

VPLYV MIKROKLÍMY NA HYDROCHEMICKÉ VLASTNOSTI LY- ZIMETRICKÝCH VÔD NA KALAMITNÝCH PLOCHÁCH V TANAPE

Michal Frič, Jaroslav Škvarenina

Technická univerzita vo Zvolene

Abstract:

Microclimate influence on hydro-chemical conditions of lysimetric waters in TANAP calamity area. The work deals with characteristic of selected bio-climatological and soil-chemical conditions of the calamity areas in the TANAP.

The data of the meteorological elements and taking of soil solutions samples have been acquired from 1.10.2005 to 31.12.2006. These characteristics from the EXT sampling plot (area of the processed calamity) are compared with REF sampling plot (comparative area of the reference forest stand). Measurement shown that there is more rapid mineralization process of organic material from the trees in the EXT sampling plot and for that reason the weak concentration of the TOC (total organic carbon) have been discovered as in the REF sampling plot.

Amplitudes of the surface air temperature and soil temperature are recognizable higher on the surface without trees in the comparison to the temperature measured under trees in the forest stand. This work confirmed the bio-climatological and soil-chemical difference between the forest stand with and without trees.

Keywords: microclimate, soil water chemistry, forest calamity, TANAP

1) Úvod

Vysoké Tatry boli v novembri 2004 zasiahnuté vetrovou kalamitou, ktorá zmenila živý les na ploche 12 600 ha na 2,5 mil. ³ mŕtveho dreva. Príčinou ekologickej katastrofy takéhoto rozsahu bol prírodný živel – vietor.

Kalamitná udalosť však paradoxne vytvorila podmienky pre vznik komplexného výskumu, o ktorý mali záujem VS ŠL TANAP, TU, ale aj zahraničné inštitúty z Nemecka, Talianska a Českej republiky.

Výskumná stanica ŠL TANAPu a pracovníci Technickém univerzity vo Zvolene sa dlhodobo venujú sledovaniu stavu tatranských lesov. Vznikom súvislých niekoľko sto hektárových holín sa úplne zmenili podmienky pre doterajšie lesné ekosystémy. Osobitná mikroklíma, ktorej je prispôsobené fungovanie celej pyramídy od pôdnych mikroorganizmov až po stromy, sa v priebehu krátkej chvíle zrútila. podmienky otvorenej holej plochy

sú oveľa extrémnejšie a nevyhovujú mnohým lesným spoločenstvám, ktoré sa tu doteraz nachádzali. Masívne hynutie mladých smrekov a jedlí, ktoré rástli v clone materského porastu a prežili víchricu, je toho viditeľným prejavom. Mnohé ďalšie, často ľudskému oku skryté zmeny v lesných ekosystémoch prebiehajú a budú zásadne ovplyvňovať stav a vývoj lesných spoločenstiev a okolitej krajiny (FLEISCHER 2005).

Vo vedeckých kruhoch tatranská víchrica vzbudila záujem najmä kvôli koncentrovanému výskytu zničeného lesa a tiež zámeru pristúpiť k odstraňovaniu následkov diferencovane. Teda okrem tradičného spracovania dreva a zalesnenia odkrytých plôch, ponechať časť poškodených lesov na prirodzený vývoj bez zásahu človeka. Okrem rozsahu a ojedinelosti je zaujímavá ako nepravidelne ale sústavne sa opakujúci jav, ako riziková oblasť v najfrekvencovanejšej časti národného parku s liečebno-rekreačnou a turistickou funkciou, blokovaný vývoj

lesných spoločenstiev do štádia prípravného, príp. prechodného lesa a tiež v otázkach pestovania lesa verzus samovývoj.

Množstvo meraných údajov vytvára priestor pre skutočne interdisciplinárny prístup. Cieľom výskumu je sledovať zmeny spôsobené vetrovou kalamitou so zameraním najmä na klimatické pomery, energetickú bilanciu, bioprodukciu, biogeochemické cykly, hydrické pomery, humusové a pôdne pomery, eróziu, regeneračné procesy a sukcesiu na poškodených plochách, druhové zloženie rastlinných a živočíšnych spoločenstiev, umelú obnovu lesa na poškodených plochách.

V tomto kontexte sa realizoval aj náš výskumný zámer orientovaný na sledovanie zmeny meteorologických charakteristík (teplota vzduchu a pôdy, vlhkosť vzduchu a pôdy, zrážková činnosť atď.) a pôdno-chemických komponentov (anióny, bázičné katióny, pH, TOC atď.). Na výskum sa vytýčilo okolo 100 ha. Založili sa najskôr 3 výskumné plochy na lokalitách Vyšné Hágy, Danielov dom a Jamy, ale po kalamitnom požiari v júni 2005 sa určila aj štvrtá výskumná plocha pri Tatranských Zruboch. Dôležité bolo vhodne umiestniť a vytýčiť výskumné plochy. Na lokalite Vyšné Hágy sa založila plocha v nepoškodenom lesnom poraste – kontrolná plocha referenčného lesa (REF). Nad Danielovým domom, kde sa kalamita spracovala je plocha (EXT). Plocha na Jamách sa ponechala na samovývoj bez lesníckeho zásahu (NEX) a pri Tatranských Zruboch bola založená plocha (FIR) na požiarisku z júna 2005. Postupne sa inštalovali meracími prístrojmi a odbernými zariadeniami. Po dokončení prác sa spustili zariadenia a nasledovalo nepretržité zozbieranie dát a ich analyzovanie,

v podmienkach domácich (VS ŠL TANAP v Tatranskej Lomnici, NLC LVÚ vo Zvolene) alebo zahraničných (MPI-BGC v Jene).

