzite Komenského.

Jeho vzťah k meteorologickým prístrojom ho priviedol k dlhoročnej práci na meteorologickom observatóriu FMFI. V súčasnosti pôsobí aj ako vedúci tohto observatória. Observatórium v posledných rokoch aj jeho zásluhou prešlo modernizáciou a dnes sa pýši aj plnoautomatickým zberom meteorologických a klimatologických údajov. Okrem tejto práce sa podieľa aj na ostatných činnostiach, ktoré pomáhajú k rozvoju Oddelenia meteorológie a klimatológie.

Dr. Hrvol je členom Slovenskej meteorologickej spoločnosti a Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti. Okrem lásky k práci, ktorá mu je aj koníčkom, sa rád venuje aj literárnej činnosti, má pozitívny vzťah k prírode.

Oslávencovi prajeme aj do ďalších rokov nielen odhodlanie a entuziazmu potrebný k odbornej práci, ale aj veľa zdravia a pohody v osobnom živote.

*Martin Gera  
FMFI UK, Bratislava*

## **RNDr. MIROSLAV CHMELÍK, CSc. ŠEŠŤDESIATROČNÝ**

Významný, a v súčasnosti na Slovensku jediný odborník v oblasti aerológie, merania ozónu a slnečného žiarenia, dlhoročný pracovník SHMÚ a dlhoročný člen Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV, oslávil dňa 11. 7. 1951 svoje šesťdesiate narodeniny.

Rodák z Martina, kde absolvoval základnú školu a gymnázium, absolvoval vysokoškolské štúdium na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave, kde bol promován v roku 1974, v odbore fyzika. V roku 1974 nastúpil na Slovenský hydrometeorologický ústav, na pracovisko aerológie a horskej meteorológie v Gánovciach, kde pôsobí doteraz. V roku 1989 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu „Vplyv orografie na hraničnú vrstvu atmosféry“ a získal vedeckú hodnosť kandidáta fyzikálno-matematických vied.

Krátko po absolvovaní úvodnej praxe sa stal vedúcim oddelenia aerologických meraní, a v roku 1992 bol menovaný vedúcim celého pracoviska, ktoré ako jediné na Slovensku robí pravidelné rádiosondážne merania, a od roku 1993 aj meranie celkového atmosférického ozónu a UV spektra slnečného žiarenia. Miroslav Chmelík sa plnou mierou zaslúžil o automatizáciu aerologických meraní a o modernizáciu zastaralého systému. Nemalé úsilie musel vyvinúť pri presadzovaní merania celkového atmosférického ozónu a pri získaní ozónového spektrofotometra. V roku 2007 bolo pod jeho vedením pracovisko poverené funkciou Národného centra pre meranie slnečnej radiácie.

Jubilantove vysoké odborné vedomosti a skúsenosti boli zárukou úspešného riešenia rôznych domácich a medzinárodných projektov. Jubilant svojimi prezentáciami obohatil mnohé medzinárodné odborné semináre a konferencie.

Miroslav Chmelík svoje bohaté vedomosti a skúsenosti zveľadil vo svojej publikačnej činnosti. Je autorom

a spoluautorom troch rozsiahlych štúdií a tridsiatich odborných článkov. Tu sa prejavili jeho dôslednosť, spoľahlivosť a zodpovednosť, a jeho záujem o moderný vývoj v danej problematike. Pravidelne prispieva publikáciami do odborných ročníkov a časopisov.

Miroslav Chmelík bol členom riadiaceho výboru projektu COST 726 – Dlhodobé zmeny a klimatológia UV žiarenia v Európe. V roku 1999 bol menovaný manažérom ozónového výskumu a monitoringu Ministerstva životného prostredia, v rámci Viedenskej dohody o ochrane ozónovej vrstvy Zeme. V rokoch 1998–2006 bol členom vedeckej rady SHMÚ, od roku 1998 je členom redakčnej rady Meteorologického časopisu a od roku 1975 je členom Slovenskej meteorologickej spoločnosti pri SAV.

Jeho vysokú odbornosť a pracovitosť ocenil aj minister životného prostredia a udelil mu Čestné uznanie ministra životného prostredia SR za mimoriadne výsledky a dlhoročný prínos v starostlivosti o životné prostredie v roku 2009.

Miroslav Chmelík sa pravidelne so svojim kolektívom zúčastňoval športových hier SHMÚ a ČHMÚ, z ktorých si vždy priniesol nejednu trofej. Doteraz je jeho koníčkom bicyklovanie a lyžovanie, rád sa venuje svojej záhrade a fotografovaniu. Prostredie, v ktorom žije a pracuje obohatilo jeho vedomosti o znalosti miestneho regiónu Popradu a Tatier.