Od víchrice v Tatrách prešlo už viac ako 3 roky a výskum stále pokračuje. Získané výsledky a pozorovania budú neustále voči ostatným plochám porovnávané ako aj s dlhodobými poznatkami z histórie tatranskej klimatológie a chémie TANAPu.

2) Materiál a metódy

Výskumné objekty boli založené s prihliadnutím na reprezentatívnosť, porovnateľnosť, výmeru, dostupnosť a doterajšie výskumy, v spoločenstve smrekovcových smrečín, skupina lesných typov *Lariceto Piceetum*. Toto spoločenstvo patrí medzi najrozšírenejšie na južných svahoch Vysokých Tatier. Boli najviac poškodené víchricou z 19. novembra 2004. Koncom júla 2005 ich poškodil aj požiar na ploche s výmerou približne 250 ha. Vybrané plochy majú výmeru okolo 100 ha (FLEISCHER 2006, ŠUDÍKOVÁ 2006).

Preto sme vybrali štyri kategórie výskumných objektov (obr.1) :

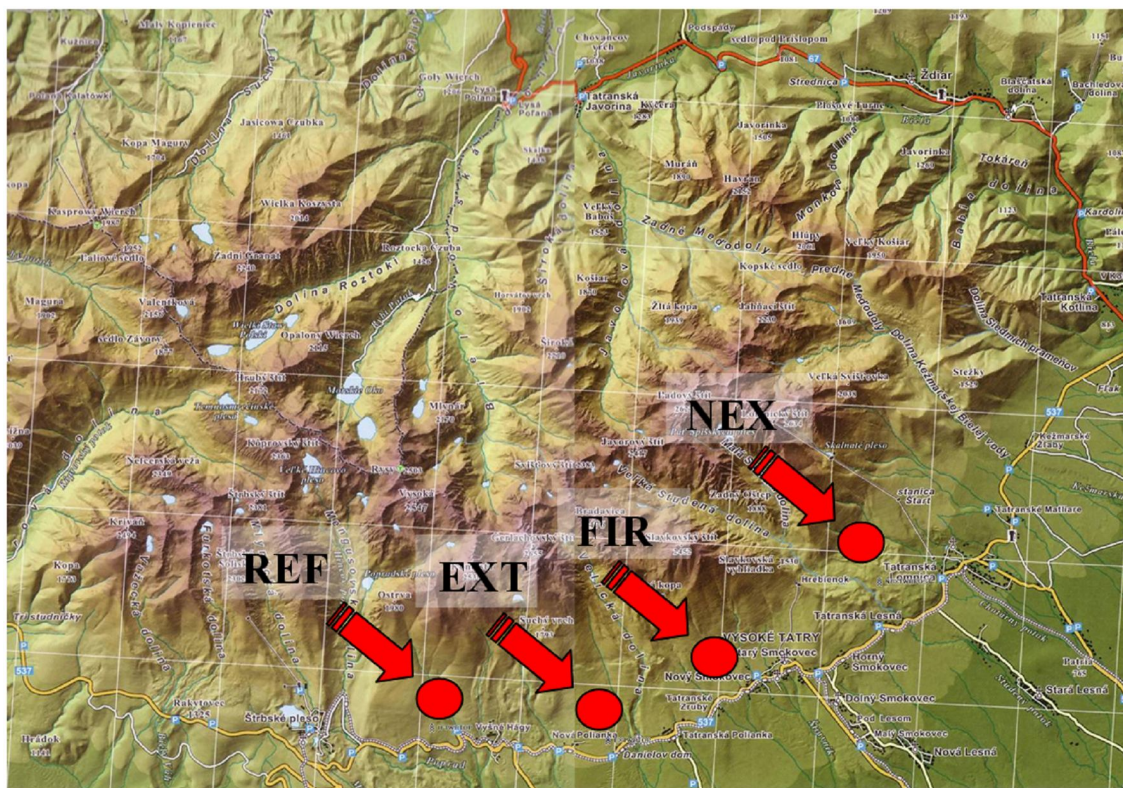
NEX - porasty postihnuté kalamitou bez lesníckeho zásahu, bez spracovania vyvrátených a zlomených stromov, bez zalesnenia, plochy s tzv. prirodzeným vývojom,

EXT - porasty postihnuté kalamitou spracované tradičným spôsobom, drevo odvezené, plochy následne zalesnené,

REF - porasty kalamitou nezasiahnuté, tzv. referenčná plocha,

FIR - porasty postihnuté požiarom.

Stručná charakteristika výskumných objektov je v (tab.1).



Obr. 1 Rozmiestnenie výskumných objektov

Tab. 1 Charakteristika jednotlivých výskumných objektov

	EXT	NEX	FIR	REF
Výška veže (m.n.m.)	1260	1100	1065	1210
Výška plôch 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
Slt	LP	LP	LP	LP
Zastúpenie drevín pred kalamitou	SM 9, SC 1	SM 7, SC 2, BO 2	SM 7, SC 3	SM 8, SC 2
Zakmenenie pred kalamitou	7	2/5/1	6/1	7/2
Vek porastu pred kalamitou	80	125/60/25	80	120/25
Pôda	kambizem podzolaná	kambizem podzolaná	kambizem podzolaná	kambizem podzolaná
Substrát	morena d - m	morena w	polygen suted, d - m	morena m - r

Meteorologické údaje použité v tejto práci pochádzajú z výskumných

veží postavené Výskumnou stanicou ŠL TANAPu v Tatranskej Lomnici

a Inštitútom Maxa Planca v Jene (Nemecko), Inštitútom pre ekológiu Álp v Trente, biometeorológmi z Firenze a z Univerzity v Tuscia. Zúčastnil som sa stavania veže na ploche REF.

Na výskumnej ploche referenčného porastu (REF) a na ploche so spracovanou kalamitou (EXT) sa získavali charakteristiky, ktoré boli merané elektronicky.

Niektoré z nich sme použili vo svojej práci a sú uvedené v (tab. 2) a (tab. 3). Lokalita Smrekovec je kontrolná plocha na ktorej zostal porast nepoškodený víchricou. Na meranie optimálnych a porovnateľných výsledkov bola teda potrebná veža siahajúca mierne nad úroveň porastu, preto je jej výška 37 m (Fleischer, 2006).

Tab. 2 Meracie zariadenia, ktorými boli zisťované meteorologické charakteristiky na ploche REF

Meracie prístroje na REF			
	označenie	princíp prístroja	jednotky
zrážky	YOUNG	preklápací člnok	mm
teplota vzduchu 2 m, 30 m	PT 100 VAISALA	platinový teplomer	°C
vlhkosť vzduchu 2 m, 30 m	PT 100 VAISALA	kapacitné meranie	%
teplota pôdy 2,4,8,16,32 cm	MTC	termistor, 20 kohm pri 20 °C	°C
vlhkosť pôdy 2,4,8,16,32 cm	ML2x	kapacitné meranie	obj.%

Tab. 3 Meracie zariadenia, ktorými boli zisťované meteorologické charakteristiky na ploche EXT

Meracie prístroje na EXT			
	označenie	princíp prístroja	jednotky
zrážky	DAVIS USA	preklápací člnok	mm
teplota vzduchu	2 m	EMS Brno	°C
	6 m	PT 100 VAISALA	
vlhkosť vzduchu	2 m	EMS Brno	%
	6 m	PT 100 VAISALA	
teplota pôdy 5 cm, 10 cm	MTC	termistor, 20 kohm pri 20 °C	°C
vlhkosť pôdy 5 cm, 10 cm	ML2x	kapacitné meranie	obj.%

Pôdnochemické charakteristiky sa robili pre: SO₄, NO₃, K, Mg, Al, Ca a celkový organický uhlík (TOC - total organic carbon). Zisťovali sa z pôdnej

vody, ktoré sme zbierali na plochách REF, ETX a NEX dva razy za mesiac. Na každej ploche boli dva odberné miesta, bedne z plastu, v ktorých boli uložené

zberné fľaše. Pôdna voda sa zbierala do zberných fliaš pomocou platňových lyzimetrov (metóda sacích kremíkových platní), umiestnených v hĺbke 5, 10 a 20 cm. Vákuovou pumpou sa vždy vytvoril podtlak (400 mbar), aby sa pôdny roztok dostal do zberných fliaš. Potom sa vzorky museli čo najrýchlejšie dopraviť na analýzu.

Analýza sa vykonávala na Inštitúte Maxa Planca v Jene (Nemecko), kde sa analyzovali odobraté vzorky pomocou metódy ICP-OES alebo emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou. Je to stopová analytická metóda slúžiaca k stanoveniu obsahu stopových i významných koncentrácií jednotlivých prvkov v analyzovanej vzorke. Táto technika umožňuje analyzovať skoro všetky prvky periodickej tabuľky.

3) Výsledky a diskusia

3.1 Chemické vlastnosti lyzimetric- kých vôd na REF a EXT

V lesnom poraste sme zistili najvyššie koncentrácie SO_4^{2-} v pôdnych roztokoch, čo je zrejme výsledkom vyčesávania SO_4^{2-} zo zrážok korunami stromov. Celkové koncentrácie síranov sa pohybo-

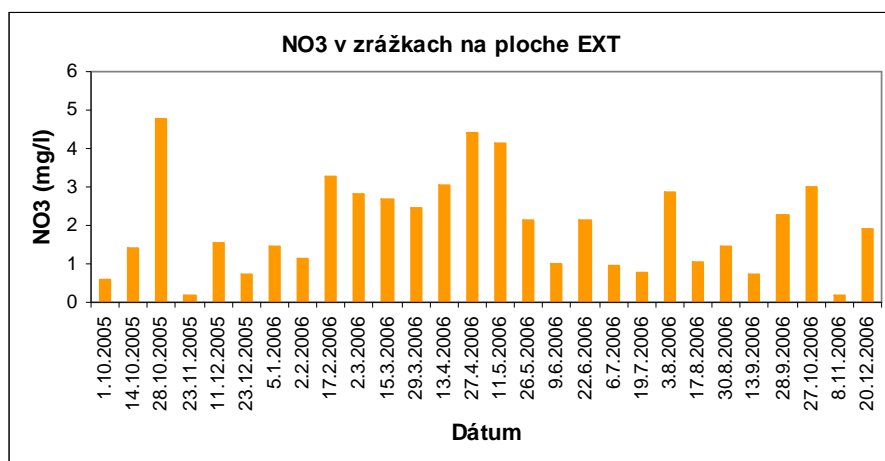
vali v rozmedzí od 2,2 mg.l^{-1} do 68,4 mg.l^{-1} .