Svoje vedomosti prezentuje aj v populárnej forme každoročne na Dni otvorených dverí SHMÚ a má mnoho príspevkov v rozhlase a v miestnych novinách, hlavne o ochrane pred škodlivým UV žiarením.

Pri príležitosti šesťdesiatych narodenín prajem za seba a všetkých kolegov a priateľov z SHMÚ Miroslavovi Chmelíkovi veľa šťastia, zdravia, optimizmu, spokojnosti a tvorivých síl do ďalších rokov.

*Dagmar Kotláriková  
SHMÚ, Bratislava*

## **JUBILUJÚCI LETECKÍ METEOROLÓGOVIA**

Aj keď pracovisko leteckej predpovednej a výstražnej služby SHMÚ, v súčasnosti nesúce názov Central MET Briefing Office (CMBO) Bratislava, patrí medzi jedno z najdôležitejších pracovísk Leteckej meteorologickej služby a SHMÚ, len málo zamestnancov ústavu, a to aj tých bratislavských, pozná jeho pracovníkov podľa mena, nie to ešte osobne. K tejto akejsi izolácii prispeli jednak objektívne príčiny - umiestnenie pracoviska „ďaleko“ od Koliby až na bratislavskom letisku, či niekedy aj komplikácie s prístupom cez rôzne kontroly a pod., ktoré boli v minulosti prekážkou aj pre generálnych riaditeľov, aby toto pracovisko navštívili. Na druhej strane majú svoj podiel na malej propagácii CMBO aj jeho samotní pracovníci, aj keď na ospravedlnenie treba povedať, že v každodennom plnení povinností počas nepretržitej prevádzky, s tou najnevyhnutnejšou kapacitou, bolo a je priestoru na osobné zviditeľnenie sa dosť málo. Akosi sme si zvykli, že dennodenne stretávaných ľudí – kolegov berieme ako samozrejmosť patriacu k nášmu životu bez toho, aby sme si hlbšie uve-

domili ich skutočnú cenu. Žiaľ, aj tento príspevok je len dodatočnou záplatou a pokusom o pripomenutie a verejné ocenenie dlhoročných kolegov pri ich životných, resp. pracovných jubileách.

### Jubilantka Daniela Babková

Podobne, ako asi mnohí z nás, vo svojom živote viac vnímam tých, ktorí sú na istý čas súčasťou mojej životnej cesty, a zvlášť ak ich prítomnosť mi prináša pomoc, povzbudenie, radosť, prejavenu láskavosť či spolupatričnosť. Jednoducho, keď k nášmu životu patria. Až keď sa naše cesty začnú pomaly rozchádzať, zisťujeme, čo pre nás znamenali.

Danka Babková sa narodila 18. 5. 1946 v Nových Osadách (časť Hajmáš), kam sa jej rodičia vrátili po opätovnom pričlenení územia Slovensku, ktoré počas vojny bolo pod správou Maďarska. Keďže v povojnovej dobe nasledovali ďalšie spoločenské zmeny, jej detstvo bolo sprevádzané častejším sťahovaním. Prvé roky základnej školy začínala v Sedíne (časť Veľkých Úľan), pokračovala v Trnávke a dokončila v Ivanke pri Dunaji, kam sa presťahovali v roku 1957 z Devínskej Novej Vsi. Strednú školu (jedenásťročenkú) navštevovala v Senci, kde v roku 1963 úspešne zmaturovala. Svoje plány stať sa učiteľkou začala naplňovať štúdiom na pedagogickom inštitúte v Trnave, v kombinácii ruština a telesná výchova. Zhoršený zdravotný stav rodičov viedol Danku k rozhodnutiu prerušiť po treťom semestri štúdium na dva roky a venovať svoje sily v prospech rodiny.