Analýza dusičnanov je zaujímavá pri trvale vysokej koncentrácii až 90,5 mg.l^{-1} , ktoré boli zistené v pôdnych roztokoch na ploche EXT 1. Tento vysoký obsah NO_3^- za celé obdobie pravdepodobne súvisí s rozkladnými procesmi, ktoré boli na tejto ploche najintenzívnejšie. Na ostatných plochách boli koncentrácie NO_3^- najvyššie na jeseň 2005.

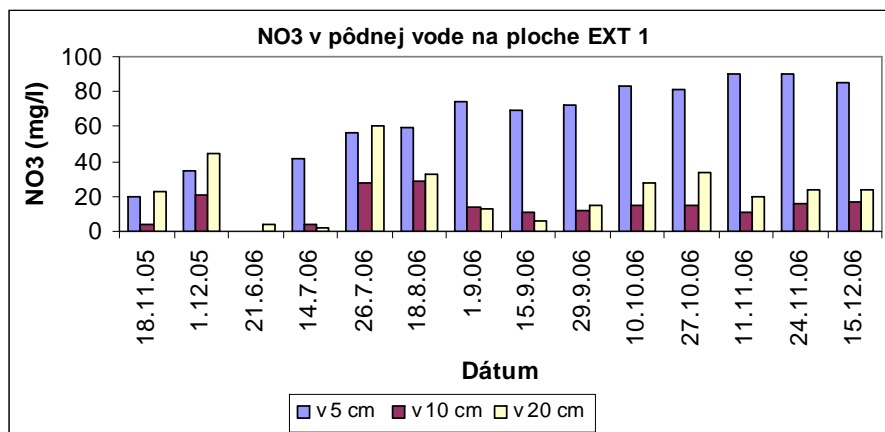
Katión vápnika Ca^{2+} má v zrážkach vysokú variabilitu, ktorá sa pohybovala od 0,2 mg.l^{-1} do 3,7 mg.l^{-1} . Na plochách EXT bola koncentrácia Ca^{2+} v intervale cca 0,3-44,4 mg.l^{-1} , pretože tu prebieha vylúhovanie vápnika z rozkladajúceho sa organického materiálu, ktoré sa bude postupne zmierňovať.

Pri hodnotách TOC sme spozorovali, že najvyššia koncentrácia na ploche kontrolného lesa (REF) je 54,5 mg.l^{-1} . Na ploche so spracovanou kalamitou (EXT), kde ostali zvyšky po stromoch, je najvyššia koncentrácia 35,9 mg.l^{-1} , takže na voľnej ploche prebieha mineralizácia rýchlejšie.

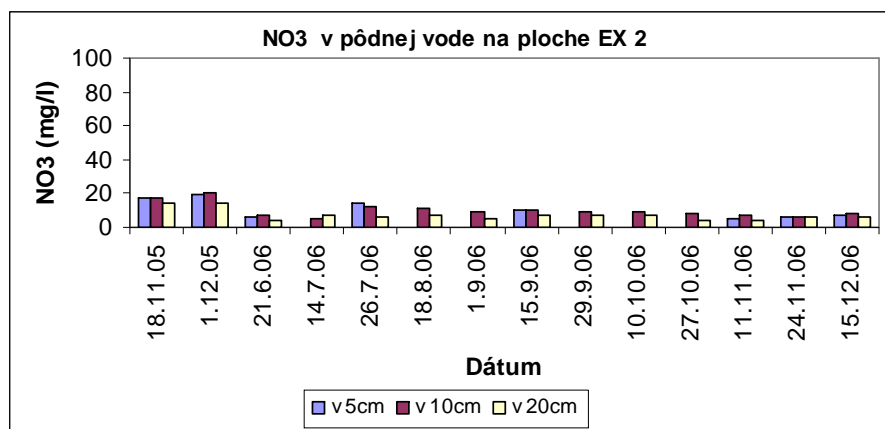
Vzhľadom na rozsah príspevku uvádzame na nasledujúcich obrázkoch ako príklad zmeny koncentracii dusičnanového aniónu.



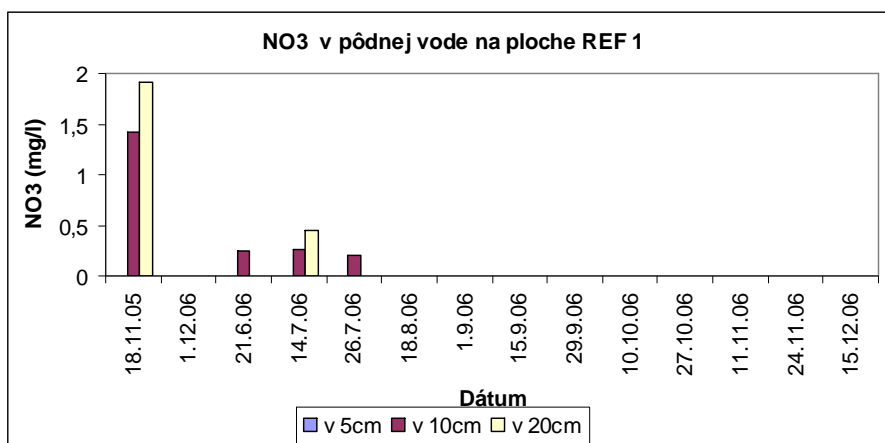
Obrázok 1: Obsah dusičnanov v zrážkovej vode na ploche EXT