V roku 1965, v snahe prispieť aj finančne k rodinnému rozpočtu, nastúpila na miesto ďalekopisky na pracovisku Hydrometeorologického ústavu na letisku. Na ústave nakoniec ostala pracovať dlhých 44 rokov, pričom prešla aj profesiami kresličky na kresliarni, či fónistky na zbere správ. V roku 1968 absolvovala druhú maturitnú skúšku na technicko podnikovej škole HMÚ. V roku 1968 dostávali stredisko pre radarovú a družicovú meteorológiu na Malom Javorníku, kam odišlo pracovať viacero zamestnancov z letiska. Od roku 1969 začala Danka pracovať v Leteckej meteorologickej službe vo funkcii asistenta pre briefing. Aj v ďalších rokoch však vypomáhala v rámci zástupov na ostatných profesiách, cez ktoré na ústave prešla. V jednom období tak podľa potreby pracovala až v štyroch funkciách. Leteckej meteorologickej službe venovala celých 40 rokov, počas ktorých plne využívala predovšetkým svoje manuálne zručnosti z prechádzajúcich pozícií, napr. pri ovládaní ďalekopisov či faksimilových prijímačov. Ani učiteľské vložky Danka celkom nestratila a uplatňovala ich najmä pri objasňovaní a opisovaní poveternostnej situácie, čím u viacerých pilotov získala verných a oddaných zákazníkov.

V roku 2009, ešte plná chuti aj sily ďalej pracovať, opäť stála pred podobným rozhodnutím ako na začiatku svojej kariéry. A opätovne sa rovnako rozhodla venovať celkom svoje sily manželovi, ktorý bol v tom čase na ňu plne odkázaný. Mnohí by sme to snád ani nedokázali. A tak, aj keď ústav jej odchodom do dôchodku stratil jedného zodpovedného zamestnanca, iní, a medzi nimi určite aj ja, pociťujeme toto rozbiehanie sa našich životných ciest skôr ako ochudobnenie a stratu.

### Zuzka Kolláriková – 50 rokov venovaných SHMÚ

Žijeme v dobe, keď informácie o rôznych rekordoch naplňajú médiá a patria medzi jedny z najsledovanejších informácií. Veď aj v meteorológii sa rekordy spomínajú veľmi často. 50 rokov, ktoré naša kolegyňa, Zuzka Kolláriková, odpracovala do minulého roku v našom ústave isto nebudú zapísané do Guinnessovej knihy rekordov, ale z nášho pohľadu si zaslúžia uznanie a obdiv.

Zuzka Kolláriková sa narodila 27. 3. 1943 v Bratislave. Detstvo prežila v bratislavskom podhradí, kde chodila aj do 8-ročnej školy. Strednú, 11-ročnú školu ukončila maturitou v roku 1960. A keď sen stať sa letuškou sa jej nenaplnil, prijala prácu na letisku, ktorú v tej dobe ponúkal Hydrometeorologický ústav. Od 3. 10. 1960 nastúpila do práce ako mladá kreslička na pracovisku Synoptickej a leteckej meteorológie pod starou vežou na bratislavskom letisku. V roku 1962 využila príležitosť a začala navštevovať nadstavbovú ústavnú technickú školu, ktorú v roku 1965 ukončila druhou maturitnou skúškou. Následne prešla na pozíciu ďalekopisnej operátorky a vedúcej pracoviska ďalekopisu. Od roku 1967 prešla na uvoľnené miesto na vtedajšom výskume, kde pracovala a pomáhala vo výskumných prácach v oblasti synoptickej či leteckej meteorológie pod vedením Dr. Forgáča či prof. Popáleného. Od roku 1978 (1979) prešla na pracovisko Leteckej meteorologickej služby, kde v pozícii asistenta leteckého meteorológa pracuje až dodnes. Dlhoročné skúsenosti a zodpovedný prístup k práci umožnil leteckej meteorologickej službe využiť jej skúsenosti aj v kritických situáciách, kedy zaskakovala aj vo funkcii leteckého meteorológa (podobne ako Danka Babková).

Výpočet profesionálnych faktov samozrejme nemôže poskytnúť celkový obraz o žiadnom pracovníkovi. Ten ľudský je často omnoho významnejší, a o ňom vedia len tí najbližší spolupracovníci. Aj ja som mal tú možnosť a česť pracovať so Zuzkou na jednom pracovisku, a môžem aj v mene kolegov potvrdiť, že rodinný, často až materinský prístup, ktorým nám Zuzka spríjemňuje spoločné služby, ťažko v budúcnosti niekto dokáže nahradiť. Jej prístup výraznou mierou pomáhal udržiavať kolegiálne aj osobné vzťahy, ktoré výraznou mierou prispeli k mimoriadne dobrým až priateľským vzťahom v kolektíve CMBO.

Neviem, ako dlho plánuje Zuzka ešte prispievať k činnosti nášho kolektívu aj pracoviska, ale v každom prípade jej k tomu želáme veľa sily, zdravia a aj osobných úspechov.

### RNDr. Vladimír Pánik šesťdesiatnikom

Narodil sa 13. mája 1951 v Bratislave, kde v roku 1969 na gymnáziu J. Hronca zmaturoval. Vysokoškolské štúdium na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v odbore meteorológia a klimatológia ukončil v roku 1975 diplomovou prácou „Využitie polarizácie pre stanovenie rádiolokačných kritérií búrkovej oblačnosti“. Po ukončení štúdia nastúpil na pracovisko leteckej meteorologickej služby na letisku Bratislava. V minulom roku zavŕšil na tomto pracovisku nepretržitých 35 rokov práce, v stále rovnakej funkcii leteckého meteorológa. Táto dlhoročná prax s úzkym odbor-

ným zameraním, a predovšetkým jeho osobná vlastnosť do detailov poznať a pochopiť atmosférické javy alebo procesy, ktoré môžu ovplyvniť leteckú prevádzku, či už na letiskách alebo letových tratiach, prispeli k tomu, že dnes patrí náš jubilant medzi najlepších odborníkov v rámci leteckej meteorológie u nás.

Aj keď som si v úvode trochu posťažoval na malé zviditeľnenie leteckých meteorológov, v prípade RNDr. Pánika to nie je celkom pravda. Po odchode prvej generácie televíznych meteorológov sa Vladovi podarilo dostať cez výberové úskalia slovenskej televízie, a niekoľko rokov sa s ním bolo možné stretávať aj pri televíznych predpovediach počasia. Žiaľ, táto „predročníková“ éra prezentácie predpovedí počasia odborníkmi z ústavu netrvala dlho.

No nie len letecká meteorológia patrí medzi sféry Vladovho záujmu. Pred rokmi, pri istej jubilejnej príležitosti, náš bývalý kolega, známy česko-slovenský meteorológ Dr. Karel Krška, prečítal siahodlhý zoznam oblastí, v ktorých sa náš Vlado dokázal odborne aj prakticky angažovať, a ktorým by sme mohli Vlada pokojne priradiť k zástupu všeobecných znalcov oných čias. Predovšetkým jeho manuálne zručnosti s elektrickými, elektronickými ale aj mechanickými prístrojmi a záľubu zisťovať ako v podstate veci fungujú, sme veľmi často využívali na pracovisku pri opravách či servise zariadení, najmä po nástupe počítačovej éry, supľujúc tak nie vždy dostatočné zabezpečenie týchto činností na našom „vzdialenom“ pracovisku zo strany ústavu. V nie menšej miere sme sa aj v súkromných veciach, v prípade nutnosti opravy takmer čohokoľvek, mohli obrátiť na Vlada, a on bol vždy ochotný svojim kolegom a známym kedykoľvek pomôcť, bez ohľadu na miesto a čas. Aj keď niekedy, ako to už u ľudí so širokým spektrom záujmov zvyčajne býva, to trochu dlhšie trvalo, jeho ochota a najmä nezištnosť bola a stále je pre nás všetkých nielen pomocou, ale často aj povzbudením.

Asi by príspevok o Vladovi Pánikovi nemohol byť úplný, ak by som nespomenul aj jeho nádherný tenor a dlhoročnú veľkú lásku k zborovému spevu, ktorý si aj dnes môžeme sem-tam vychutnať pri rôznych verejných zborových vystúpeniach, tak u nás alebo prípadne aj v zahraničí.

*Cyril Kunzo  
SHMÚ, Bratislava*

## **SPOMIENKA NA NEDOŽITÝCH 60 ROKOV RNDr. BRANISLAVA GAJARA, CSc.**

Čas plynie rýchlo, ale spomienky ostávajú nestarnúce. Mnohí si ešte pamätáme na tú zimnú sobotu spred jedenástich rokov, kedy nás zaskočila neuveriteľná správa o jeho náhlejši smrti. Mnohí sme ho poznali ako zanieteneho spolupracovníka a dobrého kamaráta.