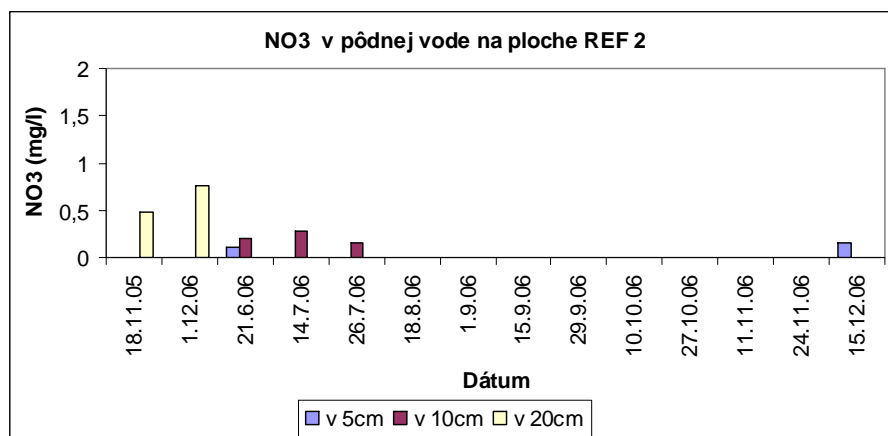
Obrázok 2: Obsah dusičnanov v pôdnej vode na ploche EXT, odberné miesto č. 1



Obrázok 3: Obsah dusičnanov v pôdnej vode na ploche EXT, odberné miesto č. 2



Obrázok 4: Obsah dusičnanov v pôdnej vode na ploche REF, odberné miesto č. 1



Obrázok 5: Obsah dusičnanov v pôdnej vode na ploche REF, odberné miesto č. 2

3.2 Porovnanie meteorologických prvkov na ploche REF a EXT za obdobie od 1.1.2005 až 31.12.2006

Na (obr.6) až (obr.10) sú zobrazené meteorologické charakteristiky ako sú: teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, teplota pôdy, vlhkosť pôdy a zrážky merané na dvoch porovnávaných plochách REF (plocha nepoškodeného porastu) a EXT (plocha s vypratanou drewnou hmotou). Údaje v grafoch boli zaznamenávané na výskumných vežiach od 1.10. 2005 až do 31.12.2006.

Mikroklimatický priestor (do výšky 1,5-2 m) sa vyznačuje kolísaním a rýchlymi zmenami meteorologických prvkov, predovšetkým teploty a vlhkosti. Charakteristický je neustálymi pohybmi vzduchu, veľkou turbulenciou a podobne. Príčinou týchto javov v prízemnej vrstve ovzdušia je rozhranie medzi pôdou a ovzduším, t.j. povrch pôdy, na ktorom a v ktorého bezprostrednej blízkosti (do niekoľko mm) je najväčšia výmena tepelnej energie (PETRÍK a kol.1986, MATEJKA a HUZULÁK 1987).

Každé rastlinné spoločenstvo, najmä však dospelý les, vytvára si svoju vlastnú porastovú klímu, odlišnú od klímy okolitej krajiny. Koruny lesných stromov zachytávajú slnečné žiarenie a vysoko nad pôdnym povrchom vytvárajú aktívny

povrch dôležitý pre bilanciu tepla a vlhkosti (PETRÍK a kol.1986).

Teplota vzduchu na oboch plochách dosahovala minimálnu hranicu vo februári a maximálnu v júli. Na ploche REF bola priemerná teplota za rok 2006 vo výške 2 m 4,29 °C, vo výške 30 m 5,46 °C a na ploche EXT vo výške 2 m 6,24 °C. Z tohto je jasné, že v lesný porast má tlmiaci účinok teploty.

Vlhkosť vzduchu je na ploche REF vo výške 2 m pomerne vyrovnaná čo sa nedá povedať o vlhkosti vo výške 30 m, kde zohráva svoju úlohu prúdenie vzduchu nad korunami stromov. V porovnaní plochy REF a EXT vo výške 2 m je vzduch vlhkejší na ploche pod porastom, pretože tam zrejme nie je také prúdenie vzduchu a menej sa prehrieva. Priemerná ročná vlhkosť vzduchu (r.2006) je na REF vo výške 2 m 81,03 %, v 30 m 70,37 % a na EXT vo výške 2 m 70,65 %.

Podľa pozorovaní uskutočnených v rôznych porastoch PETRÍK a kol. (1986) uvádza, že v zimnom polroku (september - marec) sú priemerné mesačné teploty pôdy v lese vyššie ako na voľnom priestranstve. V letnom polroku sú naopak nižšie. Ako vidíme z (obr.8) takýto výsledok sa prejavil aj na našich plochách. Na ploche REF bola priemerná teplota roku 2006 v hĺbke 5 cm 5,43 °C a na voľnej ploche EXT bola v hĺbke 5 cm teplota pôdy až 7,70 °C. Tieto výsledky a tiež (obr.8) poukazujú na to, že

v lesnom poraste vplyvom chrániaceho účinku klenby korún stromov je teplota pôdy na ploche REF viac vyrovnaná a nie sú tak veľké teplotné rozdiely v zimnom a letnom období.