RNDr. Branislav Gajar, CSc. sa narodil 12. 3. 1951 v Limbachu, len pár kilometrov od Bratislavy, kde nakoniec prežil väčšinu svojho života. Vyštudoval meteorológiu na Prírodovedeckej fakulte UK. Po ukončení štúdia sa zamestnal na SHMÚ v odbore technickej klimatológie. Jeho práca bola po celý čas spojená so staničnou sieťou, jej automatizáciou a spracovaním údajov. V roku 1981 obhájil

titul doktora prírodných vied a v roku 1988 úspešne zakončil vedeckú aspirantúru. Jeho kandidátskou prácou bola „Optimalizácia meteorologickej staničnej siete“. V polovici 80. rokov sa stal vedúcim Odboru meteorologických staníc, a v tejto funkcii pracoval až kým ho zastihla smrť. Na SHMÚ sa zaslúžil o automatizáciu meteorologických meraní, spolupodielal sa na tvorbe softvérového vybavenia staníc, systému databázového spracovania a kontroly údajov, a na vybudovaní kalibračných laboratórií. Bol tiež aktívnym členom rôznych pracovných skupín komisií SMO, publikoval množstvo prác v domácich a zahraničných časopisoch a zborníkoch.

Aktívny život žil nielen na pracovisku, ale aj v kruhu svojich najbližších a priateľov, ktorých si svojou povahou vedel vždy získať na svoju stranu. Miloval prírodu a v nej aj často trávil svoj voľný čas. Bol zanietným hubárom a športovcom.

Bolo to práve tam, v lone prírody, s lyžami na nohách, keď ho 29. 1. 2000 nečakane zradilo srdiečko. Mnohé svoje plány už nestihol uskutočniť, ale aj tak zanechal po sebe kus dobrej práce, z ktorej stále čerpáme. Aj keď on už nie je medzi nami, spomienky v srdciach žijú stále s nami...

*Branislav Chvíla  
SHMÚ, Bratislava*

## **ZA RNDr. JURAJOM PAČLOM, CSc.**

25. júna 2011 opustil naše rady významný slovenský hydroológ RNDr. Juraj Pačl, CSc.

Narodil sa v Horažďoviciach, v južných Čechách. Pohnuté životné osudy ho už v detstve zaviali na Slovensko, do Bratislavy. Tu vyštudoval geografiu na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského. Ešte pred dokončením štúdií začal pracovať na Štátnom hydrologickom ústave a vode zostal verný po celý svoj život. Bol nielen aktívny hydroológ, ale aj geograf, klimatológ a speleológ. Mohli by sme povedať, že značnú časť svojho profesijného aj súkromného života sa venoval prírode, jej poznávaniu, objavovaniu a jej krásam. V rokoch 1951–1953 pracoval vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva, v rokoch 1954–1958 na Hydrometeorologickom ústave v Bratislave, a od roku 1959 do 1965 vo Vysokých Tatrách, na Výskumnej stanici TANAP. Svoju rigoróznou prácu obhájil už v roku 1951 a kandidátsku dizertačnú prácu úspešne obhájil v roku 1963 na Univerzite J. E. Purkyně v Brne.

Venoval sa viacerým praktickým aj teoretickým hydrologickým témam: hydrologickým štúdiám povodí, ľadovému režimu slovenských tokov a Dunaja, zameriavaní a vyhodnocovaní povodní na Dunaji (v roku 1954) a na hornom Váhu (v roku 1958), hydrografickému spracovaniu tokov a plies Vysokých Tatier, hydrologickej bilancii Štrbského plesa, budovaniu katastra lavín a ochrane pred lavínami, všeobecne hydrologickej bilancii, experimentálnej hydrologii a skúmaníu hydrologických a hydrografických pomerov horských tokov na Slovensku.

V roku 1965 sa vrátil na Ústav hydrologie a hydrauliky SAV a prijal funkciu vedeckého tajomníka Československého výboru pre hydrologiu, ktorého predsedom bol v tom

čase akademik Dub. Rozbehol prvé fázy Medzinárodného hydrologického programu UNESCO a zúčastňoval sa na Medzivládnych radách MHP UNESCO. Po celý čas pôsobil ako jedna z najvýznamnejších kontaktných osôb medzi československou a zahraničnou hydrologickou komunitou. Veľkou mierou sa angažoval aj vo výchove hydrologického dorastu, či už na vlastnom pracovisku alebo na univerzitách vo Viedni a Grazi, alebo na prestížnom postgraduálnom kurze na Lomonosovovej univerzite v Moskve a Medzinárodnom hydrologickom kurze UNESCO v Prahe. Dr. Pacl bol členom viacerých poradných orgánov ministerstiev, podpredsedom Rady štátnej ochrany prírody a členom výboru Slovenského zväzu ochrancov prírody a krajiny.

Odborné výsledky jeho prác sú vo viac ako päťdesiatich odborných článkoch, v mnohých výskumných správach, skriptách pre poslucháčov postgraduálnych kurzov, v monografiách a knižných publikáciách. Dr. Pacl napísal tiež množstvo populárnych a populárno-odborných článkov. Snáď jeho posledný článok uverejnil časopis TATRY vlni v čísle 5, pod názvom 70-ročná história meteorologických pozorovaní na Lomnickom štíte.

Do dôchodku Dr. Pacl odišiel v roku 1987 a po niekoľkých rokoch sa presťahoval do Čiech, do malebného kraja Českomoravskej Vysočiny.

So Slovenskom, priateľmi a kolegami nikdy nepretratil styky. Aspoň raz ročne nás navštevoval, a pri každej návšteve mnohé hodiny pobudol aj v archívoch SHMÚ.

Dr. Pacl bol výrazná osobnosť slovenskej hydrológie, bol všestranným človekom s množstvom koníčkov, aktivít, kontaktov. Bol jedným z najpracovitejších ľudí, akých som poznala. A bol človekom s veľkým srdcom. S hlbokým zármutkom vyslovujem jeho manželke Dr. Libuši Paclovej a jeho deťom úprimnú sústrasť nielen za seba, ale za všetkých priateľov a kolegov z hydrometeorologickej služby. Dr. Juraj Pacl zostane v našich spomienkach.

*Ol'ga Majerčáková  
SHMÚ, Bratislava*

## **ZOMREL prof. RNDr. MICHAL ZAŤKO, CSc.**

Dňa 9. augusta 2011 nás navždy opustil významný slovenský geograf, prof. RNDr. Michal Zaťko, CSc., vo veku 78 rokov.

Profesor Michal Zaťko sa narodil dňa 9. augusta 1933 v Zlatne, v okrese Zlaté Moravce. V Zlatne chodil aj do základnej školy, potom navštevoval Gymnázium Janka Kráľa

v Zlatých Moravciach. Po maturite roku 1952 odišiel študovať do Bratislavy na Prírodovedeckú fakultu Univerzity Komenského. Vyštudoval odbor geografia, špecializácia fyzická geografia, na novovzniknutej Fakulte geologicko-geografických vied UK. U svojho učiteľa, prof. M. Lukniša, po skončení štúdia ostal pracovať ako asistent na Prírodovedeckej fakulte UK.

Vedecký rast profesora Michala Zaťka je spojený s rozvojom hydrológie a geomorfológie. Spočiatku to bola najmä geomorfológia, neskôr sa v rámci vedeckej aspirantúry preorientoval na hydrologickú, resp. hydrogeografickú problematiku. Svoje poznatky a výsledky vedeckej práce publikoval vo veľkom množstve vedeckých prác, najmä v slovenských a českých vedeckých časopisoch a zborníkoch, a ako spoluautor v knižných publikáciách. Vo svojej publikačnej činnosti sa venoval problematike obyčajných podzemných vôd Slovenska, režimu krasových prameňov, teplote podzemných vôd na území Slovenska, hodnoteniu vyrovnanosti prameňov, vplyvu predpokladanej klimatickej zmeny na podzemné vody, vodným zdrojom Slovenska, ich využívaniu a ochrane, a pod. Je spoluautorom viacerých publikácií encyklopedického charakteru, aktívne spolupracoval pri príprave atlasov národného významu, ako i pri vlastivedno-monografických publikáciách.

Meno profesora Michala Zaťka je spojené s jeho mimoriadne bohatou pedagogickou činnosťou. Počas svojho pôsobenia na Katedre fyzickej geografie a geoekológie prednášal pre odborné i učiteľské štúdiá na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave, ako i na rôznych zahraničných geografických pracoviskách. Vychoval množstvo diplomantov, niekoľko doktorandov, bol členom rigorózných, dizertačných, habilitačných a inauguračných komisií, zastával funkcie vo vedeckých inštitúciách a redakčných radách vedeckých časopisov. Mimoriadne zásluhy o rozvoj vyučovania geografie mal pán profesor v aktívnej práci v Slovenskej komisii geografickej olympiády, kde bol dlhé roky jej predsedom.

Profesor Michal Zaťko svojím aktívnym a pozitívnym prístupom, odbornosťou a láskavosťou, si získal srdcia nielen svojich priateľov a kolegov, ale najmä mladých ľudí, ktorým zasvätil prakticky celý svoj život. Naposledy sa o tom mohli presvedčiť jeho študenti na Katedre geografie Katolíckej univerzity v Ružomberku, kde im dal symbolické ZBOHOM.

Budete nám chýbať Pán profesor!  
Češť Vašej pamiatke!

*Norbert Polčák  
SHMÚ, Bratislava*