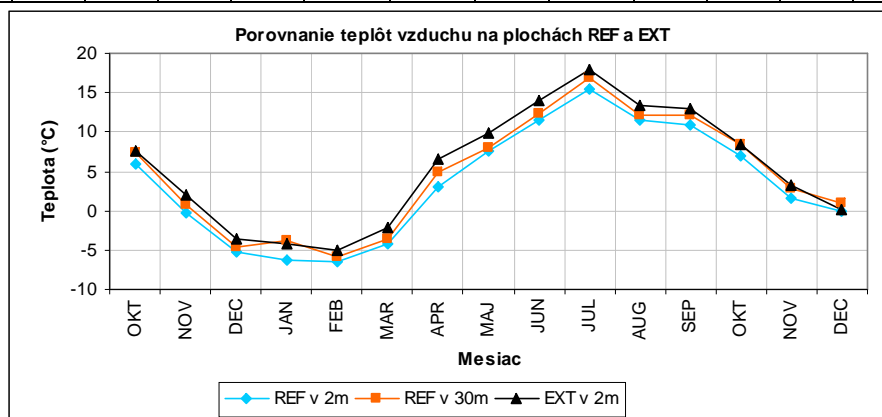
Vlhkosť pôdy závisí od zrážkovej činnosti a tiež od intercepcie porastu. Plocha REF má priemernú vlhkosť pôdy za rok 2006 v hĺbke 10 cm hodnotu 25,34 % obj. a plocha EXT v hĺbke 10cm hodnotu 26,41 % obj. . Na (obr.10) vidíme, že v prvej polovici obdobia sa prejavila intercepcia lesného porastu. PETRÍK a kol. (1986) uvádza, že smrekové porasty v chladnom ročnom období zadržujú korunami 40-50 % zrážok, ktoré sa následne

vyparia. A naopak na voľnej ploche sa vlhkosť pôdy zvyšuje a udržiava spadnutím všetkých zrážok.

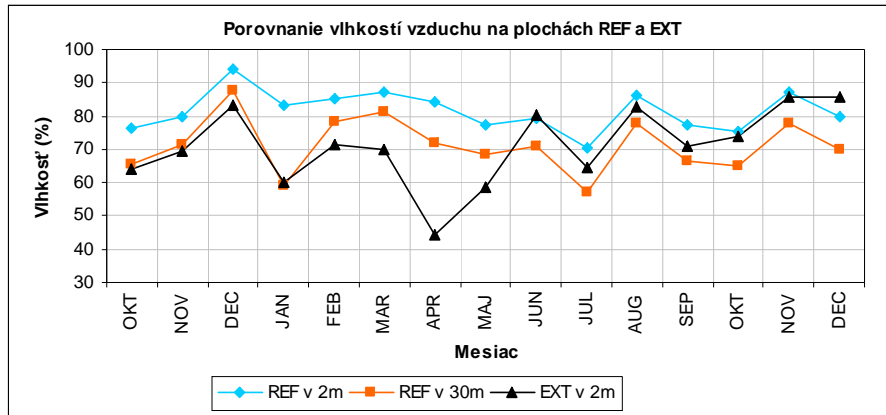
Zrážky vo vegetačnom období dosahovali na ploche REF júlový úhrn 35,1 mm a zrážky na ploche EXT boli 65,4 mm. V mesiacoch jún až október sme vypočítali intercepciu na ploche REF a tak je jasné koľko percent zrážok sa zadrží v korunách stromov. V mesiacoch máj a november sa pravdepodobne prejavili lokálne búrky a tiež to nie sú úplné mesiace, tak sme intercepciu nepočítali. Ročný úhrn zrážok na ploche REF pre rok 2006 je 628 mm (tab. 4).

Tab. 4 Prehľad minimálnych, maximálnych, priemerných a úhrnných zrážok pre jednotlivé mesiace na ploche nezasiahnutej kalamitou (REF) za rok 2006

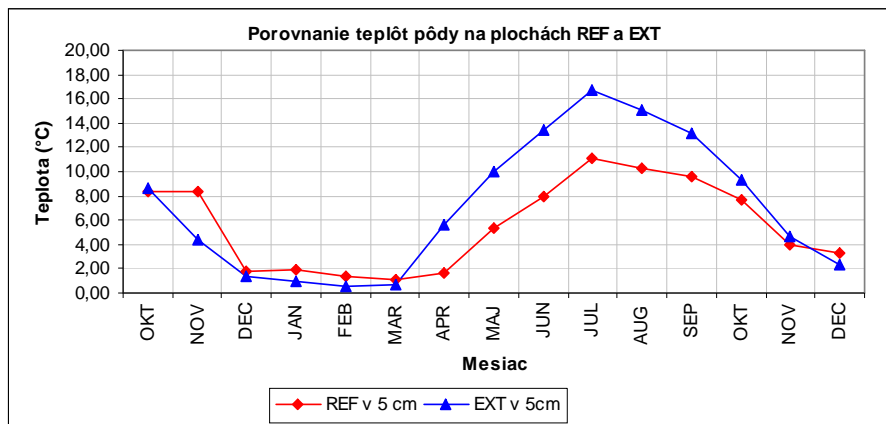
Tabuľka zrážok pre rok 2006	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	Ročný úhrn
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Max	4,2	4,0	8,0	5,9	22,7	32,0	8,1	39,0	4,1	33,3	15,4	1,9	
Úhrn	9,8	9,8	46,3	37,8	102,0	128,5	35,1	133,9	12,1	45,2	60,6	6,8	627,9



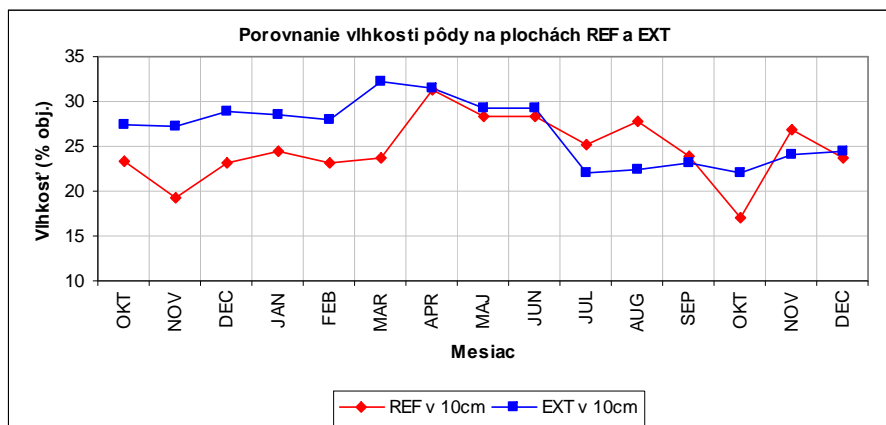
Obr. 6: 1 Porovnanie teplôt vzduchu v rôznych výškach, na plochách REF a EXT za sledované obdobie



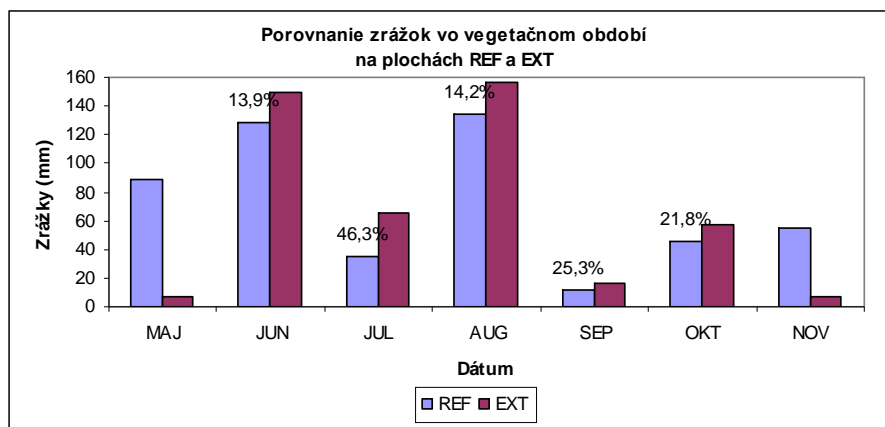
Obr. 7: Porovnanie vlhkostí vzduchu v rôznych výškach, na plochách REF a EXT za sledované obdobie



Obr. 8: Porovnanie teplôt pôdy v hĺbke 5 cm, na plochách REF a EXT za sledované obdobie



Obr. 9: Porovnanie vlhkostí pôdy v hĺbke 10 cm, na plochách REF a EXT za sledované obdobie



Obr. 10: Porovnanie zrážok vo vegetačnom období na ploche REF a ploche EXT s vyznačením percentuálneho rozdielu intercepce lesného porastu na ploche REF (v mesiaci máj a november neboli úplné merania zrážok)

4) Záver

V rámci pokalamitného výskumu sa uskutočnili meteorologické merania na plochách REF (kontrolný lesný porast) na lokalite Vyšné Hágy (1100 m.n.m.) a EXT (spracovaná kalamitná plocha) na lokalite „Danielov dom“ (1040 m.n.m.). Zároveň sa uskutočnil hydrochemický prieskum zrážok a pôdnych roztokov. V predloženej práci sme sa zamerali na analýzu koncentrácií vybraných chemických komponentov (SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , TOC). Výsledky vyhodnocujeme za obdobie od 1.12.2005 do 31.12.2006.

Amplitúdy teploty vzduchu sú v porovnaní plôch REF a EXT viditeľné. Ročná teplota pod korunami lesného porastu (REF), vo výške merania 2 m je takmer o 2 °C nižšia ako na voľnej ploche (EXT) v totožnej výške. V lese sú teploty vzduchu zreteľne vyváženejšie, amplitúdy teploty vzduchu sú nižšie. Najväčšia amplitúda teploty bola na voľnej ploche v mesiaci október 2006, kedy dosiahla až 27 °C. V tom istom čase bola v lese amplitúda teploty vzduchu len 16,6 °C. Tieto veľké teplotné amplitúdy môžu stresovo pôsobiť na sadenice drevín a ich

rastové schopnosti na kalamitných plochách.

Teplota a vlhkosť pôdy sú vo veľmi úzkej korelácii. Ak je vyššia teplota pôdy, tak vlhkosť pôdy klesá a opačne. Júlové priemery boli nasledovné: teplota pôdy v lese je 11,0 °C a teplota pôdy na voľnom priestore je 16,6 °C; vlhkosť pôdy v lese je 25 obj. % a vlhkosť pôdy na voľnom priestore je 22 obj.%. Z hľadiska prežitia sadeníc a semenáčikov autochtónnych drevín dáva lepšiu perspektívu prežitia práve mierna pôdna mikroklima lesných porastov.

Celkový ročný úhrn zrážok za rok 2006 je na ploche REF 628 mm. V jednotlivých porovnávaných mesiacoch vegetačného obdobia boli najväčšie úhrny zrážok v mesiacoch jún a august. Dosahovali mesačné úhrny okolo 150 mm na ploche EXT a okolo 130 mm na ploche REF, pretože v lesnom poraste sa prejavuje intercepčia korún stromov.

Poznatky sa dajú využiť pri obnove lesa, ale predovšetkým v pochopení fungovania ekologických procesov na kalamitných plochách. Výsledky sa môžu byť ďalej zúročiť pri vypracovaní výhľadových cieľov na udržanie ekologickej stability Vysokých Tatier a kalamitami postihovaných oblastí.

Pod'akovanie:

Autori ďakujú za podporu grantovej agentúre VEGA MŠ SR projekty č. 1/0515/08, 1/4393/0 a 1/3528/06.

5) Použitá literatúra

- BIČÁROVÁ, S.: Chemizmus vôd Malej a Veľkej Studenej doliny v Tatranskom národnom parku. Tatranská Lomnica, 1996, 32 s.
- CELER, S., ŠKVARENINA, J., SITKOVÁ, Z., FLEISCHER, P., 1998.: Sledovanie mokrej depozície v horských smrečinách TANAPu. In: Prínos a perspektívy TANAPu v ochrane prírodného dedičstva Karpát, s. 106 – 113.
- FLEISCHER, P.: Nové výskumné aktivity. Tatry, október 2006, 2.mimoriadne vydanie ročník XLIV, s. 27 – 28.
- KONČEK, M., (redaktor) a kol.: Klíma Tatier. Veda, 1974, 856 s.
- KOREŇ, M.: Vetrová kalamita 19. novembra 2004 – nové pohľady a konsekvencie. Tatry, október 2006, ročník XLIV, s. 6-29.
- KOREŇ, M.: Voda, vietor a oheň. Tatry, október 2006, 2.mimoriadne vydanie, ročník XLIV, s. 12 – 17.
- KUNCA V., ŠKVARENINA J., FLEISCHER P., CELER S., VIGLASKÝ J., 2003: Concept of critical loads applied in landscape ecology on an example of the geomorphological unit Tatry. Ekológia (Bratislava), Vol. 22, Supplement 2/2003, p. 349-360.
- LESNÁ, J., KULHAVÝ, J.: Evaluation of humus conditions under different forest stands: beech vs. spruce dominated forest stand. Ekológia (Bratislava), Vol. 22, Supplement 3/2003, p. 47-60.
- LUKNIŠ, M.: Reliéf Tatranského národného parku. In: Zborník prác o TANAPe (15). Tatranská Lomnica, 1973.
- MATEJKA, F., HUZULÁK, J.: Analýza mikroklímy porastu. Bratislava: Veda 1987, 232 s.
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J.: Lesy Slovenska a znečistenie ovzdušia. Technická univerzita vo Zvolene, 2004, 149 s.
- MUCHA, I., RODÁK, D., BANSKÝ, L., HLA VATÝ, Z., KUČÁROVÁ, K., LAKATOSOVÁ, E., HLA VATÁ, O., 2003-2006: Monitorovanie prírodného prostredia v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo, Súhrnná správa za rok 2002 - 2005. Konzultačná skupina Podzemná voda, Bratislava, apríl 2003-2006.
- PETRÍK, M., Havláček, V., Uhrecký, I.: Lesnícka bioklimatológia. Bratislava: Príroda 1968, 320 s.
- SLAVÍKOVÁ, J.: Ekologie rostlin. Praha, 1. vydanie, Státní pedagogické nakladatelství 1986, 368 s.
- STOLINA, M.: Niektoré ekologické aspekty kalamít v lesoch na Slovensku. In: Ekologické dosledky kalamít v lesných porastoch a ich odstraňovanie. TU vo Zvolene, Zvolen, 2003, 179 s.
- STUHLÍK, E. et al.: Vliv kyselých srážek na vody na území Tatranského národního parku. In: Zborník prác o TANAPe (26), Tatranská Lomnica, 1985, 272 s.
- ŠTURCEL, M.: Ťažké, ale nie smrteľné poranenie Tatier. Tatry, október 2006, ročník XLIV, s. 4.
- ŠUDÍKOVÁ, D., 2006: Zmeny vybraných chemických parametrov povrchových vôd v dôsledku veternej kalamity z novembra 2004, ŠVOČ, LF TU Zvolen 32 s.
- TUŽINSKÝ, L., CHUDÍKOVÁ, O. 1991. Chemizmus zrážkovej, odkvapovej a gravitačnej vody v lesných ekosystémoch TANAPu. 1989, 536 s.

TÖGYESSY, J.: Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. 2. vydanie, Bratislava:
Veda, 1989, 536 s.
VOLOŠČUK, I. et al.: TANAP. Martin: Gradus, 1994, 551 s.